

Sur le procédé

COFFRAMUR

Famille de produit/Procédé : Mur à coffrage intégré

Titulaire(s) : **Société LESAGE DEVELOPPEMENT**

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

Groupe Spécialisé n° 3.2 - Murs et accessoires de mur

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	<p>Cette version, examinée le 4 octobre 2022, annule et remplace l'Avis Technique n° 3.2/19-991_V1. Elle intègre les modifications suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mise à jour de la trame; • Mise à jour des références chantiers 	JUNES Angel	BERNARDIN-EZRAN Roseline

Descripteur :

Procédé de mur à coffrage intégré une face, constitué d'une paroi mince préfabriquée en béton armé, rigidifiée par des treillis raidisseurs verticaux et servant de coffrage en œuvre à un béton prêt à l'emploi, pour réalisation de murs articulés ou encastrés.

Le mur est mis en œuvre contre un support qui est soit un ouvrage de soutènement (type paroi berlinoise) soit un mur de joint de dilatation.

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.

L'épaisseur nominale des parois des panneaux est comprise entre 60 et 75mm. Les dimensions maximales d'un panneau sont 4,00 x 6,00 m. Ils peuvent, sur une partie de leur surface, comporter deux parois préfabriquées et d'une épaisseur totale égale à l'épaisseur de la partie de mur coffrée par une paroi.

Les panneaux sont destinés à la réalisation de parois porteuses ou non, complétés en œuvre soit par un système d'isolation thermique par l'extérieur soit par un doublage intérieur isolant. Les revêtements intérieurs correspondent à des finitions classiques sur béton lisse ou à des finitions classiques sur doublage isolant selon le cas.

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.	Annexe 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.	Identification.....	9
2.1.3.	Mise sur le marché.....	9
2.2.	Description.....	9
2.2.1.	Principe.....	9
2.2.2.	Caractéristiques des composants.....	9
2.3.	Dispositions de conception	11
2.3.1.	Généralités.....	11
2.3.2.	Bases de calcul.....	12
2.3.3.	Types de liaisons	13
2.3.4.	Famille de COFFRAMUR.....	15
2.3.5.	Dispositions parasismiques.....	18
2.3.6.	Traitement des parois et des joints	19
2.3.7.	Etanchéité à l'eau des COFFRAMUR.....	20
2.3.8.	Traitement des têtes de COFFRAMUR exposées aux intempéries.....	20
2.4.	Mise en œuvre, manutention, montage, stockage, transport	21
2.4.1.	Travaux préliminaires et chronologie de pose.....	21
2.4.2.	Prescriptions concernant le transport et le stockage	21
2.4.3.	Prescriptions concernant la manutention des panneaux	22
2.4.4.	Positionnement	22
2.4.5.	Armatures de liaison	22
2.4.6.	Bétonnage.....	22
2.5.	Fourniture et assistance technique	23
2.5.1.	Conditions d'exploitation du procédé	23
2.5.2.	Assistance technique	23
2.6.	Fabrication et contrôles	24
2.6.1.	Etapas de fabrication.....	24
2.6.2.	Caractéristiques des COFFRAMUR fabriqués.....	24
2.6.3.	Contrôles de fabrication	24
2.7.	Sites de production.....	26
2.8.	Mention des justificatifs.....	26
2.8.1.	Résultats expérimentaux.....	26
2.8.2.	Références chantiers	26
2.9.	Annexes du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre.....	27
8.1	Liaisons verticales droites entre panneaux avec aciers 2e face mis en usine.....	39

Annexe 11 : Equivalence entre treillis raidisseurs et armatures en U ou épingles..... 49

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, 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 mur à coffrage intégré une face COFFRAMUR est destiné à la réalisation des parois porteuses ou non en infrastructures et en superstructures.

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.

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 le § 1.4.

Pour les parties de murs comportant une deuxième paroi coffrante partielle, il convient de se reporter au Document Technique d'Application « Prémur RECTOR » en cours de validité.

L'Avis porte uniquement sur le procédé tel qu'il est décrit dans le Dossier Technique.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Stabilité

La stabilité des ouvrages à laquelle peuvent être associés, dans les limites résultant de l'application des 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).

1.2.1.2. Sécurité en cas d'incendie

Les durées des critères d'exigence coupe-feu ou stabilité au feu d'un mur réalisé selon le procédé « COFFRAMUR » peuvent être justifiées par application des règles de calcul de la norme NF EN 1992-1-2 avec son Annexe Nationale française NF EN 1992-1-2/NA à l'ensemble du mur considéré comme homogène de ce point de vue. En particulier, les voiles porteurs seront justifiés par application de la clause 5.4.2, les éléments fléchis perpendiculairement à leur plan seront justifiés par application de la clause 5.7 et les poutres seront justifiées par application de la clause 5.6 de la NF EN 1992-1-2 et son Annexe Nationale.

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 COFFRAMUR dont la largeur reste inférieure ou égale à 20 mm sont négligés pour le calcul des températures. Les actions mécaniques sont combinées en situation accidentelle, conformément à la norme NF EN 1990 avec son Annexe nationale française NF EN 1990/NA.

1.2.1.3. Aptitude au levage

Les éléments avec des peaux d'épaisseur nominale inférieures à 55 mm ne sont pas visés par l'avis quant à leur aptitude au levage. Les conditions d'utilisation des valeurs de CMU de ces boucles de levage sont précisées dans le § 1.4.

Ne sont pas visés au titre du présent Avis :

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

1.2.1.4. Résistance au séisme

Pour les constructions nécessitant la prise en compte d'efforts sismiques, le rétablissement du monolithisme du mur est assuré par l'adjonction des aciers de couture entre panneaux.

L'utilisation d'éléments préfabriqués au sens de l'EN 1998-1 §5.11.1.4 est prévue moyennant un coefficient k_p pris égal à 1.

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

Le système permet de l'assurer normalement.

1.2.1.6. Isolation thermique

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

1.2.1.7. 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 NF EN 12354 - 1 à 6.

1.2.1.8. Étanchéité des murs extérieurs

L'étanchéité peut être considérée comme normalement assurée moyennant l'absence de tout vide dans le noyau. Le bétonnage sera très soigneux (utilisation de goulottes de bétonnage notamment) en particulier au voisinage des points singuliers (raccordements entre panneaux...).

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.

1.2.1.9. Risques de condensation superficielle

Les murs 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.

1.2.1.10. 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'intérieur. Leur inertie est déterminée au moyen des règles TH-Bât.

1.2.1.11. Finitions - Aspect

Les finitions prévues sont 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 du Dossier Technique. 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.

1.2.1.12. Données environnementales

Le procédé COFFRAMUR 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 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.

1.2.1.13. Aspects sanitaires

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

1.2.2. Durabilité

Moyennant les précautions de fabrication et de mise en œuvre, et les limitations précisées au Dossier Technique, 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.

1.2.3. Impacts environnementaux

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

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le groupe rappelle que le mur en phase définitive est constitué de la paroi préfabriquée et du béton coulé en place, et qu'il doit être dimensionné par le bureau d'études, en tenant compte notamment des actions telles que les poussées des terres à long terme, présence d'avoisinant, poussée de l'eau, etc. A contrario, en phase provisoire, la partie préfabriquée est dimensionnée sous la seule action du béton frais.

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

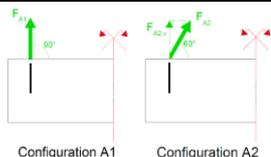
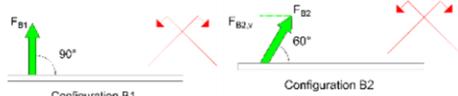
1.4. Annexe de l'Avis du Groupe Spécialisé

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

Sur la base des essais de qualification fournis par LESAGE DEVELOPPEMENT, 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 ou dans le cas d'interposition d'une élingue câble telle que définie dans le dossier technique.

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

Référence boucle	Diamètre boucle \varnothing_1	Epaisseur nominale paroi h_1	Enrobage nominal intérieur C_{int}	Enrobage nominal extérieur C_{ext}	Levage en position verticale CMU1	Levage à plat du MCI CMU2
Crochet COFFRAMUR 16 mm	16 mm	≥ 60 mm	≥ 30 mm	≥ 15 mm	14,2 kN	2,0 kN

Situation de levage	Levage en position verticale ⁽¹⁾	Levage à plat
Vérification	$CMU_1 \geq \frac{(p.A + Q)\gamma_{ed}\gamma_{pp}}{n_b}$	$CMU_2 \geq \frac{(p.A + Q)\gamma_{ed}\gamma_{pp}}{n_b}$
Schémas cas de levage		

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

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

A = surface du mur de coffrage intégré [m²]

Q = poids des équipements de sécurité éventuels [kN]

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

γ_{ed} = coefficient d'effet dynamique dû au levage = 1,15

γ_{pp} = coefficient d'incertitude sur poids propre = 1,05

2. Dossier Technique

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

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Le procédé est commercialisé par le titulaire.

Titulaire :

LESAGE DEVELOPPEMENT

16 rue de Hirtzbach

BP 2538

68058 MULHOUSE CEDEX

2.1.2. Identification

Chaque mur à coffrage une face COFFRAMUR est identifié par une étiquette qui comporte la référence du mur, le nom du chantier, le nom du client, les dimensions du mur, le poids de l'élément, l'épaisseur de paroi du MCI, la classe de résistance du béton, le type d'acier, la date de fabrication, le numéro de l'affaire, le numéro du prémur, le nom et l'adresse de l'usine. 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.

2.1.3. Mise sur le marché

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

2.2. Description

Le procédé de mur à coffrage intégré une face COFFRAMUR est destiné à la réalisation des parois porteuses ou non en infrastructures et en superstructures. La paroi préfabriquée a une épaisseur variant selon le cas de 60 à 75 mm, rigidifiée par des treillis raidisseurs. Leur géométrie figure en Annexe 1.

Le COFFRAMUR peut être selon le cas :

- À une face coffrante : lorsque l'on se trouve contre une paroi existante (berlinoise ou autre). Dans ce cas il est possible d'intégrer ou non au COFFRAMUR, le ferrailage en 2e face par l'utilisation de treillis soudés ;
- Avec une 2^e face coffrante partielle : lorsque la partie basse sert de coffrage une face contre le blindage et la partie haute de prémur pour la superstructure.

Pour les zones dans lesquelles il y a deux faces coffrantes, on se reportera aux prescriptions de l'Avis Technique « Prémur RECTOR » en cours de validité.

2.2.1. Principe

Le procédé de mur à coffrage intégré une face COFFRAMUR, est destiné à la réalisation de murs en infrastructures et en superstructures de type : caves, parkings souterrains, galerie de liaison, silo, murs de soutènement, murs de bassins ou de piscines, d'ouvrages soumis à une pression hydrostatique, joints de dilatation. Les limites de hauteur résultent de l'application des règles de dimensionnement définies ci-après.

Le COFFRAMUR est mis en place contre un support stable qui est soit un ouvrage de soutènement de type paroi berlinoise, soit un mur contre un joint de dilatation.

Le procédé de mur à coffrage intégré une face COFFRAMUR peut être utilisé dans les ouvrages situés en zones sismiques 1 à 4, moyennant les dispositions spécifiques définies dans le présent Dossier Technique.

Les systèmes associés à ce procédé de mur, tels que les systèmes de planchers à prédalles en béton armé raidies par des treillis raidisseurs, qui relèvent d'Avis Techniques spécifiques, ne sont pas visés par le présent Avis.

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Bétons

2.2.2.1.1. Béton des peaux coffrantes préfabriquées

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

Les classes de résistance des bétons couramment utilisées pour la fabrication des murs à coffrage intégré une face COFFRAMUR varient de C25/30 à C50/60.

La résistance minimale en compression du béton doit être de 20 MPa sur cube 10 x 10 x 10 cm à la première manutention, quelle que soit la résistance finale du béton utilisé (C25/30 à C50/60).

2.2.2.1.2. Béton de remplissage

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

Le diamètre maximal des granulats est selon le 1.1.1.2 du Cahier CSTB 3690_V2.

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

2.2.2.2. Aciers

2.2.2.2.1. Armatures des parois coffrantes

Les barres filantes ou façonnées intégrées au COFFRAMUR sont en acier B500A, B500B ou B450B, et conformes au 1.1.1.2 du Cahier CSTB 3690_V2.

Les armatures minimales sont conformes au 1.1.1.3 du Cahier CSTB 3690_V2.

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

- 0,125% de la section totale de béton dans le sens vertical ;
- 0,125% de la section total de béton dans le sens horizontal ;
- Un diamètre des armatures supérieur ou égal à 8 mm (également pour la paroi en contact avec le milieu agressif) ;
- Un espacement maximum des aciers dans les deux sens inférieur ou égal à 20 cm.

Le positionnement des aciers est donné en Annexe 3.

L'enrobage des armatures est choisi en fonction de la nature agressive ou non du milieu ambiant dans lequel sera placé le COFFRAMUR, il est défini en fonction de la classe d'exposition et de la classe de résistance du béton et conformément à l'article 1.1.1.5 du CPT MCI.

Les coupleurs d'armatures, s'ils sont utilisés, doivent faire l'objet d'un certificat AFCAB.

2.2.2.2.2. Treillis raidisseurs

Des treillis raidisseurs (cf. Annexe 4) espacés d'au plus 50 cm, assurent la liaison entre la paroi préfabriquée et le béton coulé en place.

Les treillis raidisseurs sont en acier de nuance B500A, B500B ou B450C, et sont conformes au 1.1.1.2 du Cahier CSTB 3690_V2.

Les sections des armatures hautes et basses des treillis raidisseurs sont à prendre en compte dans la section de ferrailage mécaniquement nécessaire parallèlement aux treillis raidisseurs.

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

- Sollicitations de cisaillement à l'interface ;
- Épaisseur totale du voile fini ;
- Vitesse de bétonnage du noyau.

Les treillis raidisseurs seront certifiés NF AFCAB ou équivalent.

2.2.2.2.3. Armatures complémentaires

Des armatures complémentaires peuvent être disposées dans le noyau coulé en place. Elles peuvent être en HA ou en treillis soudés.

Ces armatures sont de nuance B500A, B500B, B450B, sont selon le 1.1.1.2 du Cahier CSTB 3690_V2.

Ces dernières correspondent aux aciers mécaniques extérieurs au COFFRAMUR.

2.2.2.3. Insert de levage

Les boucles et organes de levage ou de manutention, sont en acier B235, conformément au 1.1.1.2 du Cahier CSTB 3690_V2.

L'insert comporte une armature principale et une entretoise de même diamètre en partie supérieure.

Leur façonnage, ainsi que les spécifications d'intégration dans le COFFRAMUR sont donnés en Annexe 5.

2.2.2.4. Douilles

Des douilles métalliques sont scellées dans la paroi du panneau (cf. Annexe 6). Elles assurent la liaison de la paroi intérieure du COFFRAMUR avec les étais tirants-poussants pendant le montage, le bétonnage, et la fixation éventuelle des équipements de sécurité.

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

2.2.2.5. Matériaux de jointoiment et d'étanchéité

- Fond de joint type joint d'étanchéité expansif, en mousse polyuréthane ou cordon néoprène, pour le blocage de la laitance ;
- Mortiers riches de réparation sans retrait ;
- Mastics élastomères de 1ère catégorie ;
- Émulsion bitumeuse épaisse ;
- Bande bitumeuse autocollante.

La mise en œuvre de ces produits est réalisée conformément aux recommandations et cahiers techniques dont ils font l'objet. Le fournisseur des produits employés justifie leur compatibilité avec les environnements auxquels ils seront exposés.

2.2.2.6. Matériaux de traitement du parement des murs selon leur destination

Le traitement du parement peut être réalisé au moyen de :

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

2.2.2.7. Matériaux pour les joints de dilatation

Le coffrage mis en place entre le COFFRAMUR et le mur mitoyen doit être capable de reprendre la poussée du béton sans se comprimer. Le matériau est un carton à nid d'abeille (contrainte à la compression : $\sigma_c = 0.5$ MPa).

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Généralités

Le COFFRAMUR se compose :

- D'une ou de deux plaques en béton armé d'une épaisseur variant de 60 à 75 mm ;
- De treillis raidisseurs en acier permettant de rigidifier la plaque.

Le dimensionnement des treillis raidisseurs est réalisé par le bureau d'études RECTOR en prenant la poussée hydrostatique du béton.

En phase définitive, le mur se compose de la paroi préfabriquée et du béton coulé en place.

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.

Le BET Structure détermine les efforts, les épaisseurs de mur et les sections d'armatures.

2.3.1.1. Dimensionnement en phase provisoire

Le dimensionnement en phase provisoire, effectué par le bureau d'études RECTOR, est réalisé sous la seule action du béton frais. Il s'agit de choisir le type de treillis raidisseur et de leur espacement, ainsi que le nombre d'étais tirant-poussants.

En phase provisoire, les COFFRAMUR sont dimensionnés suivant la vitesse de bétonnage majorée. Le calcul de la vitesse de bétonnage majorée est déterminé de la manière suivante :

$$\text{vitesse de bétonnage majorée} = 2 \times \text{vitesse de bétonnage conseillée}$$

Le calcul des moments sollicitants est réalisé à l'aide d'un modèle de calcul « poutre » dans les deux directions (longitudinales et transversales).

On effectue la vérification de la déformée de la paroi préfabriquée à mi-travée afin qu'elle respecte les critères de rectitudes des parements (cf. NF DTU 21).

Lorsque la hauteur est supérieure à 5 m, le calcul des moments sollicitants se fera à l'aide d'une modélisation en plaque.

Les moments sollicitants longitudinaux (verticaux) obtenus sont comparés aux moments résistants des treillis raidisseurs donnés par le fournisseur ou déterminés par des essais (cf. Annexe 7).

$$M_{\text{sollicitant longitudinal}} \leq M_{\text{résistant raidisseur}}$$

Les moments sollicitants transversaux (horizontaux) sont quant à eux comparés aux moments résistants de la section d'armature horizontale dans la plaque.

$$M_{\text{sollicitant transversal}} \leq M_{\text{résistant armature horizontale}}$$

2.3.1.2. Dimensionnement en phase définitive

Le dimensionnement du mur en phase définitive est réalisé par le bureau d'études structures.

Le mur est dimensionné selon les règles usuelles de la résistance des matériaux et du béton armé en flexion simple ou composée avec le cas échéant, la vérification de la stabilité de forme.

Les actions à prendre en compte pour le dimensionnement du mur sont du type :

- Poussée des terres à long terme ;
- Poussée de l'eau ;
- Poussée due aux structures avoisinantes.
- etc...

Les liaisons doivent assurer la continuité mécanique entre :

- La fondation et le COFFRAMUR ;
- Entre deux COFFRAMUR ;
- Le COFFRAMUR et les ouvrages avoisinants.

2.3.2. Bases de calcul

2.3.2.1. Valeurs caractéristiques de calcul

2.3.2.1.1. Vérification en zone courante

La résistance équivalente à la compression prise en compte pour l'épaisseur de la partie structurale du mur est conforme au §1.1.1.1 du Cahier CSTB 3690_V2.

2.3.2.1.2. Vérification au niveau des joints

Au niveau des joints entre COFFRAMUR ou entre COFFRAMUR et autre structure (radier,) la résistance caractéristique équivalente $f_{ck,eq28}$ à 28 jours, prise en compte est égale à $f_{ck,n}$.

Les règles de dimensionnement au niveau des joints entre COFFRAMUR ou entre COFFRAMUR et une autre structure, sont celles du 1.1.1.1 du Cahier CSTB 3690_V2, alinéas 8 à 11.

2.3.2.1.3. Prise en compte des effets du second ordre

La prise en compte de l'effet du second ordre dû au retrait différentiel du béton du noyau par rapport au béton de la paroi n'entraîne pas de modification de la capacité résistante du mur lorsque l'on se trouve dans le domaine d'emploi suivant :

Epaisseur de la partie structurale	16 cm	20 cm	25 cm
Classe du béton de remplissage	C25/30	C25/30	C25/30
Hauteur limite	4 m	5 m	7 m

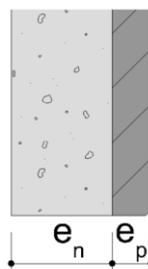
Hors de ces limites, la détermination de la capacité portante du COFFRAMUR doit être effectuée en tenant compte d'une excentricité additionnelle e_{add} égale à :

$$e_{add} = \frac{1,5 \cdot 10^{-4} \cdot E_{v,n}}{(EI)_{eq}} \times \frac{e_n \cdot e_p}{16} \times H^2$$

$$(EI)_{eq} = \frac{E_{v,p}}{4} \left(\frac{e_p^3}{3} + e_p \cdot e_n^2 \right) + \frac{E_{v,n}}{4} \left(\frac{e_n^3}{3} + e_n \cdot e_p^2 \right)$$

2.3.2.2. Vérification de la contrainte de cisaillement à l'interface paroi intérieure / béton coulé en place

La présence d'un plan de reprise de bétonnage nécessite d'établir le monolithisme de la section.



La détermination de cette contrainte sera en fonction du diagramme de contrainte en pied de panneau, et de l'élançement de ce dernier.

La contrainte est prise égale à :

$$\tau_u = \frac{1,1 V_u}{(e_n + e_p).l}$$

2.3.3. Types de liaisons

Les liaisons assurent la continuité mécanique au droit des joints entre deux MCI une face COFFRAMUR et entre les MCI une face COFFRAMUR et les ouvrages avoisinants.

Les types de liaisons se classent en trois familles : liaisons articulées, liaisons couturées, liaisons encastrées. Pour les trois cas, on distinguera les liaisons verticales et horizontales.

Le choix du type de liaison à utiliser est fonction de plusieurs paramètres : efforts de calcul à reprendre (moment et tranchant), contraintes de chantier, méthodologie de pose, étanchéité, sismicité.

2.3.3.1. Liaisons articulées

Ce type de liaison n'est pas utilisable pour les ouvrages nécessitant une étanchéité garantie par le béton.

Dans le cas de joint vertical droit, d'angle droit, de biais ou de joint horizontal droit, l'armature disposée dans le noyau permet d'assurer la continuité des armatures horizontales entre COFFRAMUR ou entre COFFRAMUR et les ouvrages avoisinants.

2.3.3.2. Liaisons couturées

Ce type de liaison est préconisé essentiellement pour les ouvrages qui doivent être étanches par le béton seul.

La caractéristique de ce type de liaison est que le panier d'armature qui assure la couture au droit du joint est disposé dans le béton coulé en place et liaisonné avec des armatures en U intégrées dans les peaux du COFFRAMUR.

Ces aciers en U intégrés au COFFRAMUR, et disposés aux abouts permettent de garantir une couture optimale de la liaison entre les murs.

Les conceptions suivantes peuvent être retenues (cf. Annexe 8) :

- Liaisons couturées verticalement entre deux MCI une face COFFRAMUR ;
- Liaisons couturées horizontalement entre deux MCI une face COFFRAMUR ;
- Liaisons couturées d'angle.

L'ensemble de ces solutions nécessitent une fenêtre de tirage en partie inférieure du MCI une face COFFRAMUR pour permettre la bonne mise en place du panier d'armature de liaison.

2.3.3.2.1. Joint vertical droit

L'armature de couture disposée dans le noyau permet de transmettre les cisaillements d'un voile à un autre, les chainages et les treillis raidisseurs en about de COFFRAMUR assurent la continuité des armatures de liaison.

2.3.3.2.2. Joint horizontal droit

L'armature de couture disposée dans le noyau permet de transmettre les cisaillements d'un voile avec une fondation, un radier, une poutre, une longrine, etc.

2.3.3.2.3. Joint d'angle vertical

Le principe constructif est similaire à la solution des joints verticaux droits. Elle permet en même temps la réalisation des armatures de poteau à disposer à l'intersection de deux murs.

2.3.3.3. Liaisons encastrées

Ce type de liaison est préconisé pour les ouvrages qui doivent être étanches par le béton seul ou qui doivent assurer la continuité du moment et de la transmission de l'effort tranchant entre MCI une face COFFRAMUR.

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 CSTB 3690_V2.

On utilise les cas suivants (cf. Annexe 8) :

- Liaisons encastrées en pied de COFFRAMUR avec ou sans reprise de bétonnage ;
- Liaisons encastrées verticalement entre deux COFFRAMUR ;
- Liaisons encastrées horizontalement entre deux COFFRAMUR superposés ;
- Liaisons encastrées d'angle ;
- Liaisons encastrées en T ;
- Liaisons encastrées entre MCI une face COFFRAMUR et dalles.

2.3.3.3.1. Joint vertical, d'angle droit, biais et joint horizontal droit

La continuité du moment et du cisaillement entre deux panneaux le long d'un joint vertical est assurée par la mise en œuvre d'armature avec recouvrement total.

2.3.3.3.2. Cas particulier d'un encastrement côté intérieur

Pour garantir une bonne mise en œuvre des COFFRAMUR lorsqu'on dispose d'un angle encastré côté intérieur, les treillis raidisseurs seront placés horizontalement sur une longueur variable de 0.6 m à 1.5 m selon les longueurs de recouvrement d'armatures. Par mesure de sécurité, il faudra renforcer l'angle par la mise en place d'un étaielement pendant le coulage.

2.3.3.4. Encastrement avec des armatures en attente dans la fondation

2.3.3.4.1. Encastrement côté extérieur

Le moment d'encastrement mobilisable reste optimal.

2.3.3.4.2. Encastrement côté intérieur

Cette solution ne permet de mobiliser qu'un moment résistant réduit à l'encastrement en raison de la réduction de hauteur utile du mur.

La continuité de l'encastrement entre la partie porteuse et la fondation est assurée par des armatures en attente dans la semelle déjà coulée. Ces armatures viennent en recouvrement avec les aciers placés dans la paroi du COFFRAMUR. Le dimensionnement des armatures d'encastrement sera basé sur une hauteur utile égale à l'épaisseur totale du COFFRAMUR réduite de l'épaisseur de la paroi + 1 cm.

On limitera la densité et les diamètres des aciers en attentes dans la fondation aux valeurs du tableau suivant :

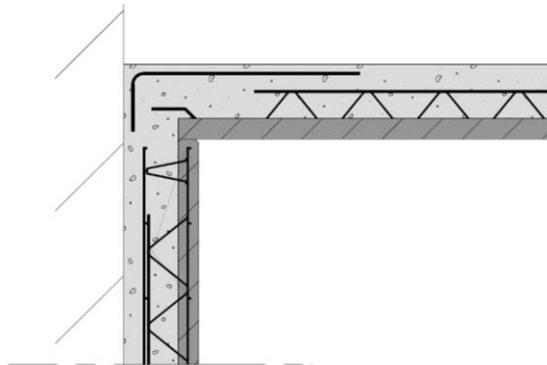
Largeur de la partie structurale ($e_p + e_n$)	Aciers en attentes
16 cm	2 HA 12 e = 20 cm ou 2 HA 10 e = 15 cm
17 cm	2 HA 12 e = 15 cm ou 2 HA 10 e = 10 cm
20 cm	2 HA 14 e = 12,5 cm
25 cm	2 HA 16 e = 12,5 cm
30 cm	2 HA 20 e = 12,5 cm
35 cm	2 HA 25 e = 12,5 cm

Le calage de la paroi en pied devra se faire sur des cales de 3 cm minimum pour garantir le bon remplissage des joints en pied, afin de pouvoir transmettre les efforts de compression de la zone comprimée du COFFRAMUR vers la fondation ou le radier. Ces joints en pied pourront être coffrés à l'aide de bastaings pour éviter les fuites de laitance.

Un contrôle systématique du remplissage des joints sera effectué après remplissage des murs. Les joints qui n'auront pas été remplis au bétonnage seront à bourrer au mortier de réparation sans retrait.

Lorsqu'une étanchéité est requise, ces solutions nécessitent un traitement spécifique de la reprise de bétonnage.

2.3.3.5. Liaison courante voile/dalle



2.3.3.6. Calepinage

Le calepinage est effectué par le titulaire et le dimensionnement des points spécifiques (liaisons entre murs, monolithisme, ...) conformément au § 1.1.1.7 et § 1.1.1.8 du Cahier CSTB 3690_V2.

2.3.3.7. Recouvrement des armatures

Le recouvrement respecte le 1.1.1.11 du Cahier CSTB 3690_V2.

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 ;
- $\eta_1 = 1,0$ dans tous les autres cas.

2.3.4. Famille de COFFRAMUR

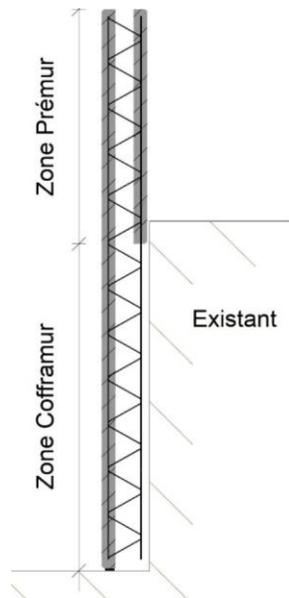
Le dimensionnement des COFFRAMUR se fera pour la phase définitive sur la base des règles usuelles du béton armé. Ils sont dimensionnés aux ELU et ELS, suivant les conditions fixées par les DPM.

En phase provisoire, le COFFRAMUR devra être dimensionné afin de reprendre la poussée du béton.

Le COFFRAMUR est placé contre un blindage (de type berlinoise ou autre), au niveau d'un joint de dilatation ou de fractionnement.

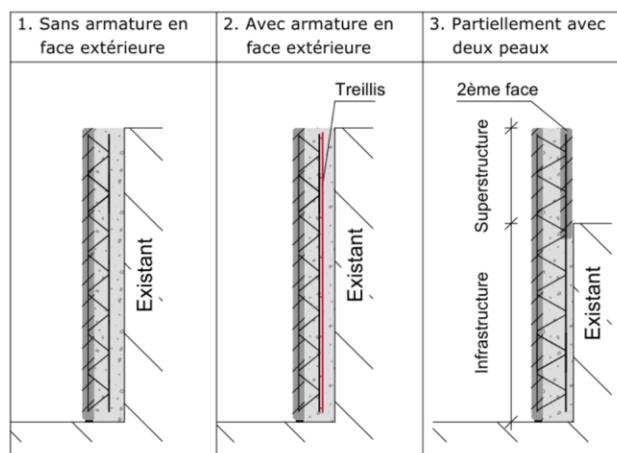
2.3.4.1. Différenciation COFFRAMUR / Prémur Rector

Lorsque le mur a une deuxième face préfabriquée, la délimitation entre les deux zones se fait à l'interface infrastructure / superstructure. La zone COFFRAMUR se situera obligatoirement contre une paroi provisoire ou existante.



2.3.4.2. Murs verticaux

Les COFFRAMUR peuvent être présentés sous différentes formes :



Dans les cas 1 et 2, le COFFRAMUR est composé d'une face intérieure bétonnée. Ce type de mur est placé soit contre une paroi provisoire (blindage), soit contre une paroi existante. Ce type de COFFRAMUR est disponible en intégrant ou non le ferrailage de la face extérieure.

Dans le cas 3, on se trouve en présence d'un mur avec une face extérieure partiellement bétonnée. Ce type de COFFRAMUR est placé communément entre l'infrastructure et la superstructure. Pour la partie de mur située en superstructure, il faudra se référer à l'Avis Technique Prémur Rector en cours de validité.

2.3.4.3. Poutre voile

Les prescriptions des poutres-voiles ou poutres-doisons sont celles décrites dans le 1.1.2.4 du Cahier CSTB 3690_V2.

Les cas de figures usuellement rencontrés sont énumérés en Annexe 9.

Dans le cas d'utilisation du procédé en poutre voile, à défaut de justifications de la résistance de la liaison, chaque panneau de « COFFRAMUR » doit correspondre à une travée de poutre voile.

Vérification au droit des joints

La vérification des joints consiste à s'assurer de leur aptitude à transmettre les efforts de cisaillement (efforts tranchants) qui transitent dans la poutre voile vers les appuis :

$$V_{Edi} \leq V_{Rdi}$$

Avec : V_{Edi} effort tranchant ELU maxi dans la poutre voile

V_{Rdi} effort tranchant résistant du joint

Le calcul de la résistance V_{Rdi} du joint est fait selon la méthode explicitée en Annexe 10. Le choix du type de joints entre panneaux formant tout ou partie d'une poutre voile est fonction de la capacité résistante V_{Rdi} à atteindre.

L'armature de liaison des joints est déterminée par le calcul de V_{Rdi} . Elle sera au moins égale à la section d'armatures horizontales et verticales nécessaire pour la poutre voile, dont elle assurera le recouvrement.

La liaison mise en place en poutre voile (hors appuis) sera une liaison couturée au minimum.

2.3.4.4. Murs enterrés

Le dimensionnement suit les prescriptions du cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.4.3.

Le cas courant correspond au mur travaillant en flexion verticale entre fondation et plancher ou entre deux planchers. Cependant le mur peut aussi être conçu pour travailler en flexion horizontale entre refend moyennant un calepinage horizontal.

Les armatures de reprise au niveau des planchers sont disposées dans le béton coulé en place.

2.3.4.5. Murs de soutènement

Le dimensionnement suit les prescriptions du cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.4.4.

Les armatures de reprises en pied sont placées dans la partie coulée en place (cf. §2.3.3.4).

2.3.4.6. Murs de silo ou magasin de stockage

Les prescriptions particulières du traitement des joints des murs de silos ou de magasins de stockage sont définies dans le cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.4.5.

Des tirants en tête de murs ou répartis sur leur surface peuvent soulager les sollicitations dans les encastresments et les parties courantes des COFFRAMUR. On veillera dans ce cas à tenir compte de la raideur et de la déformabilité des tirants.

2.3.4.7. Murs de bassin ou de piscine

Les prescriptions particulières du traitement des joints des murs de bassins ou de piscines sont définies dans le cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.4.6.

Au regard des définitions du Fascicule 74, lorsque l'étanchéité est assurée par le béton seul, ce type d'ouvrage réalisé en COFFRAMUR est considéré comme un ouvrage de Classe A.

Lorsque l'étanchéité est réalisée par une membrane d'étanchéité (de type liner), la fissuration n'est plus préjudiciable. Le dimensionnement est fait aux ELU avec une vérification aux ELS en fissuration peu préjudiciable.

On doit disposer un cordon d'étanchéité à l'extrémité d'un voile coffrant, en l'absence d'autre dispositif d'étanchéité spécifique rapporté s'opposant au cheminement éventuel d'infiltrations corrosives pour les aciers traversant le plan de contact entre voile coffrant et béton coffré.

2.3.4.8. Murs de galerie, parkings souterrains

Les prescriptions particulières du traitement des joints des murs de galeries souterraines sont définies dans le cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.4.7.

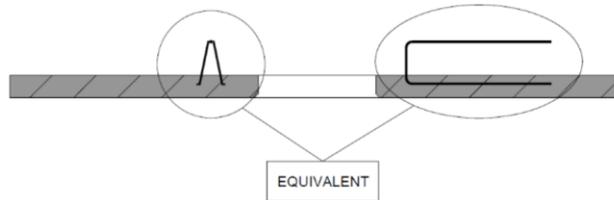
2.3.4.9. Murs de joint de dilatation

Lorsque le COFFRAMUR est placé contre un joint de dilatation ou de fractionnement, la séparation des deux éléments porteurs se fait par l'intermédiaire d'un coffrage constitué d'une structure interne alvéolaire à nid d'abeilles.

2.3.4.10. Principes constructifs

2.3.4.10.1. Equivalence des treillis raidisseurs

Les renforcements des ouvertures et des bords libres se font selon le Cahier CSTB 3690_V2 §1.1.1.10 « Utilisation des treillis raidisseurs dans les renforcements ».



Pour les murs et poteaux, les armatures en attente et les armatures de liaison sont disposées de manière à respecter les enrobages définis dans les règles Eurocode 2 en fonction de l'exposition du mur.

La substitution des aciers de couture est basée sur l'Annexe 11.

2.3.4.10.2. Eclissage possible

Pour les poutres voiles, les règles d'ancrages d'armatures sur appuis sont celles de l'Eurocode 2 (Article 9.2.1.4 pour l'appui simple d'about et Article 9.2.1.5 pour l'appui intermédiaire).

Les règles d'éclissage et de recouvrement des armatures se font selon le 1.1.1.12 du Cahier CSTB 3690_V2.

Nota : Une attention particulière sera portée sur la vérification de la bonne mise en place de la section d'éclissage par contrôle visuel dans les fenêtres de tirage avant bétonnage.

2.3.5. Dispositions parasismiques

2.3.5.1. Principe de la méthode

Lors d'un séisme, les voiles ont pour rôle, outre leur fonction d'élément porteur vis-à-vis des charges verticales, de constituer un contreventement vertical du bâtiment en assurant les deux fonctions suivantes :

- De former un diaphragme dans leur plan afin de transmettre les efforts sismiques horizontaux acheminés par les planchers vers les fondations ;
- De maintenir la cohérence et le monolithisme de la structure.

Les dispositions à adopter sont celles prévues au 1.1.1.14 du Cahier CSTB 3690_V2.

2.3.5.2. Domaine d'application

2.3.5.2.1. Stabilité d'ensemble

Pour le calcul des raideurs des voiles, la présence des joints entre panneaux est négligeable.

La vérification de la stabilité se fera en considérant l'alinéa « Stabilité locale » du §1.1.1.14 du Cahier CSTB 3690_V2.

2.3.5.2.2. Détermination des liaisons entre COFFRAMUR

Les spécifications sont celles du 1.1.1.14 du Cahier CSTB 3690_V2 pour le cas de :

- Liaison horizontale au droit d'une dalle ;
- Liaison à l'intersection de deux ou plusieurs murs à coffrage intégré.

Dans le cas des liaisons horizontales en partie courante de mur (COFFRAMUR superposés) ou de liaison verticale en zone courante, les spécifications sont celles du paragraphe « Liaisons entre murs à coffrage intégré en zone courante » du §1.1.1.14 du Cahier CSTB 3690_V2, en considérant que les joints doivent être vérifiés au cisaillement.

2.3.6. Traitement des parois et des joints

Le traitement des parois et des joints se fera selon les §1.5 et les schémas figurant en Annexe VI du Cahier CSTB 3690_V2, avec les spécifications des paragraphes ci-dessous.

2.3.6.1. Traitement des joints

2.3.6.1.1. Murs courants en superstructure

Pour les locaux ne présentant pas de contraintes particulières, le traitement du joint est réalisé à l'aide d'un enduit souple type KATAROC Prédalles ou équivalent.

Le joint peut aussi rester non traité si ce dernier vient à être masqué par un doublage ou si les contraintes architecturales ne nécessitent pas sa fermeture.

2.3.6.1.2. Murs courants en infrastructure

Les prescriptions particulières du traitement des joints des murs en infrastructures sont définies dans le cahier du CSTB 3690_V2 § 1.5.2.

Ils sont traités selon les mêmes critères que les joints des murs en superstructure.

2.3.6.1.3. Murs de silos ou magasins de stockage

Les prescriptions particulières du traitement des joints des murs de silos ou magasins de stockage sont définies dans le cahier du CSTB 3690_V2 § 1.5.5.

Les joints pour les silos de stockage de céréales sont réalisés avec un enduit ciment type SIKA MONOTOP 612 F ou équivalent ou un mortier de réparation monocomposant à base de ciment.

2.3.6.1.4. Murs avec pression hydrostatique

Les prescriptions particulières du traitement des joints des murs avec pression hydrostatique sont définies dans le cahier du CSTB 3690_V2 § 1.5.3.

2.3.6.1.4.1. Face en contact avec l'eau

Les joints verticaux et horizontaux sont fermés avec un joint souple de type SILYGUTT 3B appliqué sur un fond de joint SIKA, ou tout autre mastic de 1^{ère} catégorie SNJF apte à résister aux pressions hydrostatiques définies dans le cadre du projet et dans les limites de préconisation du fournisseur et de l'Avis Technique dont relèvent les produits utilisés le cas échéant.

2.3.6.1.4.2. Face en contact avec un milieu agressif

Les joints verticaux et horizontaux sont fermés avec un joint souple type SIKAFLEX PRO 3WF appliqué sur un SIKA PRIMAIRE 3, ou tout autre mastic élastomère de 1^{ère} catégorie SNJF, mono composant à base de polyuréthane, et apte à résister aux pressions hydrostatiques définies dans le cadre du projet et dans les limites de préconisation du fournisseur et de l'Avis Technique dont relèvent les produits utilisés le cas échéant, et au contact de solutions agressives telles que les eaux usées, les lisiers et les purins..

2.3.6.1.5. Murs coupe-feu

Les murs coupe-feu non exposés aux intempéries ne nécessitent pas de traitement particulier du joint si ce dernier est inférieur à 2 cm conformément au 1.5.4 du Cahier CSTB 3690_V2.

2.3.6.2. Aspect des parements

2.3.6.2.1. Etat de surface

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

En référence à la norme NF P 18-503, le parement standard du MCI une face COFFRAMUR est classé P(3), E(3-3-0), T(0).

La face du MCI une face COFFRAMUR peut présenter un aspect structuré grâce à l'utilisation de matrice caoutchouc type RECKLI ou équivalent.

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

2.3.6.2.2. Teinte

La teinte du parement des MCI une face COFFRAMUR 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.

Lorsque la finition du MCI une face COFFRAMUR 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.

2.3.6.2.3. Préparation du support

La préparation est selon le 1.6.2 du Cahier CSTB 3690_V2.

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

2.3.7. Etanchéité à l'eau des COFFRAMUR

Le domaine d'utilisation de ce type de solution nécessite la mise en œuvre d'un noyau coulé en place de 12 cm pour les piscines et de 15 cm dans les autres cas.

Pour les murs nécessitant une étanchéité assurée par le béton seul, les solutions mettant en œuvre les MCI une face COFFRAMUR reposent sur deux modes de conception du plan d'étanchéité :

- L'utilisation des solutions mécaniques sans reprise de bétonnage 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 bétonnages.

2.3.7.1. Utilisation des solutions mécaniques sans reprise de bétonnage

L'utilisation d'une solution mécanique sans reprise de bétonnage permet de garantir l'encastrement en pied de panneau et d'avoir une liberté de translation horizontale du MCI une face COFFRAMUR lors de sa mise en œuvre. Des 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 une face COFFRAMUR ;
- Mise en place des armatures verticales de clavetage des joints verticaux ;
- Pose du cordon de mousse dans le joint pour empêcher la fuite de laitance ;
- Dépliage des armatures en attente en pied de panneau ;
- Ferrailage du radier ou de la fondation ;
- Bétonnage du radier et MCI une face COFFRAMUR 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.

Les reprises de bétonnage verticales pour les ouvrages nécessitant un bétonnage en plusieurs phases sont systématiquement réalisées en partie courante du MCI une face COFFRAMUR par la mise en œuvre dans le noyau du MCI une face COFFRAMUR d'un joint en tôle galvanisée d'arrêt de bétonnage permettant d'augmenter le chemin critique de l'eau.

2.3.7.2. 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 en pied de panneau doit être réalisé.

La reprise de bétonnage en pied de panneau est traitée avec un joint hydrogonflant type SIKA JOINT EXPANSIF WS 2005 ou des dispositifs similaires joints hydrogonflants. Ces dispositifs sont disposés à 5 cm de la peau du COFFRAMUR en contact avec l'eau.

Le joint vertical entre deux COFFRAMUR est traité comme un joint classique au niveau du bétonnage et du ferrailage (cf. §2.3.3.1). Il est complété par la mise en place d'un joint type SIKADUR COMBIFLEX ou toute bande d'étanchéité pour lèvres du joint et garantissant la parfaite étanchéité au contact d'eaux en pression. Néanmoins il peut travailler en sous-pression moyennant des dispositions de mise en œuvre particulière définies par les fabricants.

La finition des joints est réalisée en fonction de la destination de l'ouvrage (cf. §2.3.6).

2.3.8. Traitement des têtes de COFFRAMUR exposées aux intempéries

Les têtes de mur exposées aux intempéries sont protégées contre les infiltrations d'eau le long du plan de reprise de bétonnage entre la peau coffrante et le béton coulé en place par l'un des moyens suivants :

- Un chaperon béton ;
- Une couvertine métallique ;
- Un revêtement d'imperméabilisation type SIKATOP 107 PROTECTION, appliqué sur une imprégnation époxydique type SIKADUR IMPREGNATION ;
- Ou tout revêtement d'imperméabilisation à base de liant hydraulique, flexible, résistant au gel, et imperméable à l'eau.

2.4. Mise en œuvre, manutention, montage, stockage, transport

Les prescriptions particulières de conditions de mise en œuvre sont définies dans le cahier du CSTB 3690_V2 § 4.

Les systèmes d'isolation doivent être mis en œuvre conformément aux Avis Techniques en cours de validité qui les concernent.

Le titulaire devra fournir à l'entreprise toutes les informations concernant les spécificités de pose, mise en œuvre, calage, notamment la découpe éventuelle des raidisseurs horizontaux en partie basse.

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 des Cofframurs et les dispositions particulières liées à la phase provisoire ;
- L'utilisation le cas échéant d'un système équilibrant ;
- Les charges des équipements de sécurité prévues pour le domaine d'utilisation considéré (type de MCI, poids limite d'utilisation) ;
- Les inserts de levage devront être clairement identifiables lors de contrôles visuels (peinture, etc....).

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

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

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

Ces caractéristiques nécessitent de l'entreprise de mise en œuvre des précautions particulières et un entraînement des équipes de montage.

2.4.1. Travaux préliminaires et chronologie de pose

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

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

Les étais devront être ancrés dans un support capable de reprendre les efforts qui lui seront transmis.

Les étais de stabilité du Cofframur en phase provisoire, ainsi que le système de blocage en pied de prémur lorsque la hauteur du mur est supérieure à 4,00 m (voir Figure 17 en Annexe du Dossier Technique), sont fournis par l'entreprise. Ces éléments doivent être dimensionnés pour reprendre la poussée du béton lors du remplissage du noyau. Le titulaire fournit à l'entreprise les efforts aux points d'ancrage des étais destinés à reprendre la poussée du béton.

La pose se fait selon les étapes ci-dessous :

1. Réalisation des fondations ;
2. Implantation et traçage des murs ;
3. Déchargement du COFFRAMUR à l'aide d'une grue (automotrice ou à tour), ou de tout autre moyen de levage compatible avec le poids des COFFRAMUR ;
4. Pose (si besoin) du ferrailage côté blindage ou du joint de dilatation, et des armatures d'angles ;
5. Pose du COFFRAMUR sur des cales d'épaisseur 1 à 3 cm ;
6. Mise en place d'une lisse continue en pied pour blocage du COFFRAMUR (effort en pied fourni par le BE RECTOR) ;
7. Mise en place des étais tirants poussants sur les douilles prévues à cet effet (à 2/3 de la hauteur du COFFRAMUR) ;
8. Mise en place des aciers de liaisons et des chaînages éventuels ;
9. Coulage du béton du noyau par passes successives conforme au 2.4.6. Une pause d'une heure est respectée entre deux passes successives. Le béton est conforme au 2.2.2.1.2. Les hauteurs de chute du béton frais seront limitées suivant les prescriptions 2.4.6 ;
10. Finition des joints en fonction de la destination de l'ouvrage.

2.4.2. Prescriptions concernant le transport et le stockage

Les prescriptions particulières du transport et du stockage des panneaux sont définies dans le cahier du CSTB 3690_V2 § 3.2 et §3.3.

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 conteneurs métalliques (rack ou box) et éventuellement livrés par remorque auto-déchargeuse.

Lors du transport à plat des panneaux, on doit limiter la charge sur le panneau le plus sollicité.

Pour les murs de grandes dimensions, deux plaques de béton de dimension 60 cm x 60 cm sont incorporées sur la deuxième face. Ces éléments permettent une plus grande stabilité du mur lors du transport, du stockage et de la phase provisoire sur chantier. Les deux plaques de béton sont liaisonnées avec la première face par deux morceaux de treillis raidisseurs de longueur 50 cm et espacés de 40 cm.

Les éléments de petite dimension pourront être livrés à plat. RECTOR LESAGE fournira au chantier un mode opératoire pour le redressement des COFFRAMUR.

Ils restent généralement stockés dans les conteneurs jusqu'à leur mise en œuvre dans l'ouvrage. Dans le cas d'un stockage réalisé hors des conteneurs, l'entreprise prendra toute disposition garantissant la sécurité du personnel et évitant toute détérioration ou déformation excessive des éléments préfabriqués.

Le stockage sur chantier des éléments doit être effectué sur une aire régulièrement plane et stable à la charge de l'entreprise ; l'aire de livraison doit être facile d'accès pour les camions.

2.4.3. Prescriptions concernant la manutention des panneaux

Le stockage des raidisseurs et leur manutention entre le lieu de stockage et leur mise en place dans le moule ne doivent pas altérer leurs qualités techniques et dimensionnelles.

Les prescriptions particulières de la manutention des panneaux sont définies dans le cahier du CSTB 3690_V2 § 3.1.

Les panneaux sont manutentionnés avec des grues à tour ou automotrices. Les élingues sont accrochées aux boucles ou organes de levage intégrés aux panneaux. En aucun cas la manutention ne peut s'effectuer par d'autres armatures.

(S'il y a présence d'une deuxième peau coffrante partielle, les boucles MCI sont utilisées. Dans ce cas, c'est l'Avis Technique Prémur RECTOR qui fait référence.)

Le levage peut être réalisé :

- En liaisonnant directement le crochet d'élingue à la boucle ;
- En interposant une élingue câble entre la boucle et le crochet d'élingue.

Les caractéristiques de ces engins et éléments de manutention doivent être compatibles avec le poids des panneaux à manutentionner.

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

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.

Durant la manutention, ni le crochet de la grue, ni l'élingue ne doivent exercer d'effort notable sur la peau coffrante préfabriquée des COFFRAMUR.

Lorsque le nombre de points de levage est supérieur à deux, des dispositions doivent être prises pour que les efforts exercés sur chaque organe de levage puissent être estimés de manière fiable et équilibrée (utilisation d'un système auto-équilibrant).

2.4.4. Positionnement

Le COFFRAMUR est positionné précisément dans son emplacement définitif, sur des cales permettant de vérifier les jeux nécessaires.

Avant le retrait des élingues, des étais tirants-pousants sont fixés à l'élément par l'intermédiaire de vis et de douilles métalliques.

D'autres systèmes de stabilisation peuvent être proposés, tels que des 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.

2.4.5. Armatures de liaison

Les armatures de liaison sont mises en place dans le noyau de chaque MCI une face COFFRAMUR avant la pose de l'élément suivant. Dans tous les cas, les armatures doivent être efficacement ligaturées pour assurer leur maintien pendant ces phases de mise en œuvre.

Après pose des éléments préfabriqués, les armatures de liaison sont déplacées dans leur emplacement définitif et éventuellement complétées par les armatures longitudinales.

Les ferraillements complémentaires sont ensuite mis en place avant le début du bétonnage.

Le responsable du chantier vérifie avant coulage la conformité des ferraillements avec les plans du bureau d'études.

2.4.6. Bétonnage

Pour éviter les fuites de laitance, les joints d'épaisseur nominale inférieure à 3 cm doivent être préalablement calfeutrés avec un cordon de mousse.

L'utilisation de mousse expansive est interdite.

Les joints d'épaisseur nominale supérieure ou égale à 3 cm doivent être coffrés sur la face extérieure du mur pour assurer le remplissage par le béton sur toute la largeur du mur.

La face intérieure des COFFRAMUR doit être humidifiée. L'eau accumulée en pied de coffrage doit être éliminée avant bétonnage. Le béton de consistance fluide est généralement mis en place sans vibration en respectant les prescriptions relatives à la hauteur de chute et à la vitesse de bétonnage.

La vibration est cependant obligatoire :

- Au voisinage des joints, dans le cas des ouvrages pour lesquels l'étanchéité est assurée par le béton, ainsi que dans le cas de poutres ou poutres voiles ;
- Au droit des zones à forte densité de ferrailage (par exemple poteaux).

La hauteur de chute du béton et la vitesse de bétonnage sont déterminées suivant les prescriptions ci-après et mentionnées sur le plan de préconisation de pose.

Le coulage de la dalle haute en appui sur le COFFRAMUR peut éventuellement être réalisé en même temps que la dernière banchée de remplissage du MCI.

L'épaisseur du béton coulé en place doit être en tout point supérieure à 60 mm toutes tolérances épuisées.

2.4.6.1. Hauteur de chute du béton

Les critères sur la hauteur de chute du béton sont celles du 1.1.1.13 du Cahier CSTB 3690_V2. A défaut de justification particulière, la hauteur maximale H_{max} de chute de béton des murs n'excèdera pas 3 m, quelle que soit l'épaisseur du béton coffré.

2.4.6.2. Vitesse de bétonnage

La vitesse maximale de bétonnage est limitée au maximum à 0,50 m/h.

Les dispositions constructives nécessaires pour que le panneau préfabriqué résiste au coulage sont indiquées sur les plans.

Il est notamment tenu compte :

- De la charge apportée par le béton selon la vitesse de coulage normale ainsi qu'une vitesse accidentelle égale au double de la vitesse normale ;
- Des treillis raidisseurs et des armatures complémentaires ;
- De la résistance du béton au moment de la mise en œuvre ;
- De l'épaisseur du panneau préfabriqué.

Un calcul type a été réalisé pour les cas courants.

2.4.6.3. Contrôle du remplissage

Des orifices dans les éléments préfabriqués COFFRAMUR, de 50 mm de diamètre, 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.

2.4.6.4. 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.

2.5. Fourniture et assistance technique

2.5.1. Conditions d'exploitation du procédé

Le calcul des structures est réalisé par le Bureau d'Etudes Techniques (B.E.T.) de l'opération, en tenant compte des spécificités du procédé développé dans le présent Avis Technique.

Le calepinage est effectué par le bureau d'études RECTOR et approuvé par le B.E.T. Le bureau d'études RECTOR vérifiera la tenue du mur en phase provisoire et préconise les détails de liaisons.

La fabrication est réalisée dans les usines de la société listées au 2.7.

La mise en œuvre est réalisée par l'entreprise titulaire du marché.

2.5.2. Assistance technique

La société RECTOR fournira systématiquement au client une documentation sur les spécificités de mise en œuvre des MCI une face COFFRAMUR.

De plus, l'ensemble des nouveaux clients ou des clients utilisant pour la première fois les MCI une face COFFRAMUR seront assistés par un expert de la société RECTOR lors de la préparation et de la mise en place des premiers MCI une face COFFRAMUR.

Cette démarche pourra aussi être mise en place au cas par cas pour l'ensemble des clients utilisateurs des MCI une face COFFRAMUR.

2.6. Fabrication et contrôles

2.6.1. Etapes de fabrication

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.

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

Les opérations se déroulent dans l'ordre suivant :

1. Nettoyage de la première table et projection automatique d'un décoffrant ;
2. Traçage automatique de la géométrie, de la position des inserts, réservations et ouvertures ;
3. Mise en place automatique des joues de coffrage du voile ;
4. Mise en place des cales d'enrobage ;
5. Mise en place manuelle ou automatique des inserts, douilles, réservations, et ouvertures ;
6. Débit automatique aux longueurs nécessaires des armatures courantes, et mise en place sur le moule ;
7. Mise en place des treillis raidisseurs et des corbeilles de ferrailage préfabriquées ;
8. Positionnement et ligaturage des boucles de levage sur le ferrailage de la face 1 ;
9. Mise en place des armatures de la face coulée en place sur les treillis raidisseurs (si nécessaire) ;
10. Mise en place des pieds de calage en béton si mur transporté verticalement ;
11. Fabrication du béton dans la centrale située sur le site ;
12. Acheminement du béton ;
13. Coulage du béton à l'aide d'une distributrice automatique qui garantit la constance de l'épaisseur mise en place ;
14. Vibration automatique, programmée et adaptée pour ce type de fabrication ;
15. Étuvage du MCI une face COFFRAMUR.

Si le COFFRAMUR comporte une deuxième face partielle, le phasage est le suivant :

16. Opérations 1 à 8 identiques pour la deuxième face du MCI une face COFFRAMUR, mais sans mise en place des treillis raidisseurs, des inserts et des boucles de levage ;
17. Transport et retournement du premier voile sur le second, avec centrage et mise en appui sur des cales extérieures prééglées (nécessaire que lorsqu'il y a une zone avec deux parois) ;
18. Vibration automatique ;
19. Enlèvement du moule supérieur ;
20. Étuvage de l'ensemble ;
21. Démoulage et éventuel ragréage ;
22. Stockage sur un ETS adapté (type rack MCI si transport vertical, type palette si transport à plat).

2.6.2. Caractéristiques des COFFRAMUR fabriqués

- Poids propre des COFFRAMUR : 150 à 188 kg/m² suivant l'épaisseur des parois et du poids des armatures supplémentaires (mur avec une seule face) ;
- Épaisseur courante totale du voile réalisé : 16 à 50 cm ;
- Tolérances dimensionnelles : classification P (3) d'après norme NF P 18-503, suivant le référentiel de certification NF 548.

2.6.3. Contrôles de fabrication

2.6.3.1. Contrôle des bétons

Les bétons utilisés pour la réalisation des peaux coffrantes sont fabriqués dans les centrales RECTOR LESAGE, installées sur les sites des usines de préfabrication.

Les formulations des bétons sont établies par le laboratoire du Service Qualité RECTOR LESAGE.

Les contrôles effectués sur les bétons sont conformes au référentiel de certification NF 548.

2.6.3.2. Contrôle de qualité

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 (granulat, ciment, adjuvant, eau de gâchage, armatures, treillis raidisseurs, boucles et organes de levage, béton) ;
- La résistance à la compression f_{ck} du béton en MPa ;
- La fabrication du produit (autocontrôle pour chaque poste de moules, armatures, treillis raidisseurs et leur positionnement, qualité du béton mis en place) ;

- Les produits finis (caractéristiques géométriques, état de surface fini, enrobage des armatures, positionnement des réservations) ;
- La nature et la position des éléments constitutifs du système de levage ;
- L'épaisseur de béton au droit des inserts de levage telle que prévue par les plans de fabrication.

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.

RECTOR LESAGE conserve dans ses registres les fiches de contrôle de qualité.

Tolérances dimensionnelles :

- Conforme à la norme NF EN 14992 ou NF EN 15258 ;
- Tolérance d'enrobage des armatures : +/- 2 mm ;
- Tolérance sur la hauteur des treillis raidisseurs : +1/-3 mm ;
- Tolérance sur l'épaisseur de la paroi : +/- 3 mm.

2.7. Sites de production

Usine	Élément simple peau	Élément double peau (parties en MCI et/ou pieds)
Courcelles (27)	Oui	Oui*
Berre l'Etang (13)	Oui	Oui*
Couëron (44)	Oui	Oui*
Ravel (63)	Oui	Oui*
Voreppe (38)	Oui	Non
Weyersheim (67)	Oui	Non
Longueil-Sainte-Marie (60)	Oui	Non
Tournefeuille (31)	Oui	Oui*

*Sous réserve de l'existence d'un certificat en cours de validité visant les Prémurs RECTOR suivant le référentiel NF 548.

2.8. Mention des justificatifs

2.8.1. Résultats expérimentaux

Rapport d'essais de qualification de la résistance à l'arrachement de l'insert du CERIB n°012707_mod01 en date du 14/03/2019.

2.8.2. Références chantiers

Extrait de la liste des chantiers réalisés avec des COFFRAMUR :

Entreprise	Chantier	Quantité (m ²)	Année
EDYNEO Le Poire sur Vie	Lycée 85110 Chantonnay	284	2021
CNR Construction	Bureaux 35136 Saint Jacques de la Lande	160	2021
LACHANA	Logements 69270 Fontaines Saint Martin	249	2021
BTP MILLET-NIVON	Logements 38200 Serpaize	345	2020
SMBA	Logements 69008 Lyon	1419	2020

2.9. Annexes du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre

Annexe 1 : Vue d'ensemble du COFFRAMUR

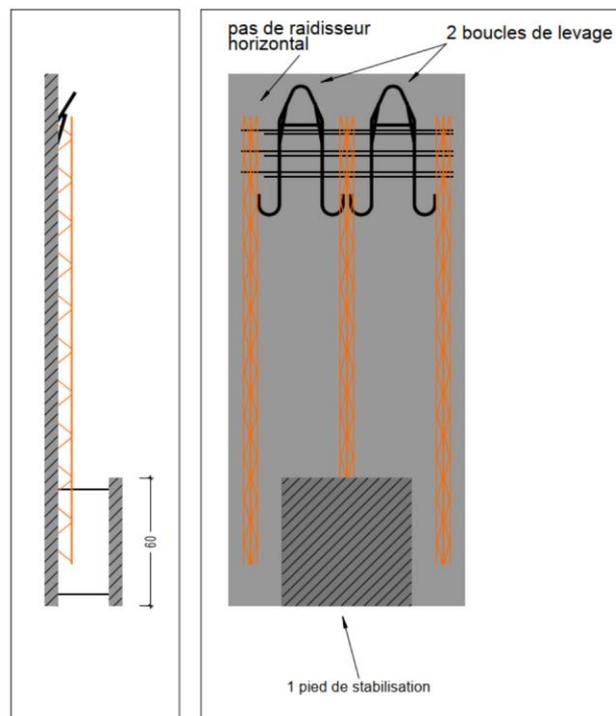


Figure 1 – COFFRAMUR - Longueur 1.20 m

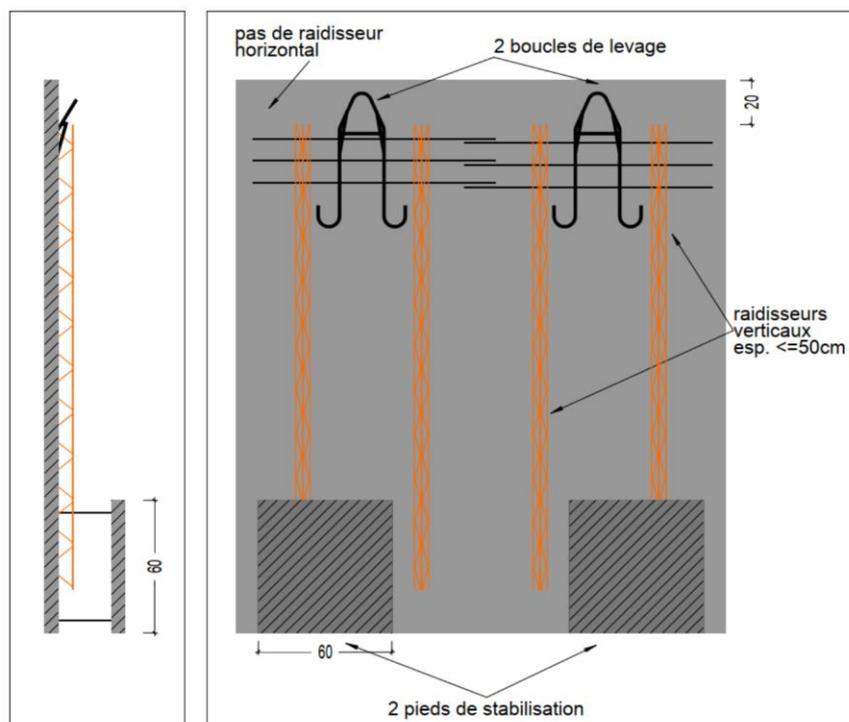


Figure 2 - COFFRAMUR - Longueur \leq 2.50 m

La mise en place des pieds de stabilisation est optionnelle pour les COFFRAMUR de longueur inférieure à 4.00m

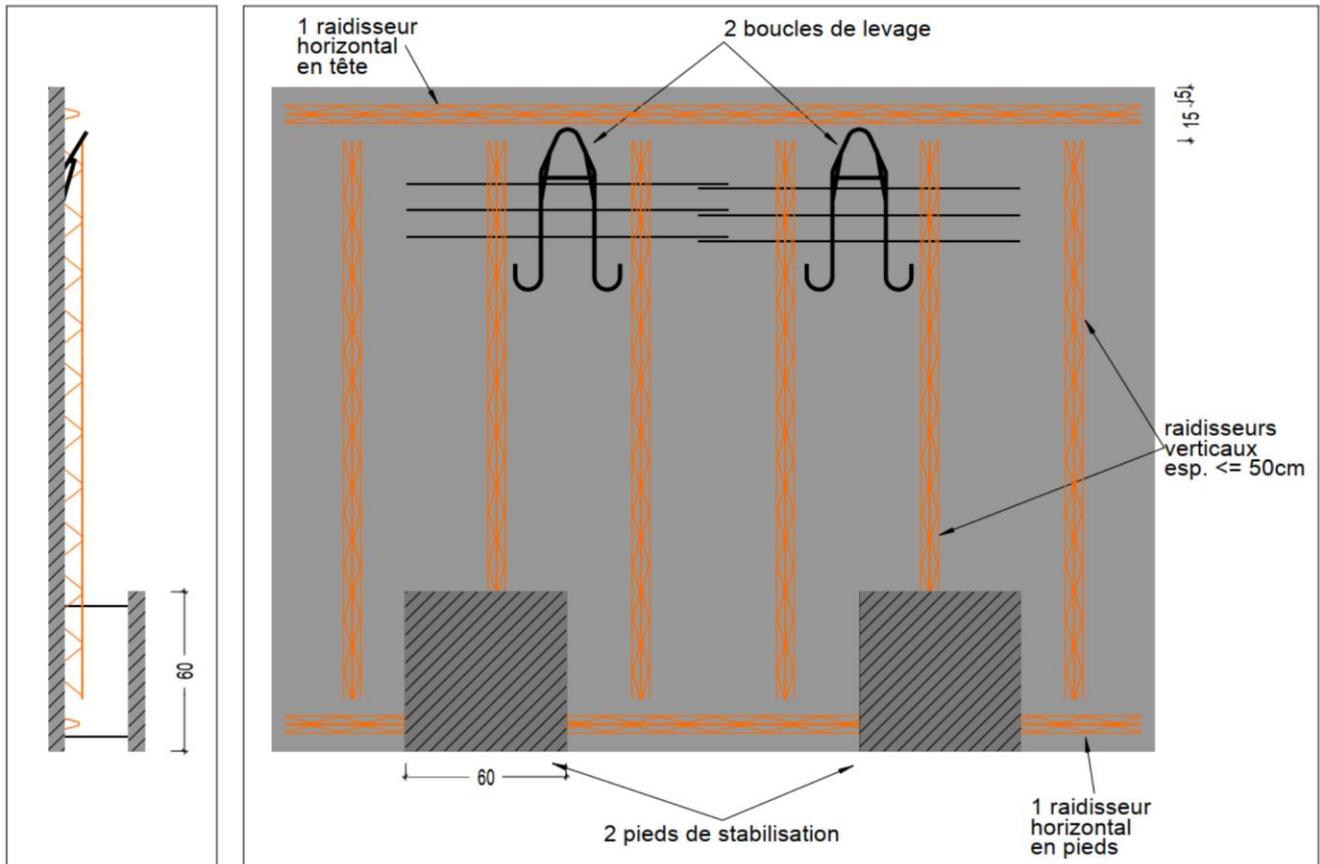


Figure 3 - COFFRAMUR - $2.50\text{ m} < \text{Longueur} \leq 4.00\text{ m}$

La mise en place des pieds de stabilisation est optionnelle pour les COFFRAMUR de longueur inférieure à 4.00m

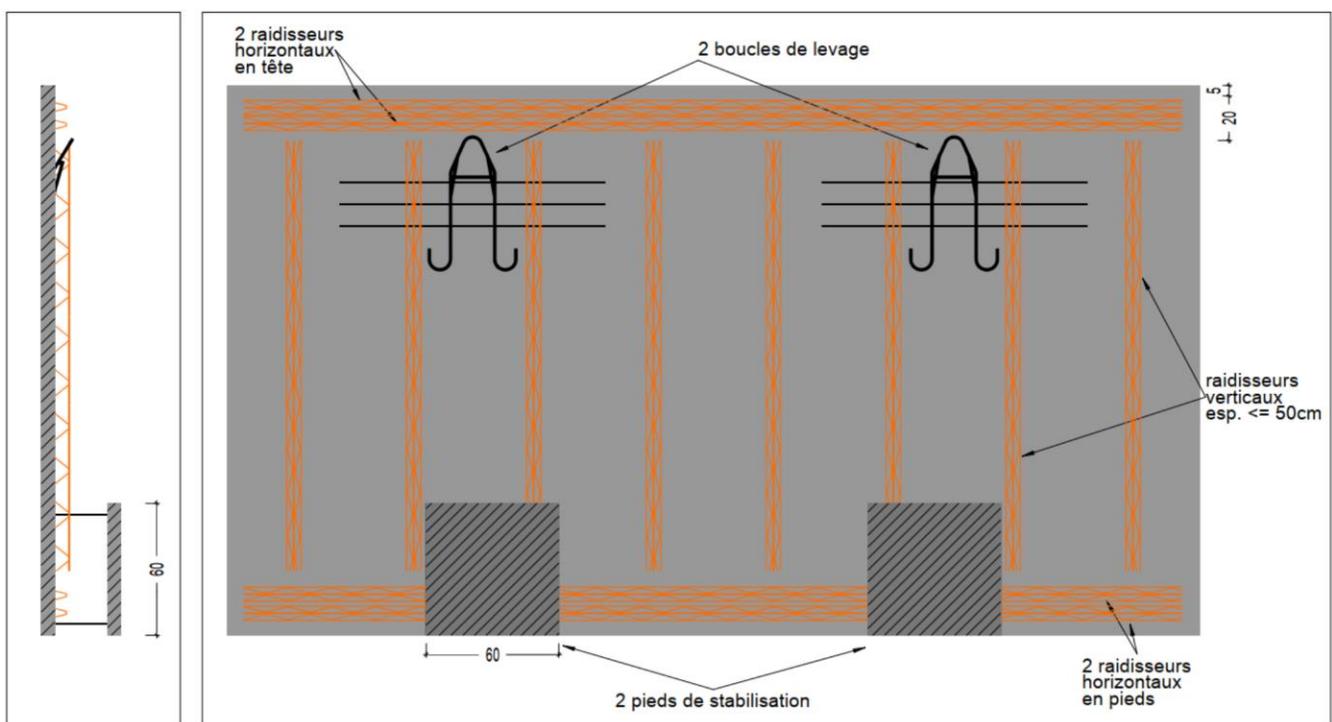


Figure 4 - COFFRAMUR - Longueur $> 4.00\text{ m}$

Annexe 2 : Famille de COFFRAMUR

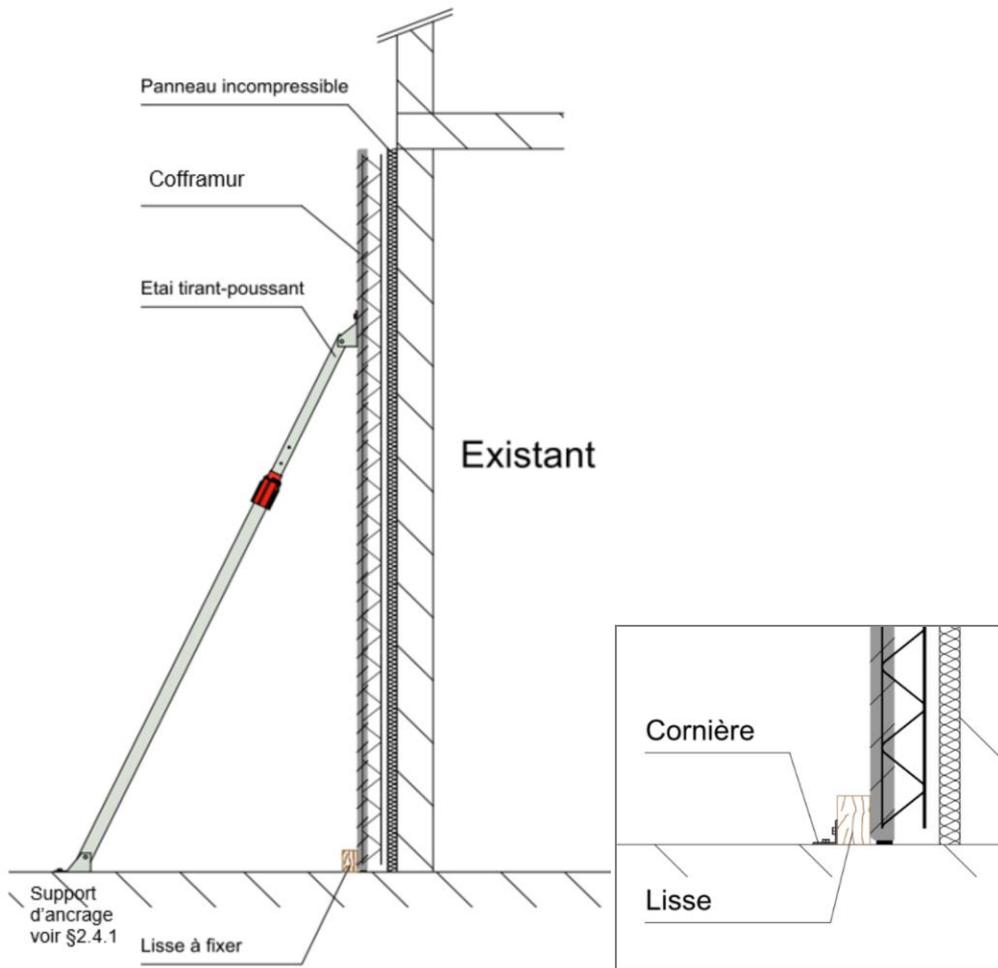


Figure 5 - Mur de joint de dilatation

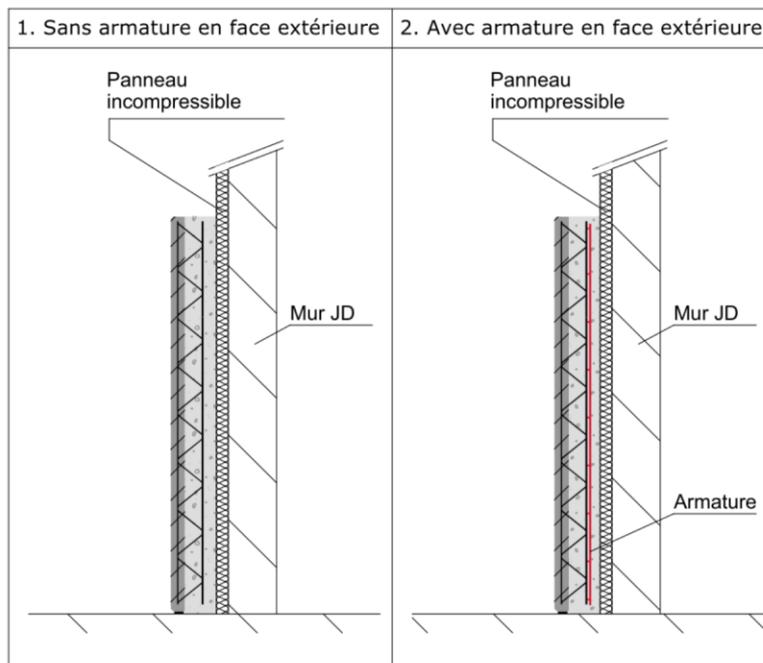


Figure 6 - Mur de joint de dilatation avec ou sans ferrailage en deuxième face

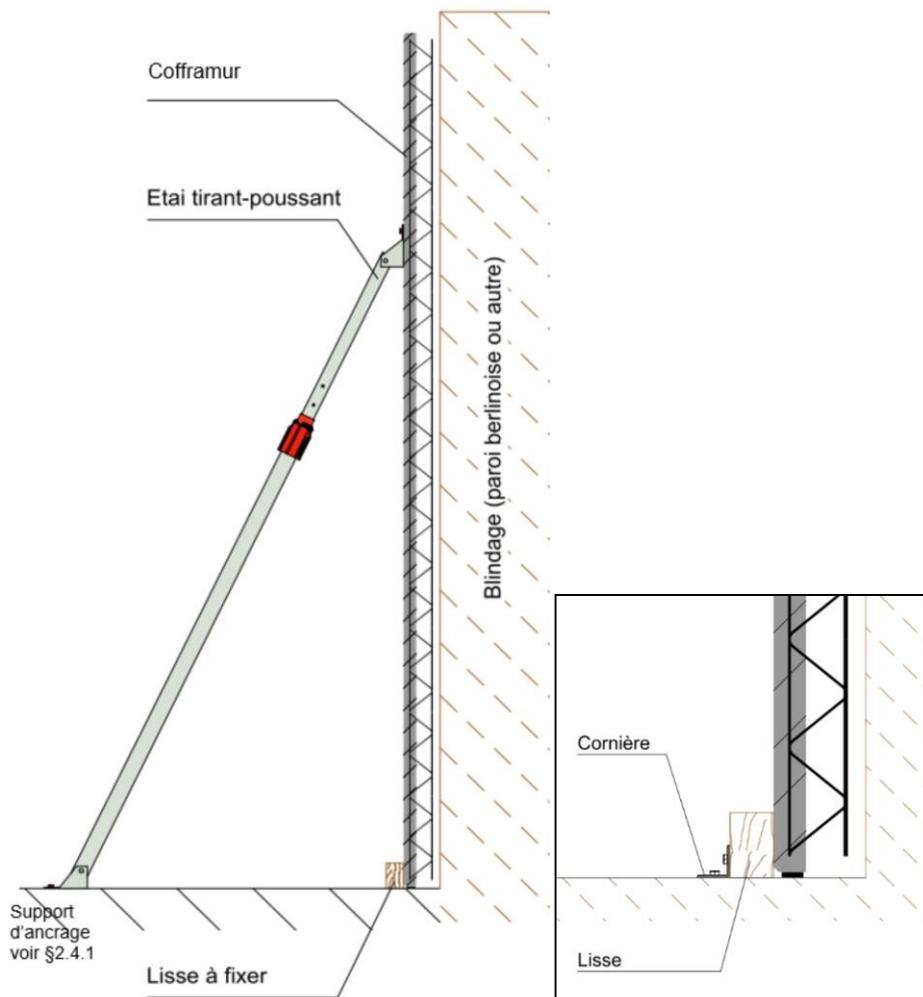


Figure 7 - Mur en infrastructure

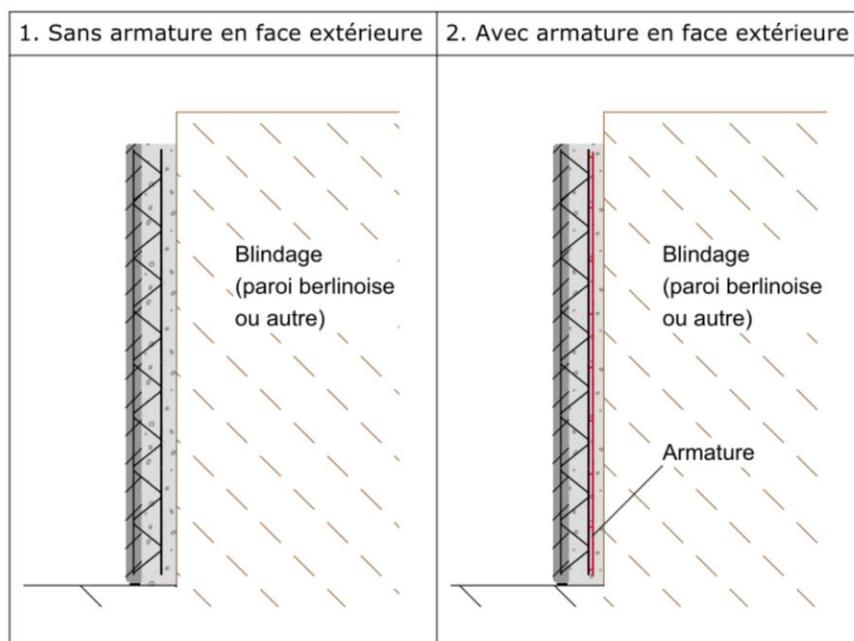


Figure 8 - Mur en infrastructure avec ou sans ferrailage en deuxième face

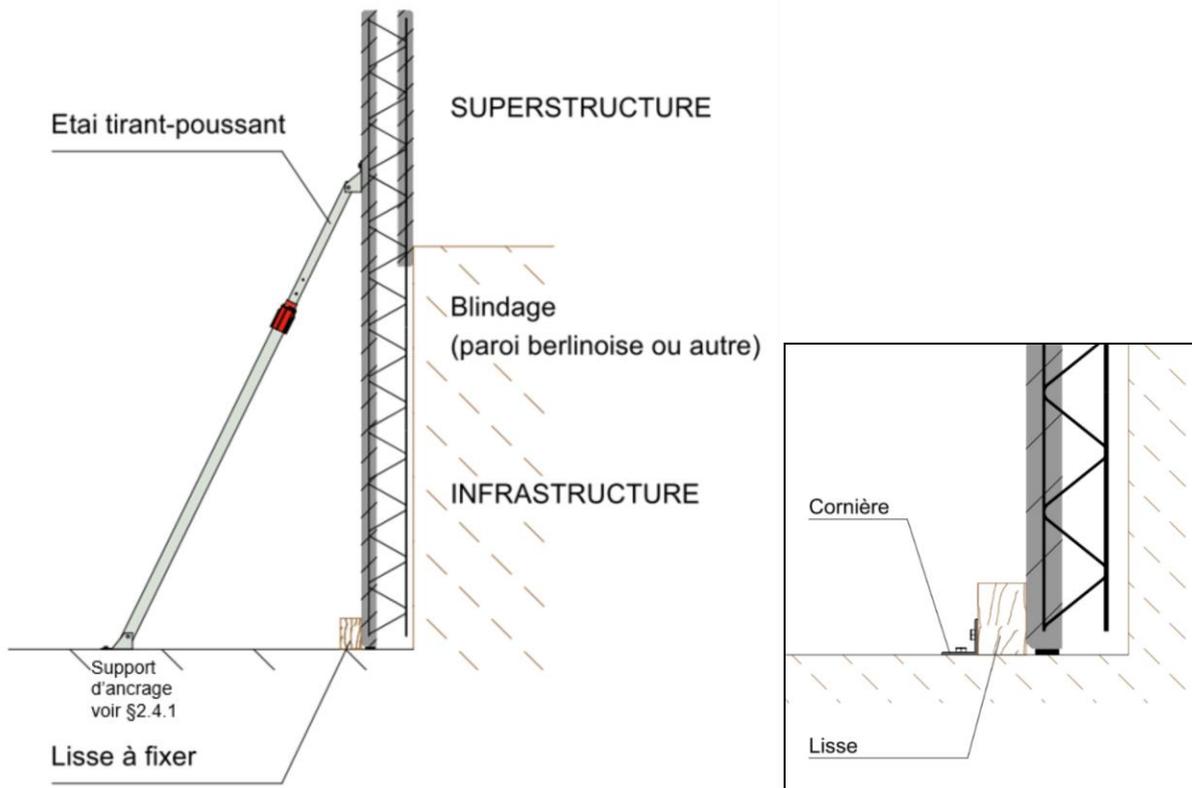


Figure 9 - Mur mixte

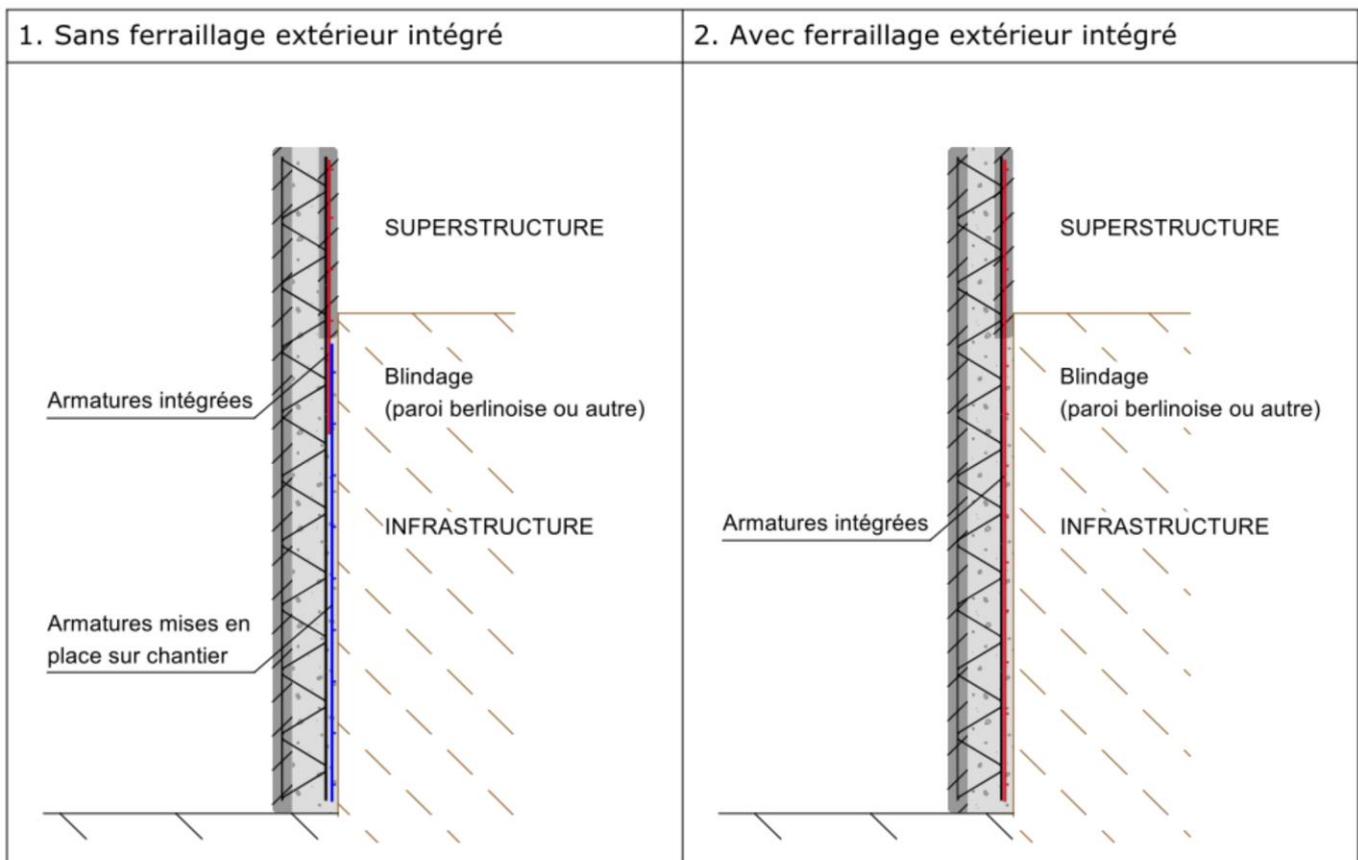


Figure 10 - Mur mixte avec ou sans ferrailage en deuxième face

Annexe 3 : Détail / Position des aciers

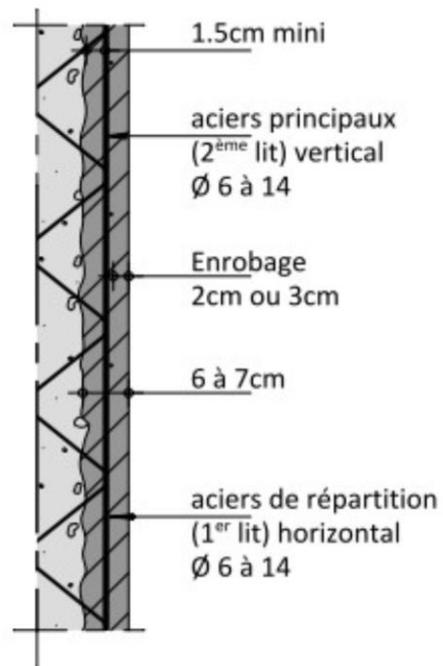
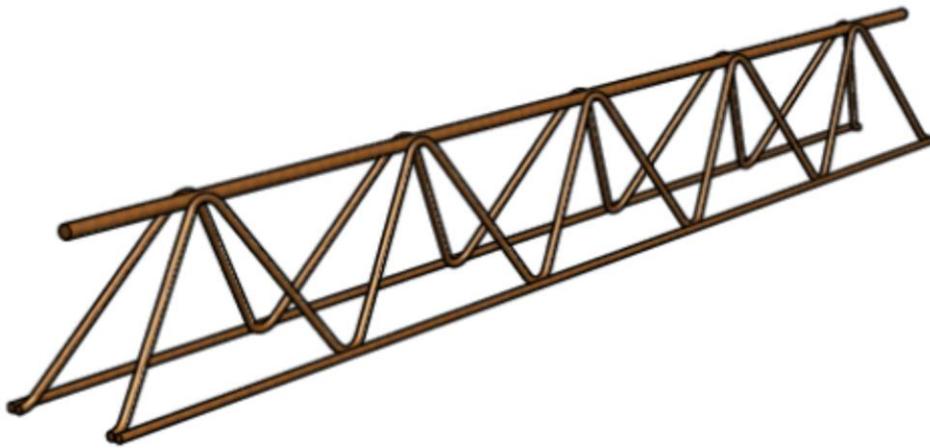


Figure 11 - Position des aciers

Annexe 4 : Treillis raidisseurs



Treillis raidisseur standard : Type KT800 de BDW ou équivalent. Hauteur variable de 7 à 30 cm et largeur de 7 à 9 cm

Figure 12 - Treillis raidisseurs

Annexe 5 : Plan et positionnement de la boucle de levage

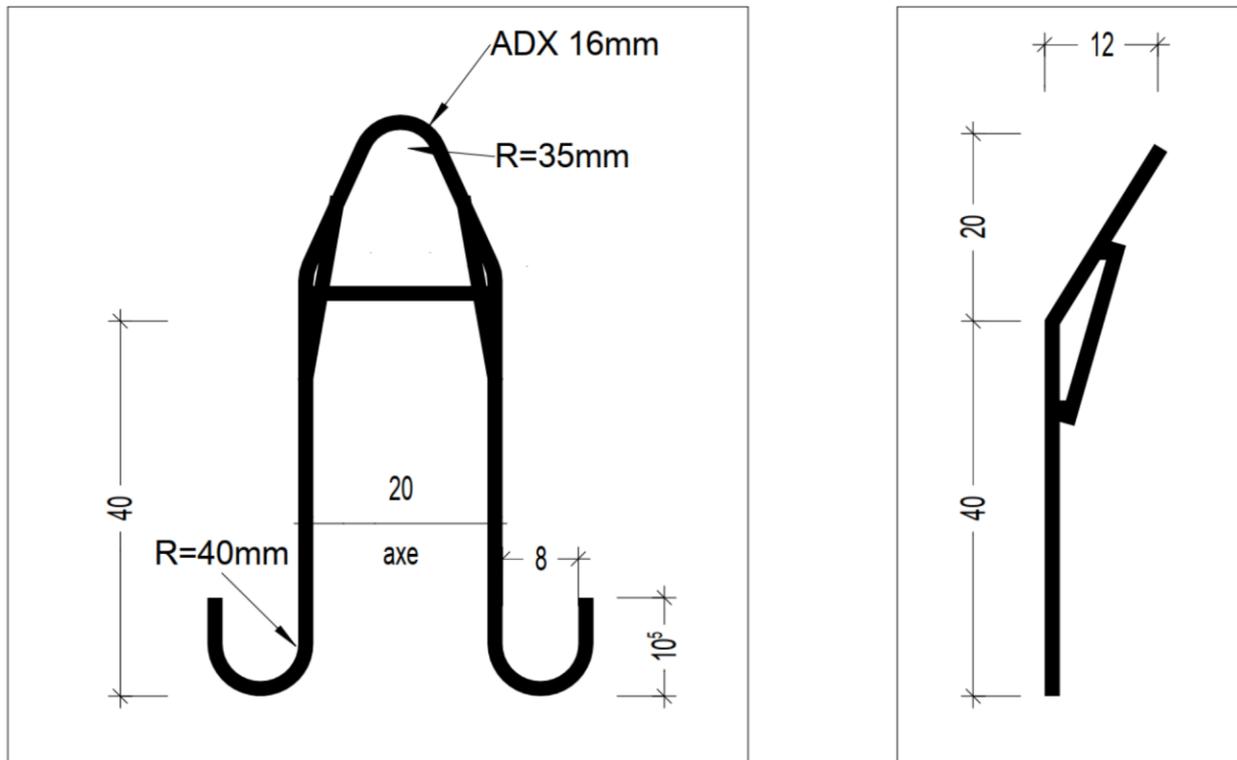
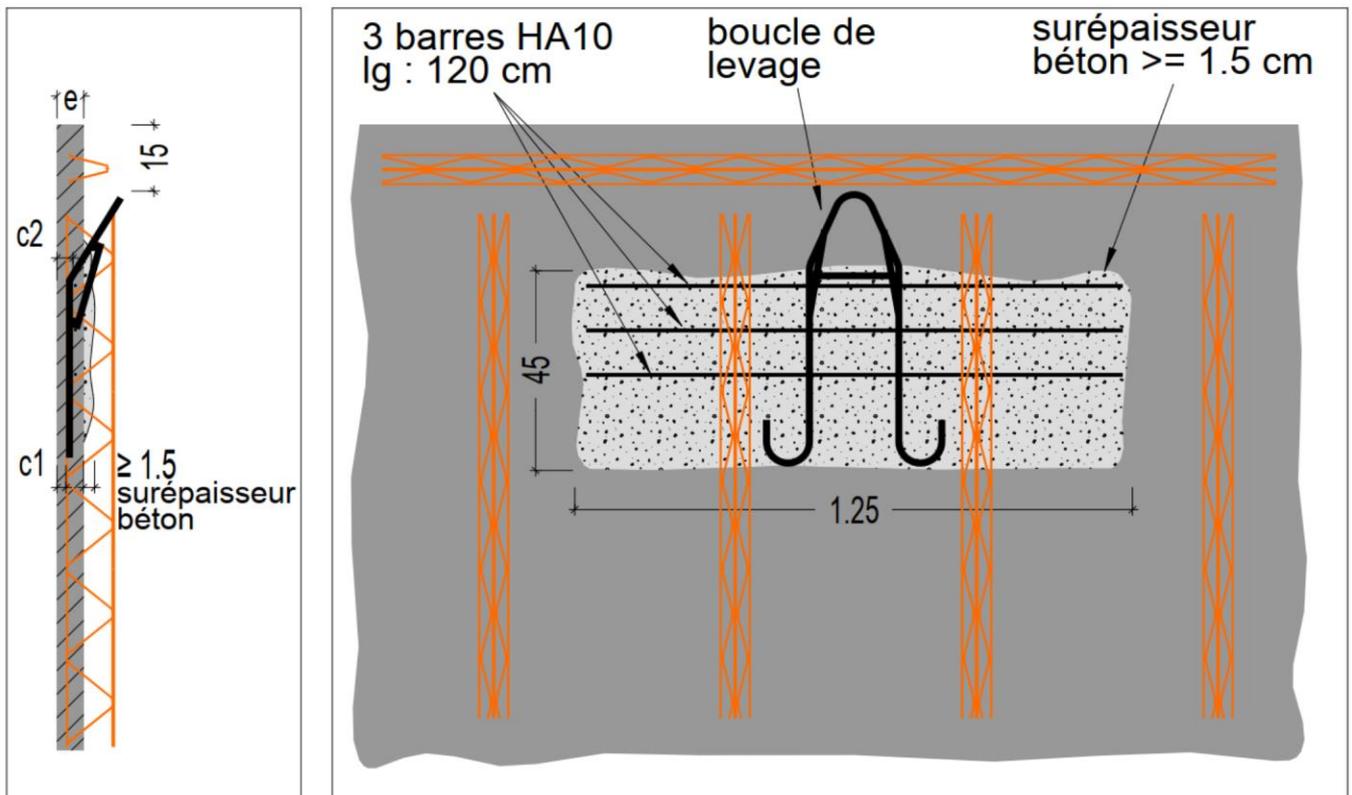
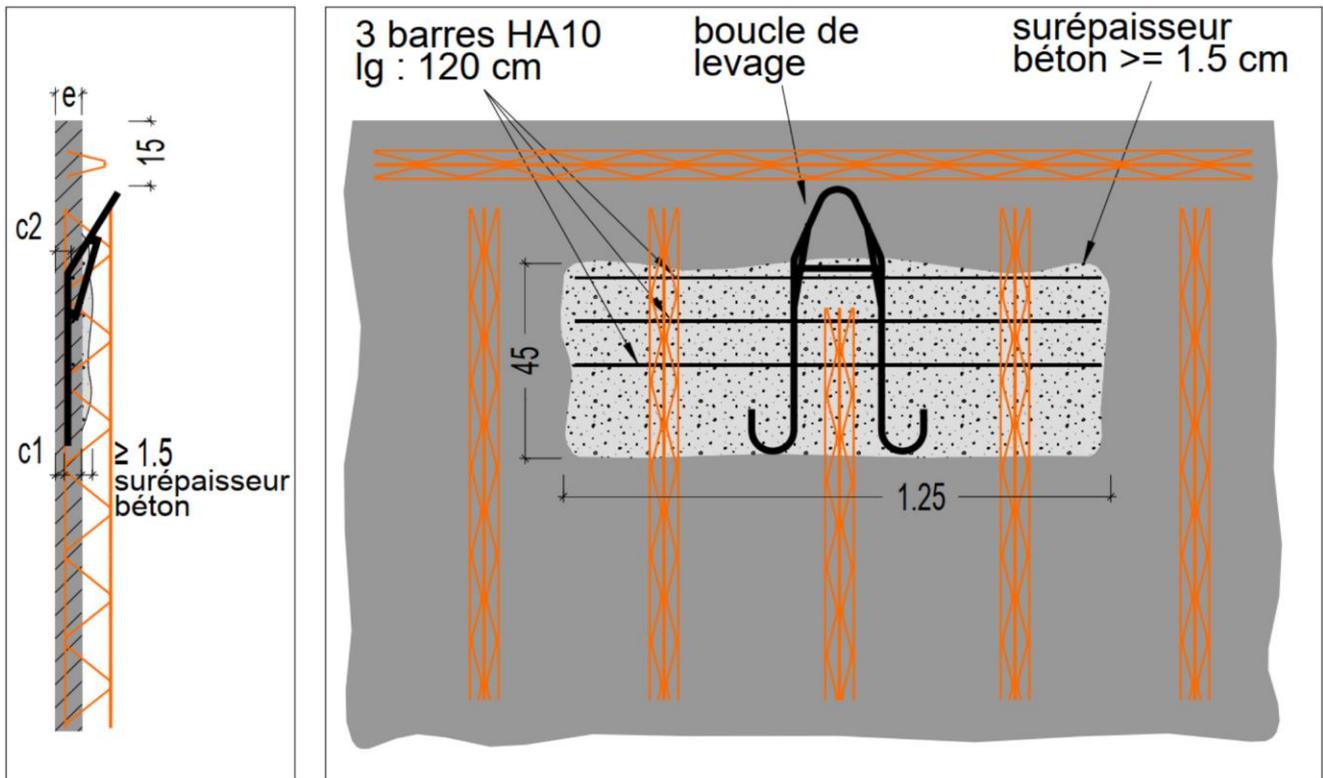


Figure 13 - Plan de la boucle de levage



Si $c1 = 20\text{mm}$ $c2 = 36\text{mm}$ $e \geq 60\text{mm}$; si $c1 = 30\text{mm}$ $c2 = 46\text{mm}$ $e \geq 70\text{mm}$

Figure 14 - Positionnement de la boucle de levage avec un Espacement treillis raidisseur 50 cm



Si $c1 = 20\text{mm}$ $c2 = 36\text{mm}$ $e \geq 60\text{mm}$; si $c1 = 30\text{mm}$ $c2 = 46\text{mm}$ $e \geq 70\text{mm}$

Figure 15 - Positionnement de la boucle de levage avec un Espacement treillis raidisseur < 50 cm

Annexe 6 : Douilles métalliques

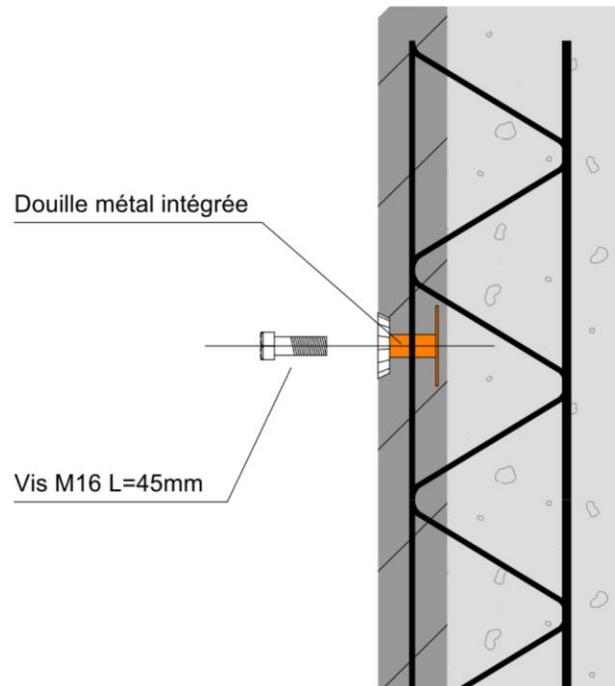


Figure 16 - Douilles métalliques

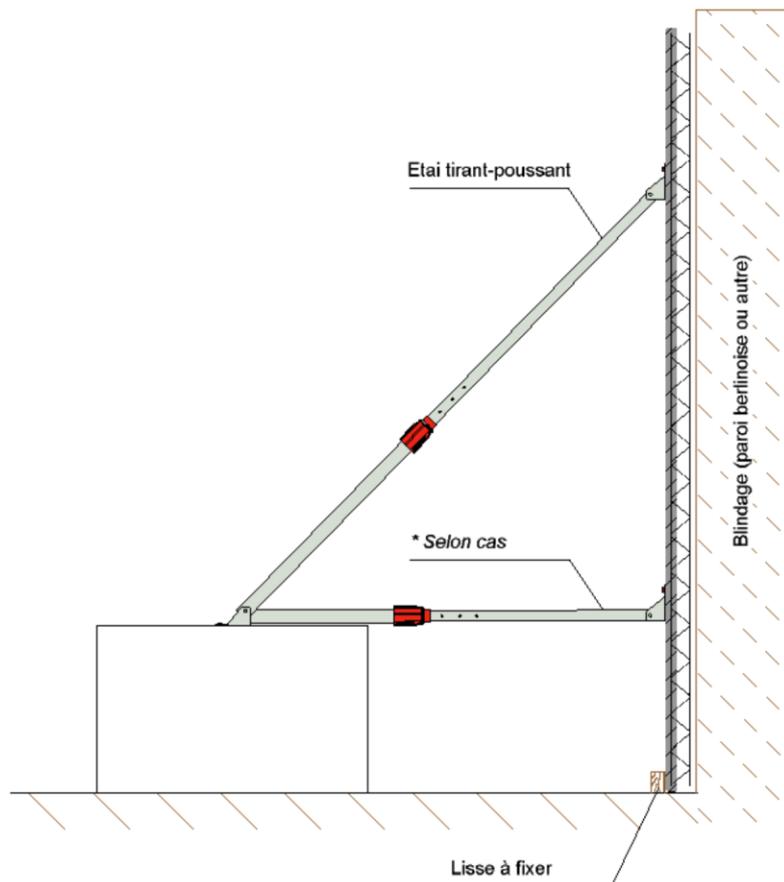


Figure 17 - Principe d'étaielement

*Si hauteur du COFFRAMUR > 4.00m

Annexe 7 : Tableaux des caractéristiques des treillis raidisseurs

Désignation	Ø acier haut	Ø acier bas	Ø diagonale	Hauteur raidisseur (cm)	Moment résistant ultime (daN.m)		Tranchant résistant ultime (daN/m)		Poids (kg / ml)
					Esp. 50 cm	Esp. 33 cm	Esp. 50 cm	Esp. 33 cm	
807	8	5	5	7	248.3	287.9	988.1	1378.8	1.08
808	8	5	5	8	257	303	988.1	1378.8	1.10
809	8	5	5	9	264.7	318.2	988.1	1378.8	1.12
810	8	5	5	10	270.3	330.3	988.1	1378.8	1.14
811	8	5	5	11	276.9	342.4	988.1	1378.8	1.17
812	8	5	5	12	281.3	351.5	988.1	1378.8	1.19
813	8	5	5	13	286.8	363.6	988.1	1378.8	1.21
814	8	5	5	14	294.6	378.9	955.5	1333.3	1.24
815	8	5	5	15	302.2	393.9	923	1287.9	1.27
816	8	5	5	16	310	409.1	890.4	1242.4	1.29
817	8	5	5	17	317.7	424.2	857.8	1197.0	1.32
818	8	5	5	18	325.4	439.4	825.2	1151.5	1.35
819	8	5	5	19	333	451.5	790.5	1103.0	1.37
820	8	5	5	20	339.6	463.6	755.7	1054.5	1.40
821	8	5	5	21	348.4	478.8	723.2	1009.1	1.43
822	8	5	5	22	355	490.9	688.4	960.6	1.46
823	8	5	5	23	362.6	503	653.7	912.1	1.49
824	8	5	5	24	369.2	515.2	618.9	863.6	1.52
825	8	5	5	25	369.2	515.2	586.4	818.2	1.54
826	8	5	5	26	369.2	515.2	553.8	772.7	1.57

Tableau 1 - Treillis raidisseurs type 8/5/5

Désignation	Ø acier haut	Ø acier bas	Ø diagonale	Hauteur raidisseur (cm)	Moment résistant ultime (daN.m)		Tranchant résistant ultime (daN/m)		Poids (kg / ml)
					Esp. 50 cm	Esp. 33 cm	Esp. 50cm	Esp. 33 cm	
807	10	6	6	7	417.5	560.6	1411.6	1969.7	1.61
808	10	6	6	8	426.3	575.8	1411.6	1969.7	1.64
809	10	6	6	9	434	590.9	1411.6	1969.7	1.66
810	10	6	6	10	442.8	606.1	1411.6	1969.7	1.70
811	10	6	6	11	450.4	621.2	1411.6	1969.7	1.73
812	10	6	6	12	453.8	630.3	1411.6	1969.7	1.76
813	10	6	6	13	456.1	636.4	1411.6	1969.7	1.80
814	10	6	6	14	456.1	636.4	1411.6	1969.7	1.83
815	10	6	6	15	456.1	636.4	1411.6	1969.7	1.87
816	10	6	6	16	456.1	636.4	1411.6	1969.7	1.90
817	10	6	6	17	456.1	636.4	1411.6	1969.7	1.94
818	10	6	6	18	456.1	636.4	1411.6	1969.7	1.98
819	10	6	6	19	456.1	636.4	1411.6	1969.7	2.02
820	10	6	6	20	456.1	636.4	1411.6	1969.7	2.07
821	10	6	6	21	456.1	636.4	1324.8	1848.5	2.11
822	10	6	6	22	456.1	636.4	1237.9	1727.3	2.15
823	10	6	6	23	456.1	636.4	1151	1606.1	2.19
824	10	6	6	24	456.1	636.4	1064.1	1484.8	2.23
825	10	6	6	25	456.1	636.4	988.1	1378.8	2.27
826	10	6	6	26	456.1	636.4	912.1	1272.7	2.32
827	10	6	6	27	456.1	636.4	803.6	1121.2	2.36
828	10	6	6	28	456.1	636.4	694.9	969.7	2.40
829	10	6	6	29	456.1	636.4	586.4	818.2	2.44
830	10	6	6	30	456.1	636.4	477.8	666.7	2.49

Tableau 2 - Treillis raidisseur type 10/6/6

Désignation	Ø acier haut	Ø acier bas	Ø diagonale	Hauteur raidisseur (cm)	Moment résistant ultime (daN.m)		Tranchant résistant ultime (daN/m)		Poids (kg / ml)
					Esp. 50 cm	Esp. 33 cm	Esp. 50 cm	Esp. 33 cm	
807	12	6	6	7	434.3	606.1	1411.6	1969.7	1.87
808	12	6	6	8	488.6	681.8	1411.6	1969.7	1.90
809	12	6	6	9	543	757.6	1411.6	1969.7	1.93
810	12	6	6	10	597.2	833.3	1411.6	1969.7	1.96
811	12	6	6	11	651.5	909.1	1411.6	1969.7	1.99
812	12	6	7	12	705.8	984.8	988.1	1378.8	2.28
813	12	6	7	13	760.1	1060.6	1520.2	2121.2	2.33
814	12	6	7	14	814.4	1136.4	1520.2	2121.2	2.38
815	12	6	7	15	868.7	1212.1	1520.2	2121.2	2.43
816	12	6	7	16	890.3	1242.2	1520.2	2121.2	2.48
817	12	6	7	17	912.1	1272.7	1520.2	2121.2	2.53
818	12	6	7	18	933.8	1303.0	1520.2	2121.2	2.59
819	12	6	7	19	955.5	1333.3	1520.2	2121.2	2.64
824	12	6	7	24	955.5	1333.3	1170.5	1633.3	2.94

Tableau 3 - Treillis raidisseur type 12/6/6 et 12/7/6

Désignation	Ø acier haut	Ø acier bas	Ø diagonale	Hauteur raidisseur (cm)	Moment résistant ultime (daN.m)		Tranchant résistant ultime (daN/m)		Poids (kg / ml)
					Esp. 50 cm	Esp. 33 cm	Esp. 50 cm	Esp. 33 cm	
807	14	6	7	7	566.8	790.9	1520.2	2121.2	2.38
808	14	6	7	8	636.3	887.9	1520.2	2121.2	2.42
809	14	6	7	9	705.8	984.8	1520.2	2121.2	2.46
810	14	6	7	10	768.8	1072.7	1520.2	2121.2	2.50
811	14	6	7	11	833.9	1163.6	1520.2	2121.2	2.55
812	14	6	7	12	899.1	1254.5	1520.2	2121.2	2.60
813	14	6	7	13	962	1342.4	1520.2	2121.2	2.65
814	14	6	7	14	1016.4	1418.2	1520.2	2121.2	2.70
815	14	6	7	15	1070.7	1493.9	1520.2	2121.2	2.75
816	14	6	7	16	1096.7	1530.3	1520.2	2121.2	2.80
817	14	6	7	17	1120.6	1563.6	1520.2	2121.2	2.86
818	14	6	7	18	1146.7	1600	1520.2	2121.2	2.91

Tableau 4 - Treillis raidisseur type 14/7/6

Désignation	Ø acier haut	Ø acier bas	Ø diagonale	Hauteur raidisseur (cm)	Moment résistant ultime (daN.m)		Tranchant résistant ultime (daN/m)		Poids (kg / ml)
					Esp. 50 cm	Esp. 33 cm	Esp. 50 cm	Esp. 33 cm	
807	16	6	7	7	716.7	1000	1520.2	2121.2	2.75
808	16	6	7	8	803.6	1121.2	1520.2	2121.2	2.79
809	16	6	7	9	890.4	1242.4	1520.2	2121.2	2.83
810	16	6	7	10	966.4	1348.5	1520.2	2121.2	2.87
811	16	6	7	11	1042.4	1454.5	1520.2	2121.2	2.92
812	16	6	7	12	1118.4	1560.6	1520.2	2121.2	2.97
813	16	6	7	13	1194.5	1666.7	1520.2	2121.2	3.02
814	16	6	7	14	1248.7	1742.4	1520.2	2121.2	3.07
815	16	6	7	15	1303	1818.2	1520.2	2121.2	3.12
816	16	6	7	16	1331.3	1857.6	1520.2	2121.2	3.17
817	16	6	7	17	1361.7	1900	1520.2	2121.2	3.23
818	16	6	7	18	1389.9	1939.4	1520.2	2121.2	3.28

Tableau 5 - Treillis raidisseur type 16/7/6

Annexe 8 : Types de liaisons

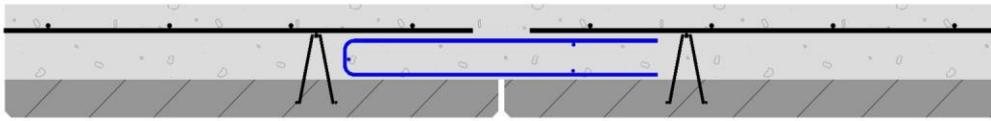
8.1 Liaisons verticales droites entre panneaux avec aciers 2^e face mis en usine

Figure 18 - Liaison articulée

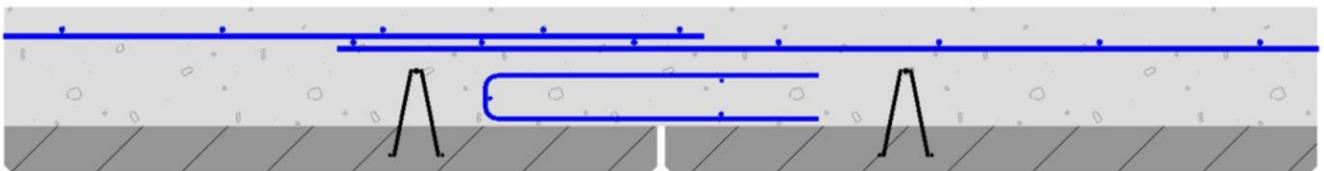
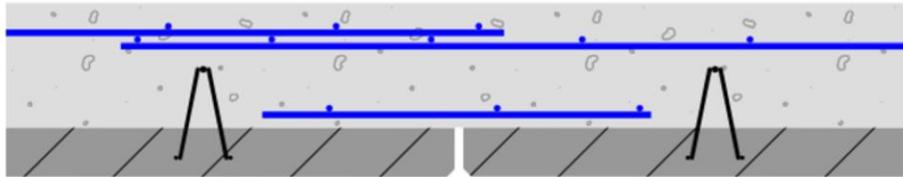
8.2 Liaisons verticales droites entre panneaux avec aciers 2^e face mis sur chantier

Figure 19 - Liaisons articulées

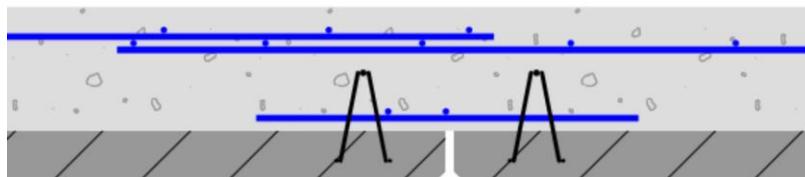


Figure 20 - Liaison couturée

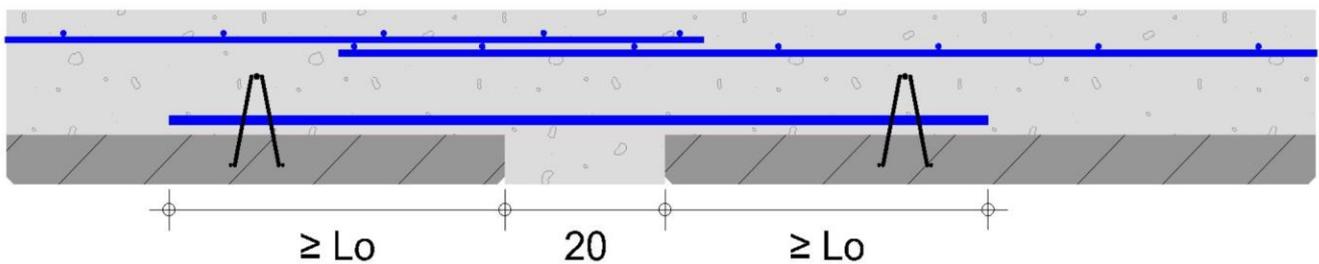


Figure 21 - Liaison encastrée

8.3 Liaisons d'angles avec aciers 2^e face mis en usine

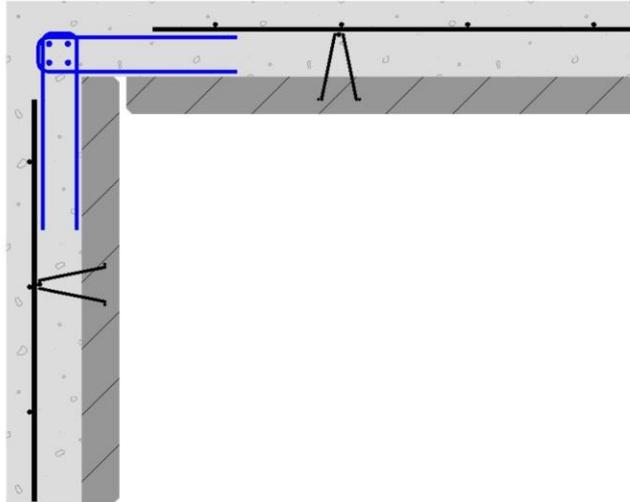


Figure 22 - Liaison articulée

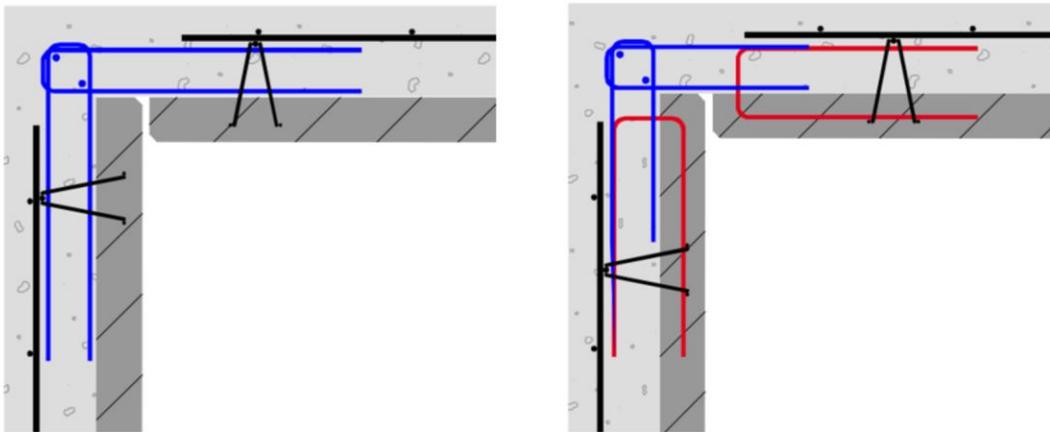


Figure 23 - Liaisons couturées

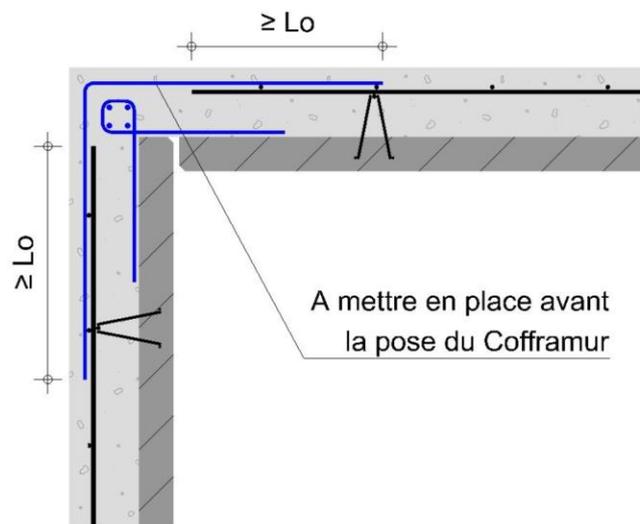


Figure 24 - Liaison encastrée côté extérieur

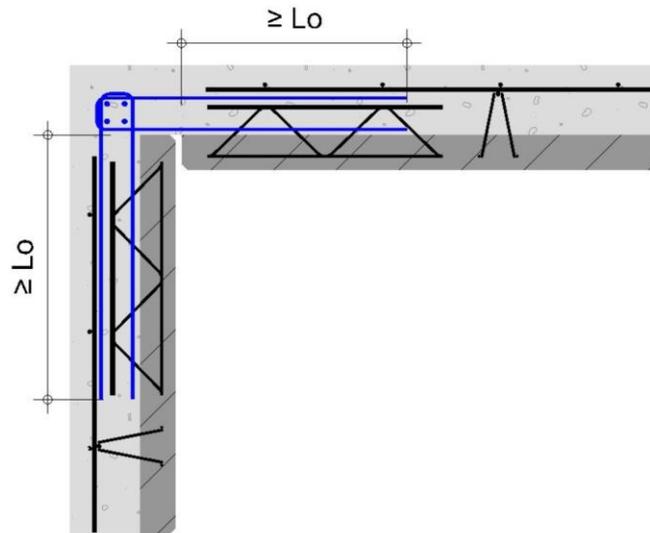


Figure 25 - Liaison encastrée côté intérieur

8.4 Liaisons d'angles avec aciers 2^e face mis sur chantier

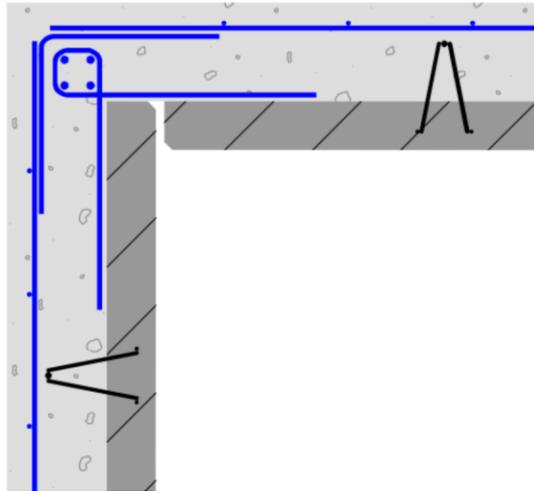


Figure 26 - Liaison articulée

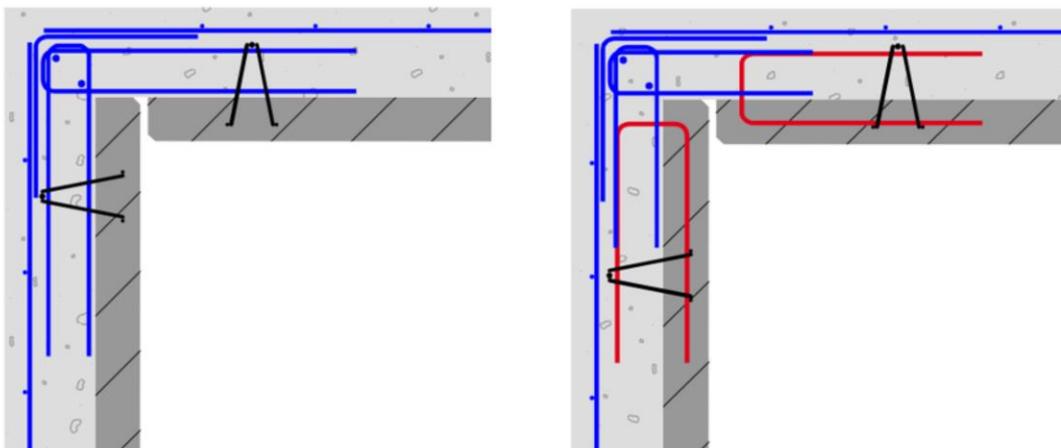


Figure 27 - Liaisons couturées

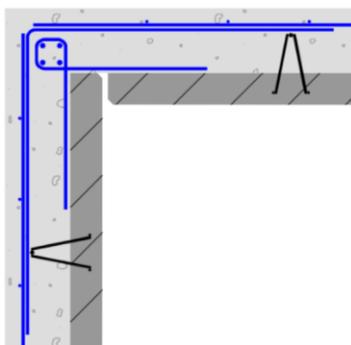


Figure 28 - Liaison encastrée côté extérieur

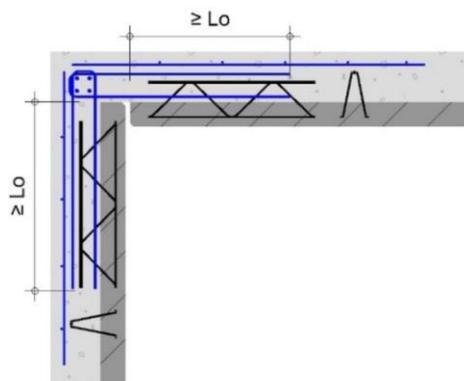


Figure 29 - Liaison encastrée côté intérieur

8.5 Liaisons d'angles biaisés

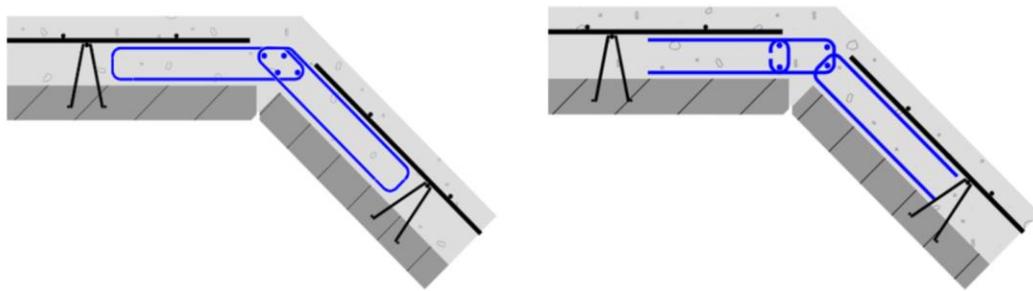


Figure 30 - Liaisons articulées

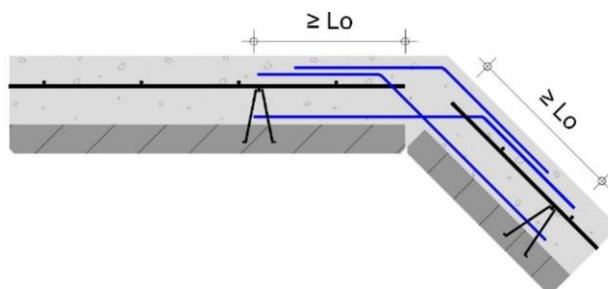


Figure 31 - Liaison encastrée

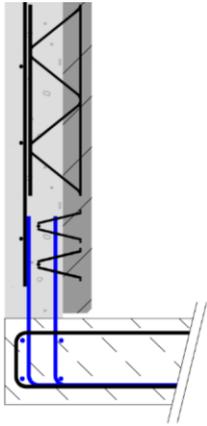
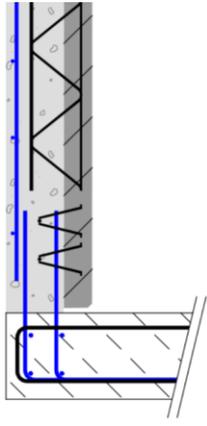
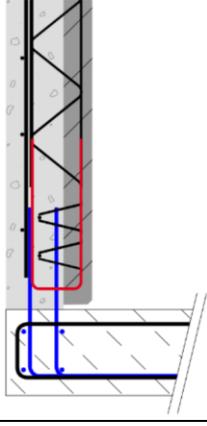
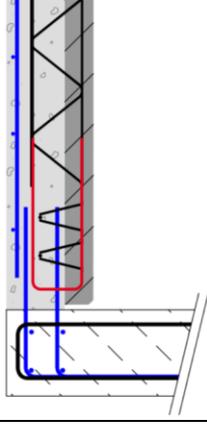
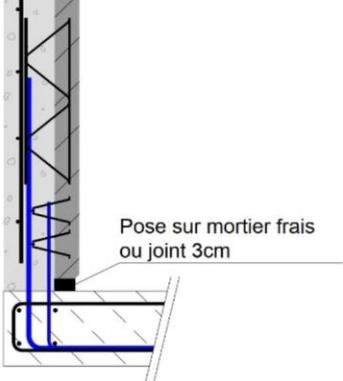
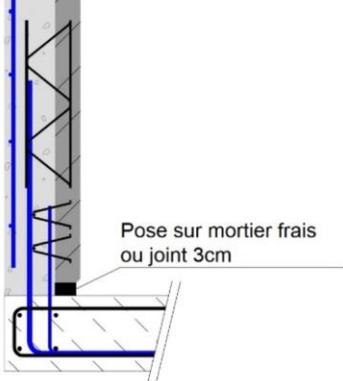
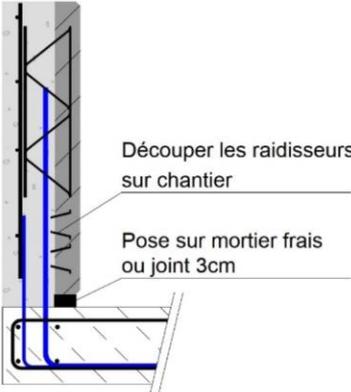
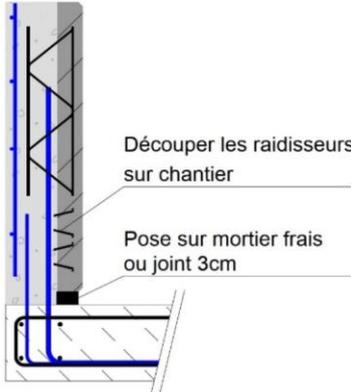
	Avec aciers 2 ^e face mis en usine	Avec aciers 2 ^e face mis sur chantier
Liaison articulée		
Liaison couturée		
Liaison encastrée côté extérieur	 <p>Pose sur mortier frais ou joint 3cm</p>	 <p>Pose sur mortier frais ou joint 3cm</p>
Liaison encastrée côté intérieur	 <p>Découper les raidisseurs sur chantier</p> <p>Pose sur mortier frais ou joint 3cm</p>	 <p>Découper les raidisseurs sur chantier</p> <p>Pose sur mortier frais ou joint 3cm</p>

Figure 32 - Liaisons en pied

8.7 Liaisons horizontales

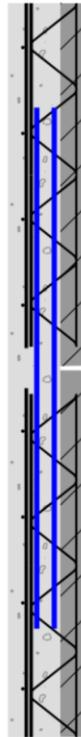


Figure 33 - Liaison encastrée avec aciers 2^e face mis en usine

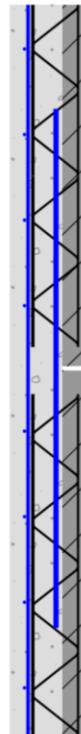
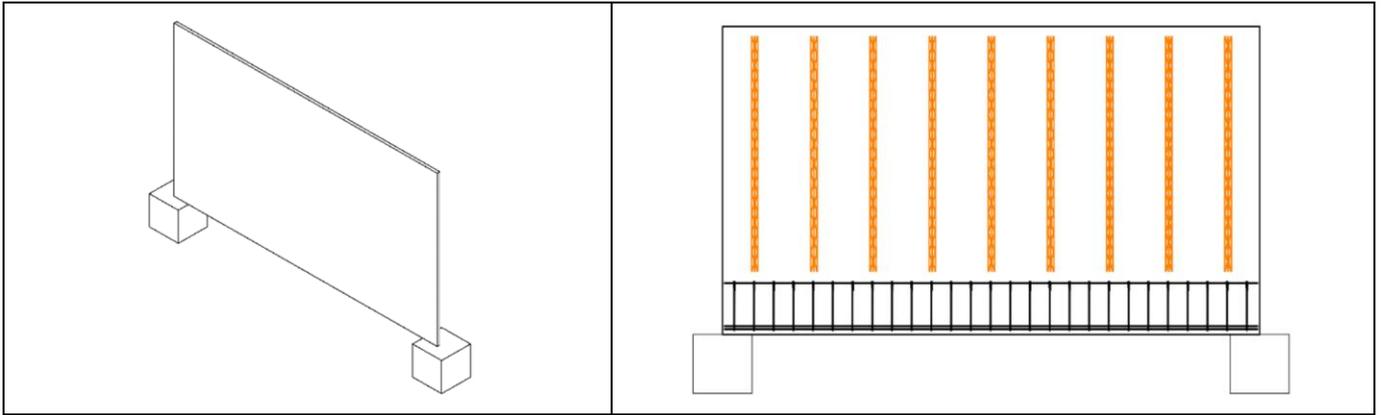
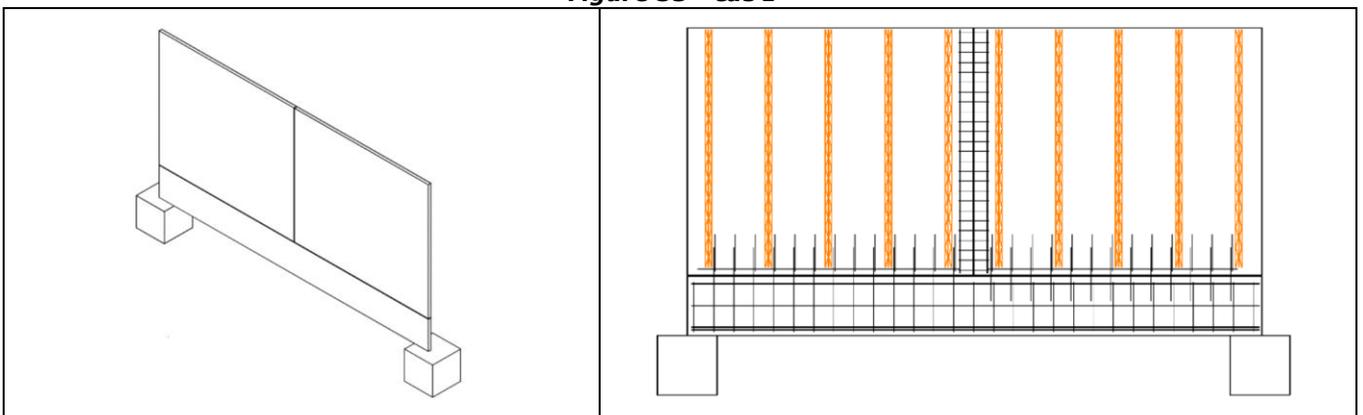


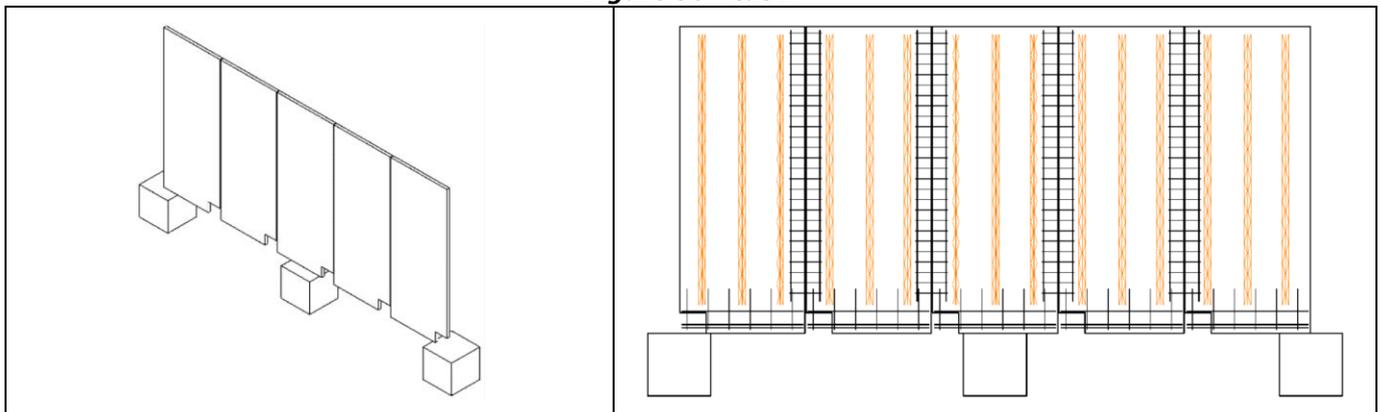
Figure 34 - Liaison encastrée avec aciers 2^e face sur chantier

Annexe 9 : Poutre voile

- Poutre voile réalisée en un seul tenant, avec intégration complète du tirant dans la partie structurelle
- Cette solution ne nécessite pas de vérifications particulières étant donné l'absence de joints hormis la vérification du déversement si nécessaire

Figure 35 - Cas 1

- Poutre voile en plusieurs parties
- La zone du tirant est réalisée de manière traditionnelle ou à l'aide d'une pièce préfabriquée, la zone supérieure est constituée de COFFRAMUR
- Ce type de configuration nécessite la vérification de la résistance des joints à l'effort tranchant

Figure 36 - Cas 2

- Poutre voile réalisée entièrement en COFFRAMUR avec continuité sur une ou plusieurs travées.
- Les tirants de la poutre voile sont intégrés en partie inférieure et supérieure des parties structurelles, et éclissés au droit des joints.
- Une lumière en partie basse permet d'éclisser les filants inférieurs au droit des joints.
- Ce type de configuration nécessite la vérification de la résistance des joints à l'effort tranchant.

Variante :

- le tirant supérieur peut être disposé entièrement dans la partie coulée en place (dalle,...) ;
- le tirant inférieur peut être disposé dans un élément préfabriqué ou dans une dalle.

Figure 37 - Cas 3

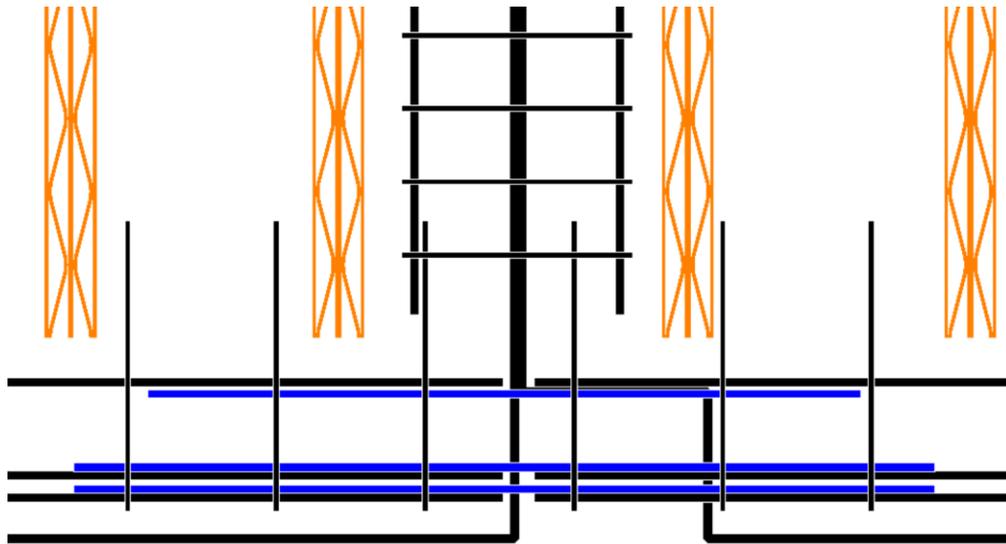


Figure 38 - Principe d'éclissage du tirant

Annexe 10 : Principe de calcul des efforts résistants des joints entre COFFRAMUR

Les liaisons entre murs à coffrage intégré une face COFFRAMUR doivent être conçues de façon à ce que le monolithisme de la section soit assuré. Cette hypothèse est considérée comme vérifiée si l'inégalité suivante est réalisée :

$$V_{Edi} \leq V_{Rdi}$$

Avec : V_{Edi} : effort tranchant sollicitant maximal à l'ELU (§1 ci-après)

V_{Rdi} : effort tranchant résistant du joint (§2 ci-après)

La vérification du monolithisme décrite dans cette annexe ne dispense pas de la vérification au cisaillement du mur continu équivalent (mur banché sans joint lié à la préfabrication).

De même, la section des armatures de liaison doit être au moins égale à la section minimale prescrite pour les éléments continus équivalents et leurs longueurs doivent être suffisantes pour assurer le recouvrement avec les armatures intégrées dans les peaux coffrantes.

1. Détermination des efforts sollicitants

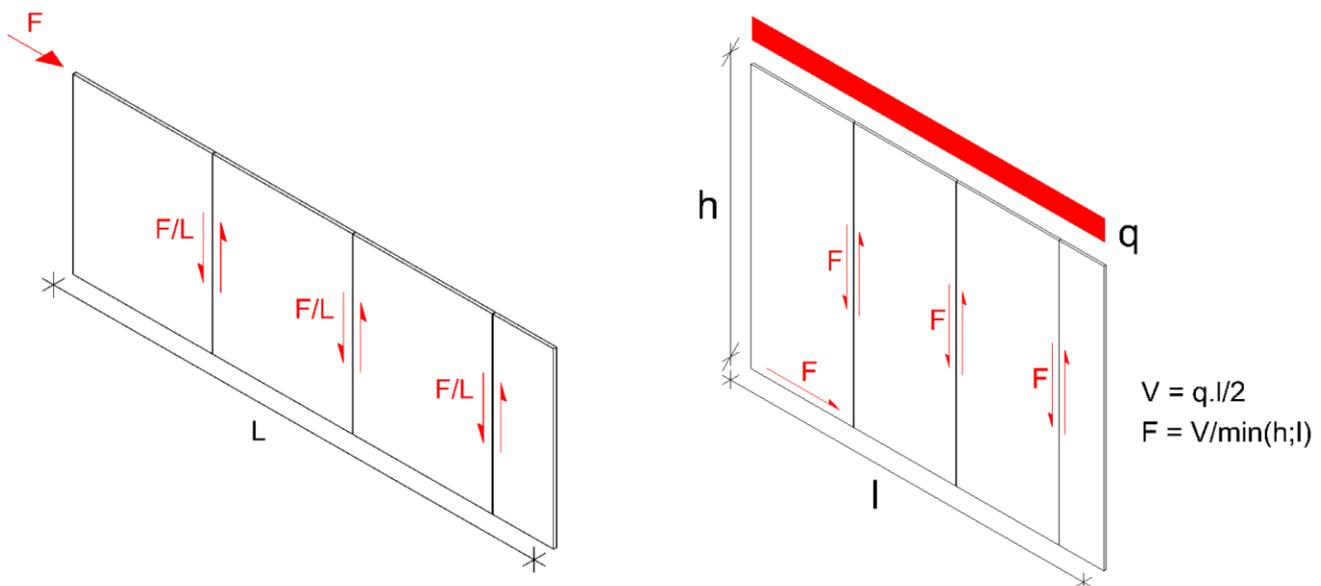


Figure 39 - Schémas des efforts sollicitants

$$V_{Edi} = F = \frac{V}{\min(h;l)} \quad \text{avec } V = V_{max} = \frac{q.l}{2}$$

2. Détermination des efforts résistants

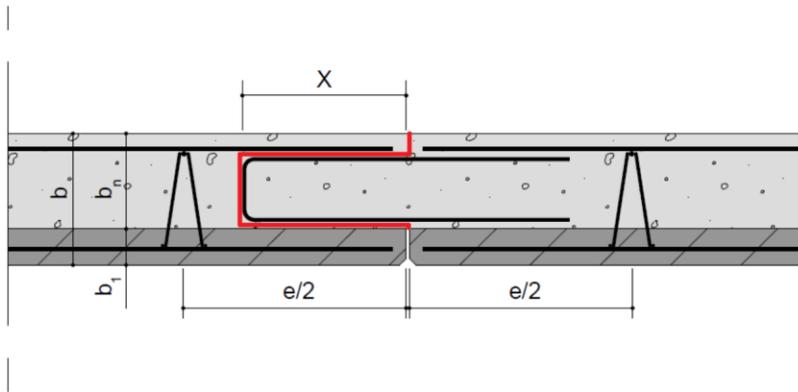
Dans ce qui suit, les vérifications au cisaillement sont réalisées en considérant les hypothèses suivantes :

- Dans le cas général, la valeur du cisaillement sollicitant est déterminée en considérant la valeur maximale de l'effort tranchant, indépendamment de la position du joint. En conséquence, la valeur sollicitante de cisaillement au niveau des joints de poutres-voile est donc majorée ;
- Les valeurs de c et μ considérées correspondent au cas d'une surface de reprise type « lisse » au sens de la norme NF EN 1992-1-1 §6.2.5 avec la minoration suivante : $c = c_{E2-lisse} / 1.1$ ($\mu = \mu_{E2-lisse}$).

Note : « surface lisse » est utilisée ici selon le 1.3.2 Nota 1 du Cahier CSTB 3690_V2.

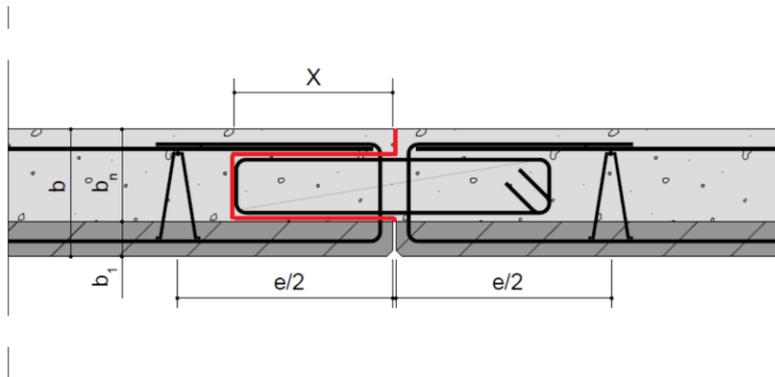
Dans le cas le plus courant où les armatures de couture sont réalisées avec des U aux abouts et que les sections d'aciers sont donc identiques sur les deux plans de couture, les efforts résistants sont déterminés selon le 1.1.1.8 d) du Cahier CSTB 3690_V2.

3. Exemples de liaisons



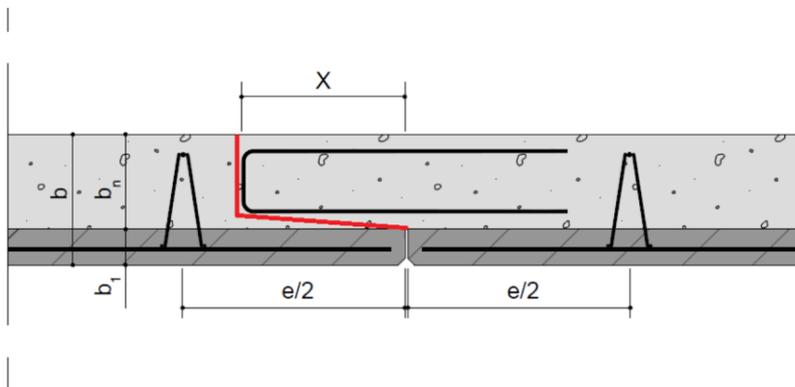
$$V_{Rdi} = \left[c \cdot \frac{f_{t,n}}{\gamma_c} \cdot 2x + \mu \cdot \sigma_n \cdot 2x \right] \cdot l$$

Figure 40 - Cas de liaison sans couture aux abouts (incompatible avec une utilisation en poutre voile)



$$V_{Rdi} = \left[c \cdot \frac{f_{t,n}}{\gamma_c} \cdot 2x + \mu \left(\sigma_n + \rho \cdot \frac{f_e}{\gamma_s} \right) \cdot 2x \right] \cdot l$$

Figure 41 - Cas de liaison avec couture aux abouts



$$V_{Rdi} = \left[c \cdot \frac{f_{t,n}}{\gamma_c} \cdot x + \mu \cdot \sigma_n \cdot x \right] \cdot l$$

Figure 42 - Cas de liaison sans couture aux abouts (cas incompatible avec une utilisation en poutre-voile) – avec noyau non armé côté extérieur

Annexe 11 : Equivalence entre treillis raidisseurs et armatures en U ou épingles

Le tableau d'équivalence proposé ci-dessous est basé sur les critères suivants :

La section d'armature équivalente définie dans le tableau est issue du calcul de l'effort résistant au niveau du plan de cisaillement oblique.

$$A_s = \frac{4 \cdot F_s \cdot \left(\frac{\sin \alpha \cdot \sin \beta}{s_t} \right)}{f_{yk}}$$

$F_s = \min(A_{raid,Di} \cdot R_{e,Di} ; F_w)$: effort résistant au niveau du plan de cisaillement oblique

$R_{e,Di}$: limite apparente d'élasticité de la diagonale du treillis raidisseur

$A_{raid,Di}$: section de la diagonale du treillis raidisseur

F_w : résistance garantie de la soudure des sinusoides sur les armatures longitudinales du treillis raidisseur

f_{yk} : limite caractéristique d'élasticité de l'acier des épingles

α : angle d'inclinaison des diagonales dans le plan longitudinal

β : angle d'inclinaison des diagonales dans le plan transversal

Largeur de la partie structurale	Type de treillis raidisseur	Section cm ² /ml	Equivalent espacement armatures classiques en cm		
			Ø 6	Ø 8	Ø 10
15	KT811 8-5-5	2.77	11	19	29
18	KT813 8-5-5	3.00	10	17	27
20	KT815 8-5-5	3.18	9	16	25
25	KT820 8-5-5	3.45	9	15	23
30	KT825 8-6-5	3.61	8	14	22
35	KT830 8-6-5	3.70	8	14	22

Tableau 6 - Tableau d'équivalence

Nota : les types de treillis raidisseur en fonction des épaisseurs de murs sont donnés à titre indicatif. Elles sont sujettes à variation en fonction des enrobages des aciers du COFFRAMUR.

Ces valeurs sont mobilisables pour un enrobage minimal de 1,5 cm conformément aux éléments décrits dans la documentation allemande de BDW.

FIN DES ANNEXES