

Document Technique d'Application

Référence Avis Technique **3.2/16-908_V1**

Annule et remplace l'Avis Technique 3/16-908

Mur à coffrage intégré
Incorporated shuttering wall

DOUBLEMUR

Relevant des normes

NF EN 14992

NF EN 15258

Titulaire : REGENOLD-BAUSYSTEME GmbH
Karl Bunkhofer Strasse 6
D-77815 Bühl-Vimbuch
Allemagne

Groupe Spécialisé n° 3.2

Murs et accessoires de mur

Publié le 18 septembre 2018



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

(arrêté du 21 mars 2012)

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

Le Groupe Spécialisé n° 3.2 « Murs et accessoires de mur » de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques a examiné le 10 Juillet 2018 le procédé de mur à coffrage intégré « DOUBLEMUR » exploité par la société REGENOLD. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après, qui annule et remplace l'Avis Technique 3/16-908. Cet Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

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

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

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

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

Les éléments de mur préfabriqués ont les dimensions suivantes :

- Epaisseur nominale du mur : de 18 cm à 40 cm
- Epaisseurs nominales minimale des parois est de 50mm
- Dimensions maximales en plan 12,30 m x 3,40 m

Revêtements

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

1.2 Mise sur le marché

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

1.3 Identification

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

2. AVIS

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

Ne sont pas visés au titre du présent Avis :

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

2.1 Domaine d'emploi accepté

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

Possibilité d'emploi en zone sismique 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié, moyennant les dispositions constructives définies dans le Dossier Technique et complétées par les prescriptions techniques correspondantes ci-après (§2.3).

L'aptitude au levage du procédé est uniquement visée avec l'utilisation des « ancrés KE III et KE IV » sous Avis Technique en cours de validité, exploité par la société H-BAU.

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

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

2.2 Appréciation sur le procédé

2.2.1 Aptitude au levage

Vis-à-vis de leur aptitude au levage, seuls les murs d'épaisseur totale comprise entre 18 cm et 40 cm sont visés par l'Avis, dans les conditions décrites dans l'Avis Technique « Ancrés KE III et KE IV » en cours de validité, exploité par la Société H-Bau.

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

Stabilité

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

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

Sécurité au feu.

Les durées des critères d'exigence coupe-feu ou stabilité au feu d'un mur réalisé selon le procédé « DOUBLEMUR » 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 20mm sont négligés pour le calcul des températures. Les actions mécaniques sont combinées en situation accidentelle, conformément à la norme NF EN 1990 avec son annexe nationale française NF EN 1990/NA.

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

Le système permet de l'assurer normalement.

Isolation thermique

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

Isolation acoustique

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

Étanchéité des murs extérieurs

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

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

Risques de condensation superficielle

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

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

Confort d'été

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

Finitions-Aspect

Les finitions prévues sont à l'extérieur soit celles d'un enduit sur isolant, soit les finitions classiques sur béton ; à l'intérieur on trouve, en correspondance, soit les finitions classiques sur béton soit les finitions du parement du doublage isolant. Leur comportement ne devrait pas poser de problème particulier si leurs conditions de mise en œuvre satisfont aux Prescriptions Techniques ci-après. Il ne peut être cependant totalement exclu que, malgré la présence nécessaire d'aciers de liaison, de fines fissures, sans autre inconvénient que leur aspect, se manifestent au droit de certains joints entre panneaux de coffrage non revêtus. En cas d'absence d'aciers de liaison dans les jonctions intérieures, une fissuration du mur au droit des joints est probable.

Données environnementales

Le procédé de MCI « DOUBLEMUR » ne fait pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE) au sens de l'arrêté du 31 août 2015.

Pour revendiquer une performance environnementale, le procédé de MCI « DOUBLEMUR » doit faire l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE) au sens de l'arrêté du 31 août 2015.

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

Aspects sanitaires

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

2.23 Durabilité-Entretien

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

2.24 Fabrication et contrôle

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

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

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

2.25 Mise en œuvre

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

- présence de raidisseurs segmentant le volume à bétonner ;
- épaisseur du béton de remplissage pouvant être inférieure à 12 cm ;
- absence de vibration du béton ;

- limitation à l'épaisseur du seul voile coulé en œuvre des sections de continuité en rives des panneaux ;
- relative difficulté de mise en place d'aciers de continuité horizontaux dans les jonctions verticales.
- impossibilité d'observer la qualité du bétonnage en partie courante.

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

2.3 Prescriptions Techniques

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

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

2.31 Conditions de conception

- Les justifications de calcul de stabilité et de résistance des murs doivent prendre en compte la présence des joints entre panneaux de coffrage et donc n'être arrêtées qu'après calepinage de l'ouvrage.
- Sauf à rétablir par armatures rapportées la continuité des armatures de flexion, les jonctions horizontales des panneaux sont à considérer comme articulées. Les armatures de flexion de ces murs doivent être incorporées dans le voile de coffrage tendu. Des poteaux verticaux, disposés à un espacement compatible avec un effet de plaque, peuvent utilement être utilisés en renfort, le cas échéant.
- Sauf justification explicite de la stabilité des panneaux, les joints horizontaux entre panneaux doivent se situer au droit des planchers, et en aucun cas entre deux planchers.
- On doit disposer un cordon d'étanchéité à l'extrémité d'un voile coffrant, en l'absence d'autre dispositif d'étanchéité spécifique rapporté s'opposant au cheminement éventuel d'infiltrations corrosives pour les aciers traversant le plan de contact entre voile coffrant et béton coffré.
- Le choix du système de levage incorporé aux murs à coffrage intégré doit être fait en fonction des épaisseurs des peaux et du noyau, du poids des éléments et des méthodes de pose utilisées sur chantier.
- Dans les noyaux de faible dimension, le respect des rayons de courbure et des enrobages ne permet pas de réaliser les liaisons verticales couturées avec des chainages telles que représentées dans les figures du dossier technique.
- Le BET Structure détermine les efforts, les épaisseurs de mur et les sections d'armature. Le calepinage est effectué par le titulaire. Le BET désigné par le titulaire réalise le dimensionnement des points spécifiques (liaisons entre murs, monolithisme,...) conformément aux prescriptions du CPT 3690-V2.

2.32 Contrôle et certification

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

Les contrôles doivent permettre de garantir les caractéristiques certifiées suivantes :

- la résistance caractéristique à la compression à 28 jours du béton des parois préfabriquées, $f_{c,p}$
- l'épaisseur des parois, b_1 et b_2
- les enrobages des armatures et des raidisseurs, en considérant une tolérance sur l'enrobage des armatures et des raidisseurs définie par le fabricant de +6/-3mm.
- conditions de mise en œuvre à la fabrication (enrobage intérieur effectif de l'insert, longueur d'ancrage de l'insert, ferrailage spécifique de renfort autour des inserts, nb d'inserts) ;
- identification visuelle des inserts de levage.

2.33 Conditions de mise en œuvre

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

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

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

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

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

Conclusions

Appréciation globale

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

Validité

À compter de la date de publication présente en première page et jusqu'au 31 décembre 2022

*Pour le Groupe Spécialisé n°3.2
Le Président*

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

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

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

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

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

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

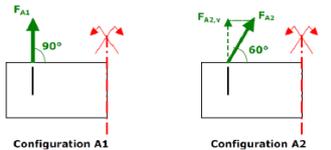
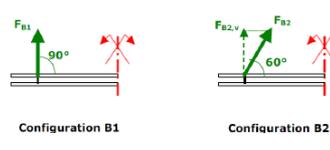
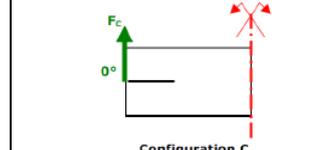
*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé
n°3.2*

ANNEXE – CMU des BOUCLES de LEVAGE

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

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

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

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

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

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

A = surface du mur de coffrage intégré [m²]

Q = poids des équipements de sécurité éventuels [kN]

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

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

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

Réf. boucle de levage	Diamètre nominal de la boucle φ1 [mm]	Largeur nominale du MCI b [cm]	Epaisseurs nominales des voiles b _{p1} et b _{p2} [mm]	Enrobages effectifs des boucles de levage C _{1,int} , C _{2,int} , C _{1,ext} , C _{2,ext} [mm]	Levage en position verticale CMU₁ [kN]	Levage à plat du MCI CMU₂ [kN]	Retournement du MCI CMU₃ [kN]
KE III	φ1 = 13	b ≥ 18 et b ≤ 40	b _{pi} ≥ 50	C _{i,int} ≥ 10 C _{i,ext} ≥ 15	21,80	4,25	13,30
KE IV	φ1 = 15,5	b ≥ 20 et b ≤ 40	b _{pi} ≥ 65	C _{i,int} ≥ 15 C _{i,ext} ≥ 20	45,30	Non visé	20,70

Où :

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

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Description du procédé

1.1 Principe

Le procédé de mur à coffrage intégré (MCI), « DOUBLEMUR » 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 coffrant est rempli de béton pour constituer un panneau plein. Les voiles préfabriqués sont communément appelés « peaux » ou « peaux coffrantes ». L'espace entre les voiles préfabriqués, une fois rempli de béton, est appelé « noyau ».

Les peaux coffrantes ont des épaisseurs nominales minimales de 50mm. Les MCI ont une épaisseur nominale comprise entre 18 cm et 40 cm et des dimensions maximales en plan de 12,30 m x 3,40 m.

Poids propre du DOUBLEMUR au m²: de 275 à 350 kg/m² en fonction de l'épaisseur des parois et du ferrailage.

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

Les « DOUBLEMUR » sont liaisonnés entre eux par des armatures de liaisons ou de continuité rapportées sur chantier et disposées dans la partie coulée en œuvre. L'encastrement du mur dans la semelle ou le radier est réalisé par des armatures en attente dans les fondations ou intégrées aux MCI « DOUBLEMUR ». L'encastrement entre MCI « DOUBLEMUR » dans les angles ou avec d'autres ouvrages est réalisé par des armatures intégrées aux peaux coffrantes ou disposées dans le béton coulé en place.

Les MCI « DOUBLEMUR » peuvent être associés à des murs traditionnels coulés en place, des murs en maçonneries, des structures poteaux-poutres préfabriqués ou coulés en place, à des prédalles, à des dalles alvéolaires, etc...

L'isolation thermique, si elle est requise, est assurée soit par un système d'isolation par l'extérieur, soit par un système d'isolation intérieur.

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 en fonction du type d'ouvrage.

La finition des DOUBLEMUR est une finition brute de décoffrage. Les parois étant coulées sur des tables métalliques, le parement est glacé, exempt de bullage, et prêt à recevoir un revêtement fin.

1.2 Domaine d'emploi

Le procédé de Mur à Coffrage Intégré « DOUBLEMUR » est destiné à la réalisation de murs porteurs ou non porteurs en infrastructure et en superstructure, en situation immergée ou non, de murs de refends, de murs façades, de murs avec longrines incorporées, de poutres voiles, d'acrotères, de poutres et de poteaux.

2. Identification

Chaque MCI « DOUBLEMUR » est identifié par une étiquette qui comporte le nom et l'adresse de l'usine, la référence du mur et le nom du dossier correspondant. Sont aussi mentionnés : le marquage CE, le numéro de certificat de Contrôle de Production en Usine le numéro de l'avis technique en cours de validité, le marquage CSTBat/QB et le numéro de certificat CSTBat/QB.

3. Matériaux utilisés

Les matériaux mis en œuvre sont:

- le béton des parois préfabriquées
- le béton de remplissage,
- les aciers,

- les accessoires de levage et de stabilité en phase provisoire
- les matériaux de traitement des joints
- les matériaux d'habillage ou de traitement intérieur et extérieur.

3.1 Béton des parois préfabriquées

Le béton est conforme à la norme NF EN 13369 ainsi qu'à la norme EN 206/CN.

Pour la paroi intérieure et la paroi extérieure, réalisées en usine, le béton est de classe C25/30 à C40/50.

La résistance caractéristique minimale à la compression (sur éprouvette cubique 100x100x100mm) du béton de la deuxième paroi préfabriquée, avant la première manutention doit être de 20 MPa.

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

Dosages minimums : CEM I 42,5 : 300 kg/m³
ou CEM I 42,5 PM/ES: 350 kg/m³

Granulométrie : sable 0/4, gravier 4/8 et 8/16.

Classe de d'étalement F3 (diamètre d'étalement compris entre 420 et 480 mm).

3.2 Béton de remplissage

Le béton utilisé pour le remplissage des MCI « DOUBLEMUR » 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 EN 206/CN, de résistance caractéristique à 28 jours minimale f_{ck}= 25 MPa (Classe de résistance C25/30) :

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

Consistance fluide (S4 ou S5) (affaissement minimal au cône d'Abrams 16cm) ; la valeur recommandée d'affaissement est de 200mm (portée à 220mm dans des conditions de forte densité d'armatures ou de faible épaisseur du noyau béton). Dans le cas des BAP, toutes les classes d'étalement peuvent être utilisées.

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

3.3 Armatures et Treillis Raidisseurs

Tous les éléments en acier mis en œuvre lors de la fabrication des MCI « DOUBLEMUR » 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

Les raidisseurs sont de type KAISER KT800, ou KTS, en acier de nuance B500A (hors exigence sismique), ou B500B.

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

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

- Sollicitations de cisaillement à l'interface
- Epaisseur du MCI « DOUBLEMUR ».
- Utilisation du mur.

3.4 Accessoires de levage et stabilité en phase provisoire

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

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

Un élément MCI « DOUBLEMUR » comportera en partie supérieure au minimum 2 inserts de levage.

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

Des douilles PVC type QUICKY ou équivalent sont scellées dans l'une des parois des panneaux. Elles assurent la liaison des parois des MCI « DOUBLEMUR » avec les étais tire-pousse pendant le montage et le bétonnage.

Des douilles métalliques sont utilisées en remplacement des douilles PVC pour la reprise d'efforts plus importants. Elles sont utilisées en combinaison avec des boulons métalliques adaptés (M16, M20, etc...). Cette utilisation est définie par REGENOLD au cas par cas.

3.5 Matériaux de jointoiment et d'étanchéité

- Fond de joint type Comcriband, en mousse polyuréthane ou cordon néoprène, pour blocage de la laitance,
- Mortiers riches de réparation sans retrait,
- Mastic élastique de classement SNJF F 25 E
- Emulsion bitumeuse épaisse,
- Bande bitumeuse autocollante,

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

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

- Enduits bitumineux (faces contre terres),
- Lasure
- Peinture
- Résine
- Imperméabilisation de surface éventuelle par cristallisateur (Vandex ou équivalent)
- Carrelage de parement

3.7 Matériaux de traitement de la « tête » des murs

- Chaperon béton
- Couvertine métallique

4. Fabrication et Contrôles

4.1 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. Décoffrage de la palette
2. Nettoyage du moule avec brosses et lames.
3. Traçage des contours avec assistance d'un laser et si besoin, traçage des inserts
4. Mise en place des joues de coffrage de la première paroi
5. Mise en place des inserts, réservations et ouvertures, mise en place des gaines électriques fixées aux armatures et des boîtiers collés au moule.
6. Projection d'une huile de décoffrage
7. Disposition des armatures et des raidisseurs sur le moule.
8. Coulage du béton et vérification visuelle de l'épaisseur mise en place.
9. Vibration adaptée pour ce type de fabrication.
10. Contrôle qualité
11. Durcissement à une température jusqu'à 45°C pendant au moins 6 heures dans une chambre d'étuvage.
12. Opérations 1 à 8 identiques pour la deuxième paroi du DOUBLEMUR, hors opération 7 (l'armature est préassemblée hors chaîne de fabrication).
13. Transport de la première paroi au dispositif de retournement
14. Préparation, puis haubanage de la première paroi
15. retournement de la première paroi sur la seconde, avec centrage.
16. Vibration des deux parois.
17. Débloquer le haubanage de la première paroi, levage de la première palette, retournement de cette dernière.
18. Contrôle de qualité des deux parois.
19. Transport des deux parois en chambre d'étuvage.
20. Durcissement à une température jusqu'à 45° C pendant au moins 6 heures.
21. Transport en dehors de la chambre d'étuvage.
22. Levage des éléments de la palette de la deuxième paroi si transport à plat, sinon retournement en position verticale avec retourneur.
23. Transport palette décoffrage

4.2 Contrôle de fabrication

4.2.1 Contrôle des bétons

Les bétons utilisés pour la réalisation des parois des MCI « DOUBLEMUR » sont produits dans la centrale REGENOLD installée dans l'usine de préfabrication.

Les formulations des bétons sont établies par le laboratoire MBL (BADEN BADEN).

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

4.2.2 Contrôle de qualité

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

Les MCI « DOUBLEMUR » font l'objet d'une certification CSTBat/QB dont le suivi est effectué par le C.S.T.B.

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

La totalité de la production est contrôlée avant expédition par le responsable de production.

Le contrôleur vérifie les dimensions, la rectitude des parois, les emplacements et les dimensions des réservations, la nature et la quantité des armatures sur la base des plans établis par le bureau de dessin REGENOLD et approuvé par le BET Structures désigné par REGENOLD.

La Tolérance sur l'enrobage des armatures et des treillis raidisseurs est +6/-3mm.

5. Conception et Dimensionnement

5.1 Généralités

Le comportement final d'un mur réalisé à partir du procédé de MCI« DOUBLEMUR » 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).

Le calcul des structures est effectué par le BET Structures désigné par REGENOLD du chantier en tenant compte des spécificités du procédé. Le BET Structures désigné par REGENOLD doit tenir compte des conditions particulières de la conception parasismique des bâtiments avec ce procédé.

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

5.2 Conception des éléments préfabriqués

5.2.1 Enrobage des armatures

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

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

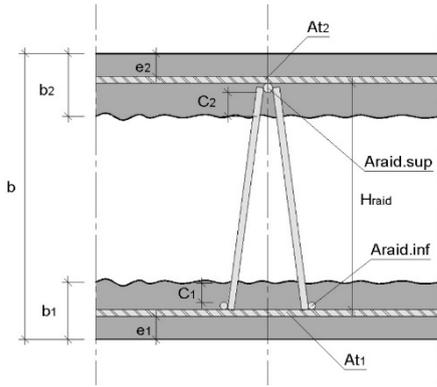
Pour les parois situées dans des locaux couverts, clos et non exposés aux condensations, l'enrobage minimal est de 10mm.

5.2.2 Enrobage des treillis raidisseurs, côté face intérieure

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

5.23 Epaisseurs minimales des voiles préfabriqués

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



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

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

$$\Delta e_1 = \Delta e_2 = +6/-3 \text{ mm}$$

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

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

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

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

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

L'épaisseur nominale minimale du noyau en béton coulé en place est fixée à $b_n = 70 \text{ mm}$. Cette épaisseur nominale minimale correspond à une épaisseur minimale « toutes tolérances épuisées » $b_{n,\min} = 62 \text{ mm}$ conformément au paragraphe 1.1.1.6 du CPT MCI (Cahier du CSTB 3690_V2).

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

5.3 Principes constructifs

Les liaisons entre éléments sont de type :

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

5.31 Articulation entre panneaux

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

5.32 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.

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

5.33 Joint vertical biais

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

- Pour un angle supérieur à 165° , le ferrailage de l'angle peut être intégré dans le MCI « DOUBLEMUR » 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

5.34 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.

5.35 Recouvrement des armatures

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

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

5.36 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).

5.4 Critères de bétonnage du noyau

5.41 Généralités

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

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

5.42 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).

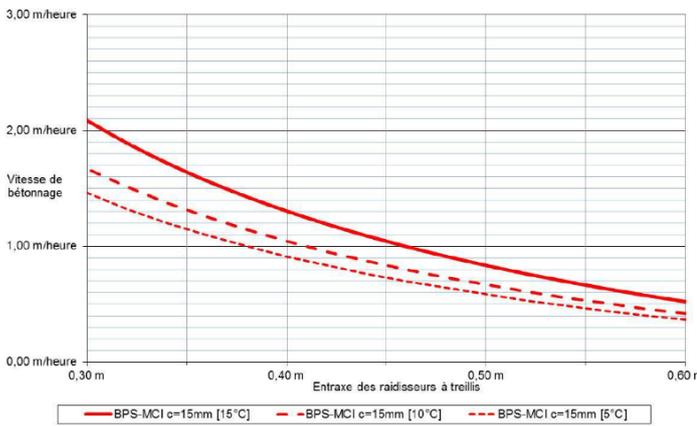
Dans tous les cas, la hauteur de chute de béton ne devra pas excéder $H_{\max} = 3 \text{ m}$.

5.43 Vitesse de bétonnage

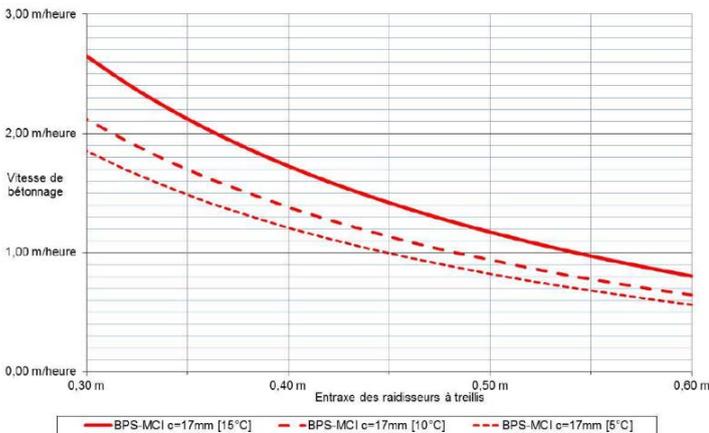
La vitesse de bétonnage est déterminée conformément aux prescriptions de l'annexe B de la NF EN 14992+A1 en fonction de l'entraxe des treillis raidisseurs et de l'enrobage des armatures longitudinales des treillis raidisseurs ($c_{\min} = 15 \text{ mm}$ ou 17 mm).

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

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



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



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

5.44 Contrôle du remplissage

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

- Un orifice (au minimum) en partie basse de chaque élément
- Un orifice supplémentaire dans chaque zone fortement armée
- Les orifices peuvent être rectangulaires et situés dans les angles inférieures des peaux coffrantes.

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

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

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

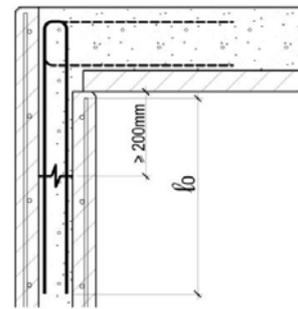
Un contrôle par vérification du volume de béton coulé en œuvre et inspection de la non ségrégation au décoffrage des réservations peut être envisagé.

L'auscultation sonique peut également être envisagée.

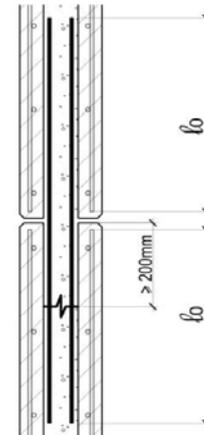
Les contrôles en utilisant un maillet ne sont pas adaptés.

5.45 Reprise de bétonnage

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



Reprise de bétonnage dans le cas d'une dalle



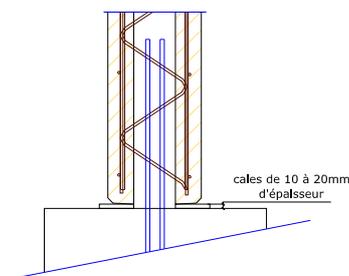
Reprise de bétonnage dans le cas de MCI superposés

5.5 Éléments sollicités dans leur plan

5.51 Prescriptions particulières aux murs courants

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

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



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

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

5.52 Prescriptions particulières aux poteaux

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

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

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

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

5.53 Prescriptions particulières aux poutres

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

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

5.54 Prescriptions particulières aux poutres cloisons

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

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

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

5.6 Prescriptions particulières aux acrotères

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

5.7 Prescriptions particulières aux éléments inclinés

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

5.8 Éléments 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).

5.81 Murs enterrés

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

5.82 Murs de soutènement

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

5.83 Murs de silos ou de magasin de stockage

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

5.84 Murs de bassins ou de piscine

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

5.85 Murs de galeries souterraines

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

5.86 Boîtes d'attentes et prédalles

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

5.9 Dispositions parasismiques

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

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

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

5.10 Sécurité au feu

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

- valeurs tabulées, section 5 du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2) ;
- méthodes de calcul simplifiées, section 4.2 du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2) et annexe B de la NF EN 1992-1-2 et son Annexe nationale française (NF EN 1992-1-2/NA)
- méthode de calcul avancée, section 4.3 du CPT MCI (Cahier CSTB 3690_V2)

5.11 Isolation thermique

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

5.12 Isolation acoustique

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

6. Manutention, stockage et Transport

6.1 Généralités

Les DOUBLEMUR sont stockés verticalement ou horizontalement en fonction des dimensions des murs.

- Si la hauteur ou la largeur est supérieure à 3,0m : transport en rack ou en box.
- Si la hauteur ou la largeur est inférieure à 3,0m : transport à plat sur palette en rack ou en box.

Les MCI « DOUBLEMUR » sont manutentionnés avec des grues à tour ou auto-motrices.

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

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

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

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

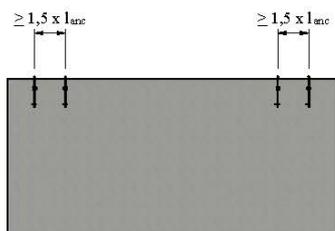
6.2 Prescriptions particulières pour le levage par les « ancrés KE III et KE IV »

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

- Le choix et l'implantation des ancrés de levage KE, insérées lors de la préfabrication du MCI « DOUBLEMUR » doivent faire l'objet d'une justification par le calcul. En outre, le choix et le contrôle des ancrés de transport doit se faire de façon à ce que la largeur d'accrochage « lg » retenue prenne en compte la distance intérieure entre nappes de ferrailage tout en veillant à assurer les enrobages internes et externes des deux peaux ($C_{1\text{ bc,int}}$, $C_{2\text{ bc,int}}$, $C_{1\text{ bc,ext}}$ et $C_{2\text{ bc,ext}}$) exigés par le modèle mis en œuvre.

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

- L'ancre ne doit pas être mise en œuvre en débordement par rapport à l'arase supérieure la plus basse. Un acier filant HA10 minimum doit toujours être intégré en rive supérieur de chaque paroi, sur toute la longueur, avec un enrobage minimal de 20mm aux 3 bords.
- **Le ferrailage minimal requis est de 1,41 cm²/m** dans les deux sens et pour chaque paroi préfabriquée.
- Les ancrs seront toujours disposées entre des armatures de couture (raidisseurs de section triangulaire ou carrée, armatures de poteaux ou U).
- Les ancrs de transport KE dans le plan du MCI respecteront une distance d'entraxe minimale de $1,5 \times l_{anc}$, soit une valeur supérieure ou égale à 550mm pour les ancrs KE III et à 900mm pour les ancrs KE IV. De plus, les ancrs de transport KE devront être implantées symétriquement autour du centre de gravité du MCI « DOUBLEMUR ».



7. Mise en œuvre

7.1 Chronologie de pose

1. Réalisation des fondations.
2. Implantation et traçage des murs.
3. Déchargement des MCI « DOUBLEMUR » à l'aide d'une grue automotrice, d'une grue à tour, ou par tout autre moyen de levage compatible avec le poids des MCI « DOUBLEMUR ».
4. Pose des MCI « DOUBLEMUR » sur des cales d'épaisseur 1 à 2 cm.
5. Stabilisation des MCI « DOUBLEMUR » par deux étais tire-pousse par mur, ou par un système d'équerrage.
6. Mise en place des armatures de liaisons des joints verticaux, des éclisses et chaînages éventuels.
7. Mise en place d'une bande d'arrêt en mousse dans les joints, pour empêcher les fuites de laitance lors du bétonnage.
8. Coulage du béton de remplissage conforme aux prescriptions des articles 3.2 et 5.4 du présent dossier technique.
9. Mise en place des armatures de liaisons des joints horizontaux en tête des MCI « DOUBLEMUR ».
10. Finition des joints en fonction de la destination de l'ouvrage.

7.2 Stabilité en phase provisoire

Après la pose, le MCI « DOUBLEMUR » est maintenu en position par des étais tire-pousse, fixés aux murs par l'intermédiaire de tire-fonds et de douilles PVC type QUICKY, ou de boulons et de douilles métalliques type M16-M20 pour les ouvrages exposés au vent (les douilles étant mises en place lors de la fabrication des MCI « DOUBLEMUR »).

Le titulaire de l'Avis Technique propose des recommandations de mise en sécurité à la pose, basées sur l'incorporation de douilles ou d'un système plus élaboré à base d'équerres embases de garde-corps ou de passerelles. Il diffuse systématiquement auprès des utilisateurs un guide de pose.

8. Site de production

- REGENOLD-BAUSYSTEME GmbH
Seimelstrasse 4
D-77815 Bühl-Vimbuch
Allemagne

B. Références

Depuis la formulation de l'avis technique 3/11-709, REGENOLD a produit plusieurs dizaines de milliers de mètres carrés de MCI « DOUBLEMUR » :

2012 : 14 416 m²

2013 : 21 907 m²

2014 : 10 550 m²

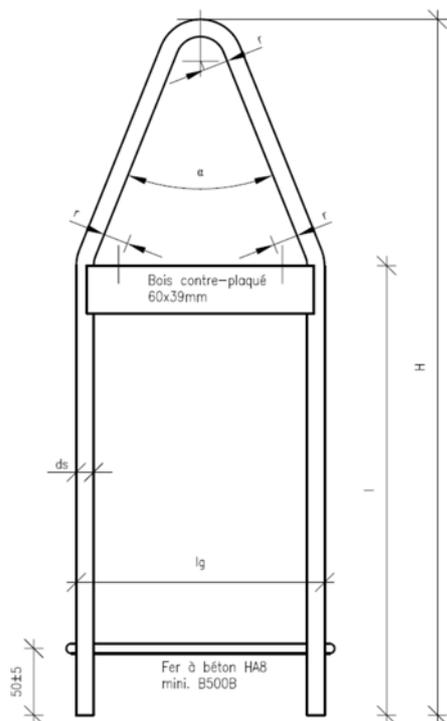
2015 : 12 650 m²

Année	Références chantier	Quantité [m ²]
2013	« Le Millesime », 67300 Schiltigheim ; logements	4000
2014	67800 Hoenheim ; 69 logements	500
2015	« Le parc des Forges », 67000 Strasbourg,	1700
2016	« Le parc des Forges II », 67000 Strasbourg	1700

ANNEXE

ANCRES DE TRANSPORT KE III

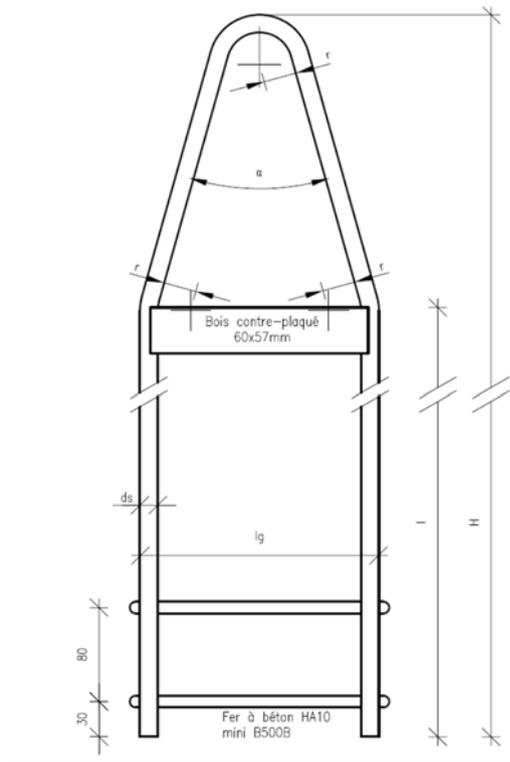
Tableau récapitulatif des configurations des ancrages de transport KE III



Modèle :	KE III	
$\varnothing d_s$	13,0 (+/-0,4)	
r	≥ 26	
Taille (largeur) (+2/-0)	Ancrage I	Hauteur H
	(±5/-5)	
120	365	515
130		
140		
150		
160		
170		
180		565
190		
200		
210		
220		
230		
240		615
250		
260		
270		
280		
290		
300	645	
310		
320		
330		
340		
350		
360	365	685

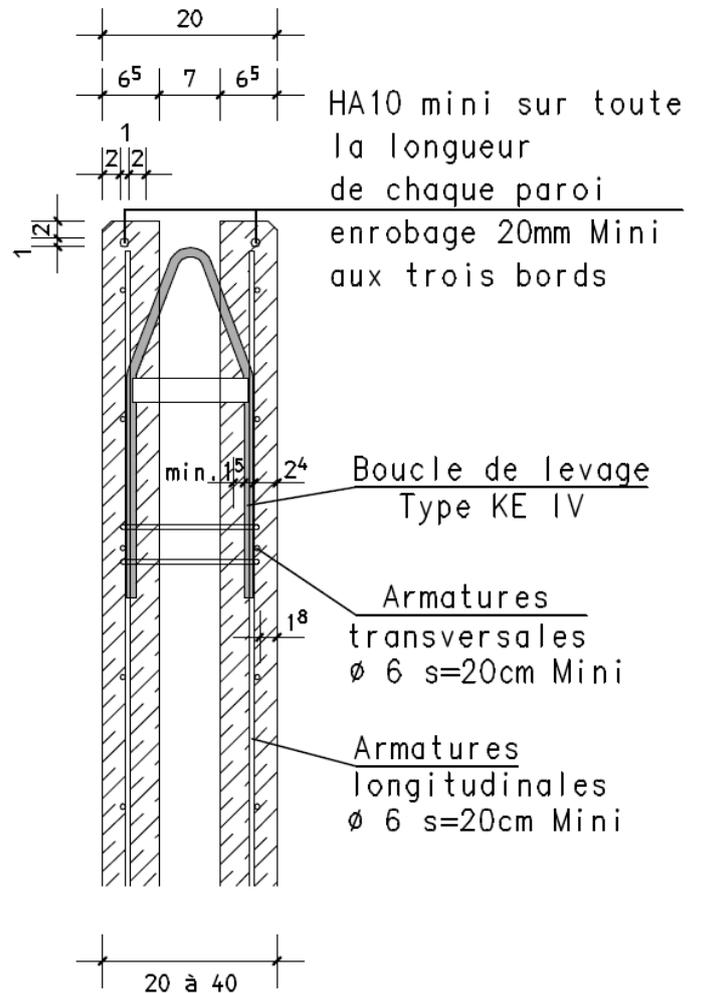
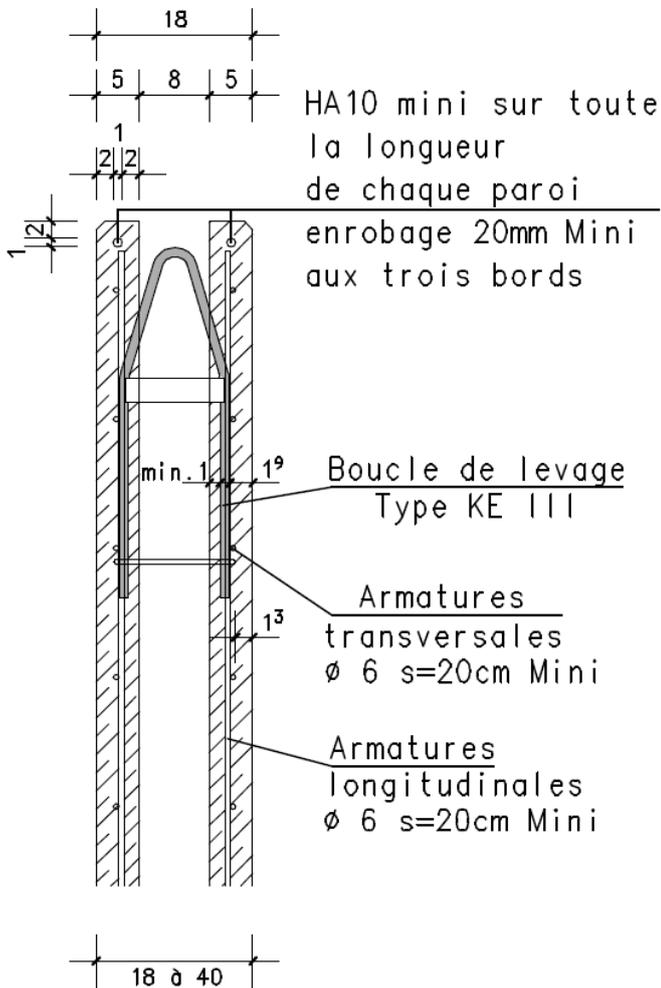
ANCRE DE TRANSPORT KE IV

Tableau récapitulatif des configurations des ancrages de transport KE IV

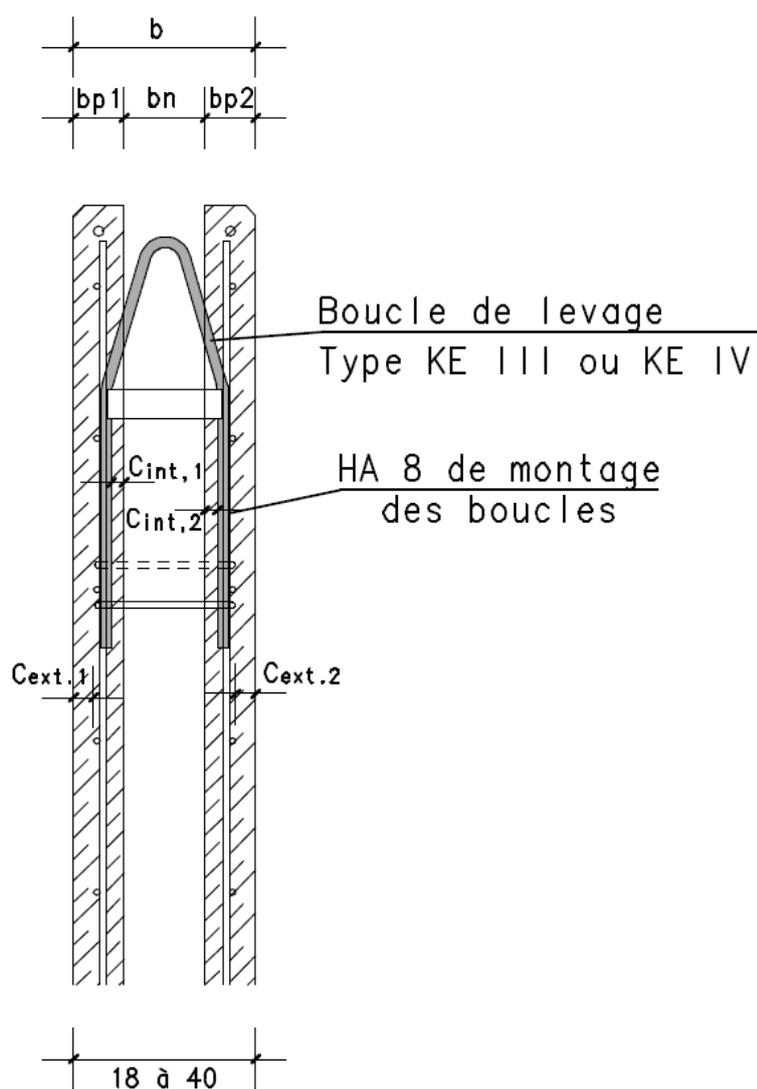


Modèle :	KE IV	
$\varnothing d_s$	15,5 (+/-0,4)	
r	≥ 31	
Taille (largeur)	Ancrage	Hauteur H
(+2/-0)	(+5/-5)	
120	600	750
130		
140		
150		
160		
170		
180		800
190		
200		
210		
220		
230	850	
240		
250		
260		
270		
280		
290		
300		
310		880
320		
330		
340		
350		

Mise en Œuvre des boucles de levage KE III et KE IV



Compatibilité des boucles de levage KE III et KE IV

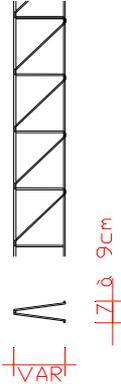
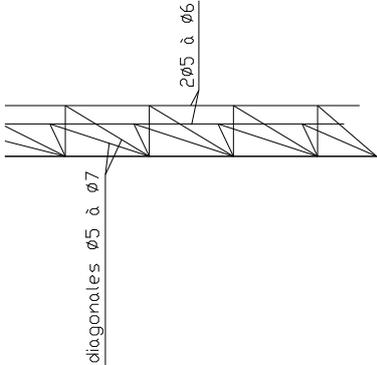


Utilisation en classe d'exposition	XC1 uniquement	XC4*
<u>MCI :</u>		
$b = (\text{nom.})$	180 mm	200 mm
$b_{p1} = b_{p2} = (\text{nom.})$	50 mm	65 mm
<u>Armatures des peaux :</u> (long. et transv.) :		
$\phi_{t1} = \phi_{t2} =$	6 mm	6 mm
$e1 = e2 = (\text{nom.})$	13 mm	18 mm
<u>Boucles de levage :</u>	KE III	KE IV
$H \text{ boucle} = (\text{nom.})$	140 mm	150 mm
$C_{ext,1} = (\text{nom./min.})$	19 / 16 mm	24 / 21 mm
$C_{ext,2} = (\text{nom./min.})$	21 / 15 mm	26 / 20 mm
$C_{int,1} = (\text{nom./min.})$	18 / 10,2 mm	25,5 / 18,8 mm
$C_{int,2} = (\text{nom./min.})$	16 / 10,4 mm	23,5 / 17,9 mm

* Pour un béton de classe C40/50

Treillis raidisseurs utilisés dans la fabrication des MCI « DOUBLEMUR »

Typ KTS de BDW



Typ KT ou KTW de BDW

