DTA
DOCUMENT TECHNIQUE D'APPLICATION

3.2/19-1002_V4

Valide du **13 août 2026**

au **13 août 2033**

Sur le procédé

BERLIMUR

Famille de produit/Procédé : Mur à coffrage intégré

Titulaire(s) : Société SPURGIN LEONHART

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

COMMISSION CHARGÉE DE FORMULER LES AVIS TECHNIQUES

Secrétariat : CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - email : secretariat.at@cstb.fr

www.ccfat.fr

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

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V4	Cette version, examinée le 30 juin 2026, annule et remplace l'Avis Technique n°3.2/19-1002_V3. Cette version intègre les modifications suivantes : • Modification de l'épaisseur nominale minimale des parois	JUNES Angel	BERNARDIN-EZRAN Roseline
V3	Cette version annule et remplace l'Avis Technique n°3.2/19-1002_V2. Cette 3ème version intègre les modifications suivantes : • Mise à jour de la trame ; • Modification de la résistance minimale du béton à la première manutention en usine pour les crochets BERLIMUR Ø16 mm : • Prise en compte de la présence d'une certification NF.	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.

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

Les panneaux sont destinés à la réalisation de parois porteuses ou non, complétés en œuvre par un système d'isolation thermique par un doublage intérieur isolant.

Les éléments de mur préfabriqués ont les dimensions suivantes :

- Epaisseur nominale du mur : de 16 cm à 50 cm ;
- Epaisseurs nominales des parois intérieures et extérieures : comprises entre 55 mm et 70 mm.

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 6
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. Mise sur le marché 9
2.1.3. Identification 9
2.2. Description 9
2.2.1. Principe 9
2.2.2. Caractéristiques des composants 9
2.3. Disposition de conception 11
2.3.1. Généralités 11
2.3.2. Famille de BERLIMUR 11
2.3.3. Dimensionnement en phase provisoire 12
2.3.4. Enrobage des armatures 13
2.3.5. Principes constructifs 13
2.3.6. Prescriptions particulières aux éléments sollicités dans leur plan 14
2.3.7. Prescriptions particulières aux éléments essentiellement sollicités perpendiculairement à leur plan 14
2.3.8. Sécurité au feu 14
2.3.9. Isolation thermique 14
2.3.10. Isolation acoustique 14
2.3.11. Traitement des parois et des joints 14
2.3.12. Prise en compte des effets du second ordre 15
2.3.13. Finitions et aspects 15
2.3.14. Types de liaisons 15
2.3.15. Dispositions parasismiques 16
2.3.16. Définition du plan d'étanchéité à l'aide de BERLIMUR 17
2.4. Disposition de mise en œuvre 17
2.4.1. Prescriptions concernant la manutention des panneaux 17
2.4.2. Prescriptions concernant le transport des panneaux 17
2.4.3. Prescriptions concernant le stockage des panneaux 17
2.4.4. Conditions de mise en œuvre 17
2.4.5. Bétonnage 18
2.5. Traitement en fin de vie 19
2.6. Assistance technique 19
2.7. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication 19
2.7.1. Fabrication 19
2.7.2. Contrôles de fabrication 20
2.7.3. Caractéristiques 20

2.8. Mention des justificatifs 20
2.8.1. Résultats Expérimentaux 20
2.8.2. Références chantiers 21
2.9. Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre 22

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

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.

Le procédé de mur à coffrage intégré une face BERLIMUR, est destiné à la réalisation de murs en infrastructures et superstructures de types : caves, parkings souterrains, galerie de liaison, silo, murs de soutènement, murs de bassins ou de piscines, d'ouvrages soumis à une pression hydrostatique, JD.

Le BERLIMUR est mis en place contre un support qui est soit un ouvrage de soutènement de type paroi berlinoise, soit un mur de joint de dilatation. Les limites de hauteur résultent de l'application des règles de dimensionnement, définies dans le Dossier Technique.

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

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 « BERLIMUR » 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.

Les actions dues à la température sont déterminées suivant la norme NF EN 1992-1-2 avec son Annexe Nationale NF EN 1992-1-2/NA. Les joints entre les « BERLIMUR » 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 NF EN 1990/NA.

1.2.1.3. Aptitude au levage

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

Ne sont pas visés au titre du présent Avis :

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

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

Le système permet de l'assurer normalement.

1.2.1.5. Isolation thermique

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

1.2.1.6. Isolation acoustique

A défaut de résultat expérimental, l'indice d'affaiblissement acoustique d'un mur peut être estimé à l'aide de l'annexe B de la norme NF EN 12354-1 appliqué à l'ensemble des peaux coffrantes et du béton coffré, considéré comme homogène de ce point de vue.

La présence de joints entre peaux coffrantes est considérée comme peu influente sur cet indice. L'estimation de la performance acoustique des bâtiments intégrant ce type de procédé pourra aussi s'appuyer sur la série de normes NF EN 12354 - 1 à 6.

1.2.1.7. 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...).

1.2.1.8. 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.

1.2.1.9. Confort d'été

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

1.2.1.10. 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 Techniques ci-après. Il ne peut être cependant totalement exclu que, malgré la présence nécessaire d'aciers de liaison, de fines fissures, sans autre inconvénient que leur aspect, se manifestent au droit de certains joints entre panneaux de coffrage non revêtus. En cas d'absence d'aciers de liaison dans les jonctions intérieures, une fissuration du mur au droit des joints est probable.

1.2.1.11. Aspects sanitaires

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

1.2.2. Durabilité

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

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'étude, 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.

Le Groupe attire l'attention sur la nécessité d'un positionnement correct de la surépaisseur au droit des inserts de levage afin que celle-ci soit efficace.

Concernant le système de levage intégré, le Groupe tient à préciser que l'Avis intègre l'utilisation des inserts de levage des murs dans des conditions d'épaisseurs définies dans le Dossier Technique. Les capacités portantes des inserts de levage sont déterminées à partir d'essais réalisés suivant le protocole CSTB en date du 11/6/2012, Conformément à ce protocole, les rapports d'essais portant sur le cas de figure le plus défavorable sont établis par un organisme indépendant du demandeur (extérieur au demandeur) qui atteste de la fiabilité des informations.

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 règlementation 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.

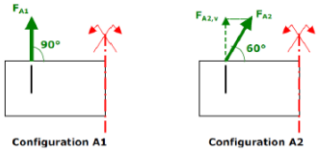
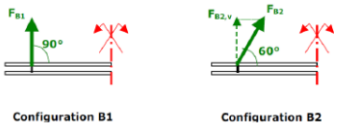
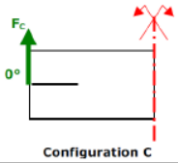
1.4. Annexe de l'Avis du Groupe Spécialisé

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

Sur la base des essais de qualification fournis par SPURGIN LEONHART, 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.

Tableau 1 - Vérification de la résistance des boucles au levage

Situation de levage	Levage en position verticale (1)	Levage à plat	Retournement
Vérification	$CMU1 \geq \frac{(pA+Q)\gamma_{ed}\gamma_{pp}}{n_b}$	$CMU2 \geq \frac{(pA+Q)\gamma_{ed}\gamma_{pp}}{n_b}$	$CMU3 \geq \frac{1}{2}\frac{(pA+Q)\gamma_{ed}\gamma_{pp}}{n_b}$
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

NOTA : Pour des panneaux de dimensions réduites, il est possible d'utiliser un seul point de levage.

Tableau 2 – CMU des boucles au levage

Réf. boucle	**Diamètre boucle** ϕ_1	**Epaisseur nominale paroi** h_1	**Enrobages nominaux** c_1	**Levage en position verticale CMU1**	**Levage à plat du MCI CMU2**	**Retournement du MCI CMU3**
Crochet BERLIMUR ϕ 16 mm	16 mm	≥ 55 +10 mm	≥ 10 mm	18,24 kN	4,95 kN	10,67 kN

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 :

SPURGIN LEONHART

Route de Strasbourg

BP 20151

F – 67603 SELESTAT CEDEX

2.1.2. Mise sur le marché

En application du Règlement (UE) n° 305/2011, le procédé de mur BERLIMUR fait l'objet d'une déclaration des performances (DdP) établie par SPURGIN LEONHART sur la base de la norme NF EN 14992 ou de la norme NF EN 15258.

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

2.1.3. Identification

Chaque BERLIMUR est identifié par une étiquette qui mentionne :

- Le nom du fabricant, la date de fabrication, le code d'identification de l'usine ;
- Le nom du chantier, le numéro de client et la référence d'ordre de livraison ;
- La classe de béton, le type d'acier ;
- Le numéro de produit correspondant au plan de pose, le numéro de palettisation.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Le procédé de mur à coffrage intégré une face BERLIMUR 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 5,5 à 7 cm, rigidifié par des treillis raidisseurs.

Le BERLIMUR peut être selon le cas :

- A 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 BERLIMUR, le ferraillage en 2ème face par l'utilisation de treillis soudés ;
- Avec une 2ème face partiellement coffrante : Lorsque l'on se situe en utilisation commune entre le blindage de l'infrastructure et la paroi existante de la superstructure.

Pour les zones dans lesquelles il y a 2 faces coffrantes, on se reportera aux prescriptions de l'Avis Technique « Prémur » en cours de validité.

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Bétons

2.2.2.1.1. Bétons des parois préfabriqués

Le béton des parois préfabriqués respecte l'ensemble des exigences de la NF EN 206+A2/CN. Conformément au cahier CSTB 3690_V2 § 1.1.1.2, la résistance minimale du béton à 28 jours des parois préfabriquées est de 25 MPa.

La résistance à la compression sur cube de 10x10x10 cm est au minimum de 12 MPa à la 1ère manutention et au minimum 20 MPa à la livraison.

2.2.2.1.2. Béton de remplissage du noyau

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

Béton Prêt à l'Emploi, conforme au projet et à la norme NF EN 206/CN et de résistance caractéristique minimale de 25 MPa à 28 jours (classe de résistance mini C25/30) ou tout autre formule agrée.

- Pour des épaisseurs de remplissage inférieures ou égales à 9 cm : microbéton avec un D_{max} 12,5 mm ;
- Pour des épaisseurs de remplissage supérieures à 9 cm : D_{max} 16 ;
- Classe d'affaissement S4 ou S5 - valeur cible pour l'affaissement au cône d'Abrams : 200 mm, portée à 220 mm dans des conditions de bétonnage difficiles (fort ferraillage, faible épaisseur de l'élément). La consistance fluide est obtenue par ajout d'un superplastifiant.

2.2.2.2. Acier

2.2.2.2.1. Généralités

Tous les aciers utilisés sont certifiés NF AFCAB et conformes à la norme européenne EN 10080.

2.2.2.2.2. Armatures de peaux

Dans le cas courant, les armatures minimales devant être mises en place dans les peaux du « BERLIMUR » sont conformes au cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.1.3.

Les armatures utilisées pour la fabrication des parois doivent répondre aux exigences suivantes :

- Norme NF A 35-080-1 pour l'acier des barres filantes et CFA : nuance B500A, B500B ;
- Norme NF A 35-080-2 pour l'acier des treillis soudés : nuance B500A, B500B.

(Cf. FIGURE 4 Détail / Position des aciers en Annexe)

La paroi coffrante comprend au minimum :

- 1,2 cm^2/ml d'aciers verticaux avec prise en compte des filants des treillis raidisseurs ;
- 1,2 cm2/ml d'aciers horizontaux ;
- Espacement maximum dans les deux sens inférieur ou égal à 33 cm.
- 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 totale de béton dans le sens horizontal ;
- Diamètre des armatures supérieur ou égal à 8 mm pour la paroi en contact avec l'eau ou le milieu agressif ;
- Espacement maximum des aciers dans les deux sens inférieur ou égal à 20 cm ;
- L'enrobage des armatures est défini en fonction de la classe d'exposition et sera déterminé en fonction du milieu ambiant où sera mis en œuvre le BERLIMUR (cf. § 2.3.4 du présent Dossier Technique).
- Les coupleurs d'armatures, s'ils sont utilisés, doivent faire l'objet d'un certificat AFCAB.

2.2.2.2.3. Treillis raidisseurs

Des treillis raidisseurs (cf. FIGURE 3 Treillis raidisseurs en Annexe) espacés au plus de 60 cm assurent la liaison entre la paroi préfabriquée et le béton coulé en place.

Les treillis raidisseurs font l'objet d'un contrôle par tierce partie dans le cadre de la certification NF 548 sur le procédé « BERLIMUR ». Les seuils de résistance des soudures sont ceux définis dans la NF A35 028 et les tolérances dimensionnelles sur la hauteur sont celles définies au § 2.7.2.2. Les critères de certification sont conformes au cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.1.2.

Ils sont de section triangulaire (type KAISER KT 800 ou équivalent).

La section des armatures hautes et basses des raidisseurs sera prise en compte dans la section mécanique des armatures parallèles aux raidisseurs.

2.2.2.2.4. Armatures complémentaires

Les aciers mis en œuvre dans les voiles sont conformes au cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.1.3.

2.2.2.3. Accessoires de levage

2.2.2.3.1. Levage

Le façonnage des inserts est défini en ANNEXE 1.

L'insert comporte une armature principale et une entretoise en partie supérieure de même diamètre réalisée en acier B 235 conformes à la norme NF A 35-015.

Les spécifications de l'intégration des inserts dans le BERLIMUR sont définies en ANNEXE 2.

2.2.2.4. Douilles

Des douilles métalliques sont scellées dans la paroi du panneau (Cf. FIGURE 5 Douilles métal). Elles assurent la liaison de la paroi intérieure BERLIMUR avec les étais tire-pousse pendant le montage et le bétonnage. Elles sont utilisées en combinaison avec des vis métalliques adaptées (M16, M20, ...). Elles sont à usage multiples (serrage-desserrage).

2.2.2.5. Matériaux de jointoiement et d'étanchéité

- Mortier riche de réparation sans retrait ;
- Mastic pour joints ;
- Fond de joint type Compriband, mousse polyuréthane ou cordon néoprène pour blocage de la laitance en phase de bétonnage.
- 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 justifiera leur compatibilité avec les environnements auxquels ils seront exposés.

2.2.2.6. Traitement du parement des murs (selon leur destination)

Le traitement du parement peut être réalisé au moyen de :

- Peinture (pour face apparente) ;
- 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 BERLIMUR 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 : σ_c = 0,5 MPa).

Il devra être aqua dégradable et biodégradable. Il devra être retiré au moment du décoffrage.

2.2.2.8. Données environnementales

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

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

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

2.3. Disposition de conception

2.3.1. Généralités

Les règles de dimensionnement sont conformes au cahier CSTB 3690_V2 § 1.1.1.1.

Le comportement final d'un mur réalisé à partir du procédé de MCI « BERLIMUR » n'est pas différent de celui du même mur en béton banché, et son dimensionnement est similaire à celui d'un mur traditionnel ; il est toutefois nécessaire d'effectuer des vérifications spécifiques pour tenir compte de la présence des joints.

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

Dans le cas d'éléments porteurs, le BET structure du chantier calcule les efforts transmis aux éléments et détermine les épaisseurs béton et les sections d'armatures nécessaires à leur stabilité. Le calepinage est effectué par le titulaire et le dimensionnement des points spécifiques (liaisons entre murs, monolithisme, ...) conformément aux prescriptions du CPT 3690-V2.

Les justifications de calcul de stabilité et de résistance des murs doivent prendre en compte la présence des joints entre panneaux de coffrage et donc n'être arrêtées qu'après calepinage de l'ouvrage.

Le BERLIMUR se compose :

- D'une ou de deux plaques en béton armé d'une épaisseur variant de 5,5 à 7 cm ;
- Raidisseurs en acier permettant de rigidifier la plaque.

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

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

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 η_1 =0,7 pour les armatures horizontales de diamètre supérieur à 12 mm ; dans tous les autres cas, η_1 =1,0.

Le dimensionnement des BERLIMUR 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.

Les armatures de flexion de la partie courante du mur sont disposées dans la paroi du BERLIMUR.

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

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

Pour les murs ayant un fonctionnement principal vertical, les joints horizontaux seront disposés en proximité immédiate des diaphragmes (dalles, poutres, couvertures contreventées, ...). Les joints verticaux sont sans incidence.

Pour les murs ayant un fonctionnement principal horizontal, les joints verticaux seront disposés en proximité immédiate des raidisseurs (refends, poteaux, goussets, ...). Les joints horizontaux sont sans incidence.

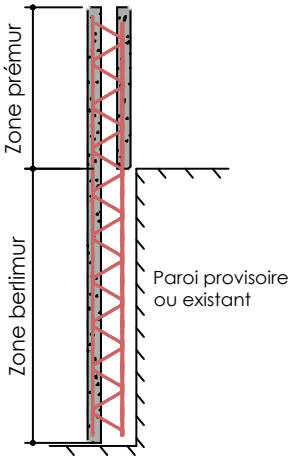
Le BERLIMUR est placé contre un blindage (de type berlinoise ou autre).

Il peut également être placé au niveau d'un joint de dilatation ou de fractionnement.

2.3.2. Famille de BERLIMUR

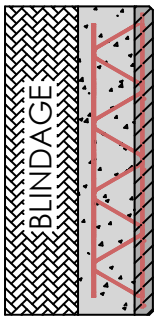
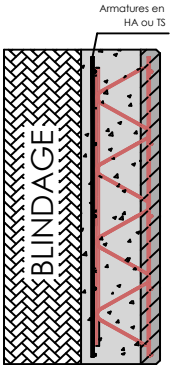
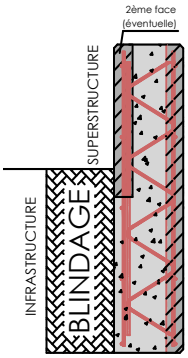
2.3.2.1. Différenciation BERLIMUR / Prémur

Lorsque le mur a une 2ème face préfabriquée, la délimitation entre les deux zones se fait à l'interface infrastructure / superstructure. La zone BERLIMUR se situera obligatoirement contre une paroi provisoire ou existante.



2.3.2.2. Murs verticaux

Les BERLIMUR peuvent être présentés sous différentes formes :

1. Sans Ferraillage en face extérieure	2. Ferraillage en face extérieure	3. Face extérieure partiellement bétonné.
		

Dans les cas 1 et 2, le BERLIMUR 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 BERLIMUR est disponible en intégrant ou non le ferraillage 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 BERLIMUR est placé communément entre l'infrastructure et la superstructure. Pour les murs situés en superstructures, il faudra se référer à l'Avis technique « Prémur » en cours de validité.

2.3.3. Dimensionnement en phase provisoire

Le dimensionnement en phase provisoire est dimensionné sous la seule action du béton frais par le bureau d'études SPURGIN.

Le choix du type de raidisseur, et de son espacement ainsi que du nombre d'étai tirant poussant est déterminé par le bureau d'études SPURGIN.

En phase provisoire, les BERLIMUR sont dimensionnés suivant la vitesse de bétonnage majorée qui est déterminée de la manière suivante :

Vitesse de bétonnage majorée = 2 x Vitesse de bétonnage conseillée.

Le calcul des moments sollicitant 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. DTU 21)

Lorsque la hauteur est supérieure à 5 m ou la longueur est supérieure à 8 m, le calcul des moments sollicitant se fera à l'aide d'une modélisation en « plaque ».

Les moments sollicitant longitudinaux (verticaux) obtenus sont comparés aux moments résistants des raidisseurs donnés par le fournisseur (cf. ANNEXE 3).

$$M_{sollicitant\ longitudinaux} \leq M_{résistant\ raidisseur}$$

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

$$M_{sollicitant\ transversaux} \leq M_{résistant\ armature\ horizontale}$$

2.3.4. Enrobage des armatures

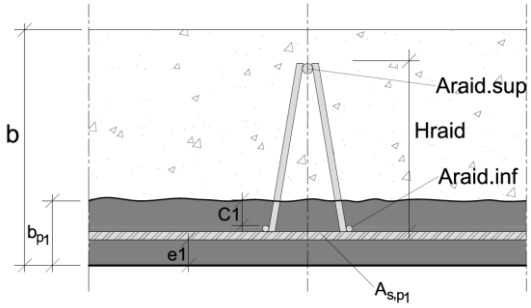
2.3.4.1. Enrobage des armatures des peaux coffrantes

Les enrobages extérieurs des armatures sont conformes au cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.1.5 sans être inférieurs à 15 mm.

2.3.4.2. Enrobage des raidisseurs

L'enrobage intérieur des raidisseurs est conforme au cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.1.6 sans être inférieur à 15 mm.
Les tolérances dimensionnelles utilisées pour la conception du « BERLIMUR », sur la base des notations du cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.1.6, sont les suivantes :

- Δe_1^+ = 1 mm
- Δe_1^- = 1 mm
- Δb_1^+ = 3 mm
- Δb_1^- = 3 mm
- ΔH_{raid}^+ = 1 mm
- ΔH_{raid}^- = 2 mm



2.3.4.3. Calepinage

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

- Pour les murs ayant un fonctionnement principal vertical, les joints horizontaux seront disposés en proximité immédiate des diaphragmes (dalles, poutres, couvertures contreventées, ...), sauf dispositions particulières. Les joints verticaux sont sans incidence ;
- Pour les murs ayant un fonctionnement principal horizontal, les joints verticaux seront disposés en proximité immédiate des raidisseurs (refends, poteaux, goussets, ...), sauf dispositions particulières. Les joints horizontaux sont sans incidence.

2.3.4.4. Principe de vérification des liaisons au droit des joints

Les dispositions prises pour la vérification des liaisons au droit des joints doivent être conformes au cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.1.8.

2.3.4.5. Chevillage

Les dispositions prises pour le chevillage doivent être conformes au cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.1.9.

2.3.5. Principes constructifs

2.3.5.1. Liaisons entre éléments

Suivant cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.1.10.

2.3.5.2. Utilisation des raidisseurs dans les renforcements

Suivant cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.1.10.

2.3.5.3. Recouvrement d'armatures

Suivant cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.1.11.

2.3.5.4. Eclissage d'armatures

Suivant cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.1.12.

2.3.6. Prescriptions particulières aux éléments sollicités dans leur plan

2.3.6.1. Prescriptions particulières aux murs courants

Le dimensionnement suit les prescriptions du cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.2.1.

2.3.6.2. Prescriptions particulières aux poutres-cloisons

Le dimensionnement suit les prescriptions du cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.2.4.
Les cas de figures usuellement rencontrés sont énumérés en Annexe 4.

2.3.7. Prescriptions particulières aux éléments essentiellement sollicités perpendiculairement à leur plan

2.3.7.1. Prescriptions communes

Le dimensionnement suit les prescriptions du cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.4.1.

2.3.7.2. Prescriptions particulières pour les éléments bi-articulés

Le dimensionnement suit les prescriptions du cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.4.2.

2.3.7.3. Prescriptions particulières aux murs enterrés

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

2.3.7.4. Prescriptions particulières aux murs de soutènement

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

2.3.7.5. Prescriptions particulières pour les murs de silo ou de magasin de stockage

Le dimensionnement suit les prescriptions du cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.4.5.

2.3.7.6. Prescriptions particulières pour les murs de bassins et de piscines et pour les bassins de forme polygonale

Le dimensionnement suit les prescriptions du cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.4.6.

2.3.7.7. Prescriptions particulières aux murs de galerie souterraines

Le dimensionnement suit les prescriptions du cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.4.7.

2.3.8. Sécurité au feu

Le dimensionnement suit les prescriptions du cahier du CSTB 3690_V2 § 1.2.

2.3.9. Isolation thermique

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

2.3.10. Isolation acoustique

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

2.3.11. Traitement des parois et des joints

2.3.11.1. Traitement des joints

Selon la destination de l'ouvrage, le traitement du joint devra être mis en place selon les règles du cahier du CSTB 3690_V2 § 1.5.

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

Au droit des joints entre éléments de BERLIMUR où entre élément et parties coulées en place, la section résistante à la compression est calculée en considérant l'épaisseur totale du mur, réduite du chanfrein éventuel, si :

- Le joint présente une épaisseur nominale ≥ 3 cm, ou ;
- La pose est réalisée sur un mortier de calage de résistance au moins égale à la valeur $f_{ck,n}$ prise en compte dans les calculs.

Dans le cas contraire, la section résistante est réduite à la section de béton du noyau au droit du joint.

La hauteur utile du mur prise en compte dans les calculs est évaluée en fonction des dispositions prises pour le remplissage effectif des joints de calage, déduction faite des enrobages et des positions relatives des armatures. Les dispositions propres à chaque élément sont décrites dans les paragraphes correspondants.

2.3.11.1.1. Murs courant en superstructure

Les prescriptions particulières du traitement des joints des murs courants en superstructure sont définies dans le cahier du CSTB 3690_V2 § 1.5.1.

Pour les parois exposées aux intempéries, on se reporte aux prescriptions définies dans le cahier du CSTB 3690_V2 § 1.5.1.1.

2.3.11.1.2. Murs courant en infrastructure

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

2.3.11.1.3. 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.

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.

2.3.11.1.4. 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 (Art 4.6(4) de la norme NF EN 1992-1-2).

2.3.11.1.5. Murs de silos 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 § 1.5.5.

2.3.12. Prise en compte des effets du second ordre

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

Epaisseur de la partie structurelle	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 BERLIMUR doit être effectuée en tenant compte d'une excentricité additionnelle e_{add} égale à :

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

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

2.3.13. Finitions et aspects

2.3.13.1. Aspects des parements

Tous les panneaux présentent une surface brute de décoffrage.

2.3.13.1.1. Etat de surface

L'état de surface courant correspond à une surface brute de décoffrage contre moule. Dénomination E (3-3-0) d'après la norme NF P 18-503

2.3.13.1.2. Teinte

L'homogénéité de la teinte des BERLIMUR n'est pas un paramètre qui peut faire l'objet d'une garantie. Lorsque le BERLIMUR doit être lasuré, un homogénéisateur de teinte doit être appliqué afin de garantir l'aspect du parement.

2.3.13.1.3. Préparation du support

La forte compacité du béton des BERLIMUR doit être prise en compte lors du choix du type de revêtement qui sera appliqué sur le support. (Lasures, peinture...)

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.

2.3.14. Types de liaisons

Les liaisons assurent la continuité mécanique au droit des joints entre deux « BERLIMUR » et entre les « BERLIMUR » 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 effort tranchant), contraintes de chantier, méthodologie de pose, étanchéité, sismicité.

2.3.14.1. Articulation entre panneaux

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

2.3.14.2. Liaisons articulées couturées

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

La caractéristique de ce type de liaison tient dans le fait que le panier d'armatures qui assure la couture au droit du joint est disposé dans le béton coulé en place et liaisonné avec des armatures en U intégré dans les peaux du « BERLIMUR ».

L'ensemble de ces solutions nécessite soit l'ouverture d'une lame sur la hauteur de la liaison, soit des lumières réparties sur la hauteur de liaison (2,50 m maxi entre les lumières) pour permettre la bonne mise en place de la cage d'armatures de liaison.

On utilise les cas suivants :

- Liaisons couturées verticales et horizontales entre deux « BERLIMUR » (détail 13.3 de l'Annexe IX du *cahier du CSTB 3690_V2*) ;
- Liaisons couturées d'angle (FIGURE 8 du présent Avis Technique).

2.3.14.3. Liaisons encastrées

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

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 un recouvrement total. (Cf. : FIGURE 25 Liaison droite (encastrée), FIG 9 et 21 Liaisons d'angle (encastrée coté extérieur), FIG 18 Liaison horizontale (encastrée)).

Pour garantir une bonne mise en œuvre des BERLIMUR lorsque l'on dispose d'un angle encastré coté 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 étaiement pendant le coulage. (Cf. : FIGURES 10 et 22 Liaisons d'angle (encastrée coté intérieur)).

La continuité de l'encastrement entre le BERLIMUR et la fondation est assurée par des armatures en attentes dans la semelle déjà coulée. Ces armatures viennent en recouvrement avec les aciers placés dans la paroi du BERLIMUR.

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

Largeur de la partie structurelle ($e_p + e_n$)	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 BERLIMUR 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.

2.3.15. Dispositions parasismiques

2.3.15.1. Stabilité d'ensemble

Pour le calcul des raideurs des voiles, la présence des joints entre panneaux est négligeable. La détermination des efforts induits par les actions sismiques sur un voile réalisé en BERLIMUR se base sur la section homogène équivalente au voile banché substitué.

Suivant cahier du CSTB 3690_V2 § 1.1.1.14.

2.3.15.2. Détermination des liaisons BERLIMUR

2.3.15.2.1. Cas des joints horizontaux

Deux cas sont à distinguer :

1) La liaison horizontale au droit d'une dalle

Afin de s'assurer du non-glissement du voile par rapport à la dalle sous les sollicitations dynamiques, le joint doit être vérifié au cisaillement conformément à l'art 5.4.3 des règles Eurocode 8 sur la base du noyau du BERLIMUR.

2) La liaison horizontale en partie courante du mur (BERLIMUR superposés)

Le joint doit être vérifié au cisaillement. L'effort tranchant sollicitant doit être comparé aux efforts tranchants résistants mobilisables en fonction du type de liaison et du cas de charge étudié (Cf. ANNEXE 8)

Cette vérification permet de déterminer le type de liaison à utiliser pour le voile étudié.

2.3.15.2.2. Cas des joints verticaux

Deux cas sont à distinguer :

1) La liaison verticale en zone courante.

Le joint doit être vérifié au cisaillement. L'effort tranchant sollicitant doit être comparé aux efforts tranchants résistants mobilisables en fonction du type de liaison et du cas de charge étudié (Cf. ANNEXE 8)

2) La liaison verticale à l'intersection de deux ou plusieurs voiles.

Les intersections de voiles nécessitent systématiquement la mise en œuvre d'un chaînage vertical. Ce chaînage peut être incorporé dans le BERLIMUR ou mis en œuvre par le biais des armatures de coutures. Le choix entre ces deux solutions sera fonction de la section du tirant, de l'épaisseur du BERLIMUR et des contraintes de mise en œuvre.

2.3.16. Définition du plan d'étanchéité à l'aide de BERLIMUR

L'étanchéité peut être assurée par le béton seul.

Sur la base des dispositions prévues par le Fascicule 74 du CCTG, l'épaisseur minimale du noyau coulé en place doit être de 15 cm pour les ouvrages de classe A.

Le traitement de la reprise de bétonnage en pied de panneau est réalisé avec un joint hydrogonflant ou un joint Waterstop .

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

La finition des joints est réalisée en fonction de la destination de l'ouvrage (voir § 2.3.11).

2.4. Disposition de mise en œuvre

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

2.4.1. Prescriptions concernant la manutention des panneaux

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

La manutention des éléments, dans une position verticale, s'effectue uniquement par les boucles de levage, incorporées dans la paroi de l'élément, prévues à cet effet. En aucun cas la manutention ne peut s'effectuer par d'autres armatures.

Les panneaux sont manutentionnés avec des grues à tour ou automotrices.

Les caractéristiques de ces engins et éléments de manutention devront être compatibles avec la masse des panneaux à mettre en œuvre.

2.4.2. Prescriptions concernant le transport des panneaux

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

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 le stockage des panneaux

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

2.4.4. Conditions de mise en œuvre

2.4.4.1. Pose des panneaux

1. Réalisation des fondations.

2. Implantation et traçage des murs.

3. Déchargement du BERLIMUR à l'aide d'une grue, automotrice, à tour, ou de tout autre moyen de levage compatible avec le poids du BERLIMUR.

4. Pose si besoin du ferraillage coté blindage, et des armatures d'angles.

5. Pose du BERLIMUR sur des cales d'épaisseur 1 à 3 cm.

6. Stabilisation en partie haute et basse des panneaux par des étais tire-pousses. Mise en place en partie basse d'une lisse continue afin de rigidifier le mur.

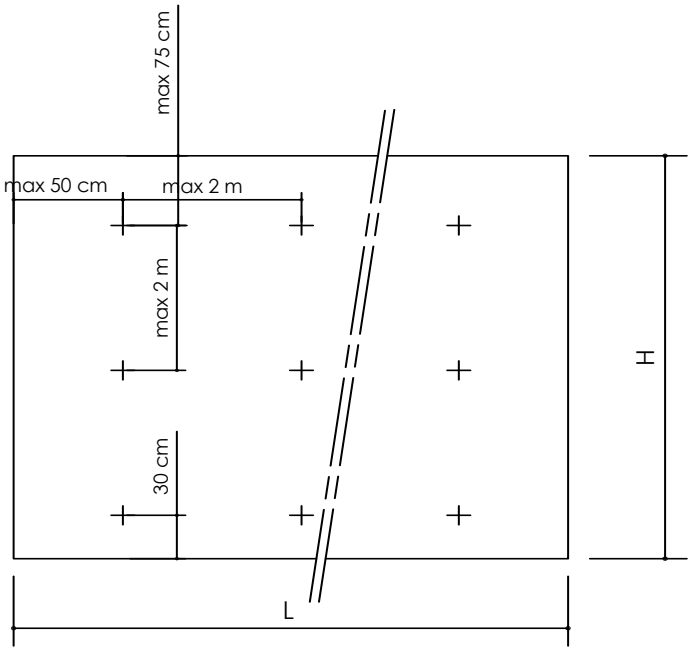
7. Mise en place des aciers de continuité et chaînages éventuels.

8. Coulage du béton par banchées successives conforme au § 2.4.5.2 à partir du niveau de la dalle. Une pause de 1 heure est respectée entre deux banchées. Le béton est conforme au paragraphe 2.2.2.1.2. Les hauteurs de chute du béton frais seront limitées suivant les prescriptions du § 2.4.5.1

9. Finition des joints en fonction de la destination de l'ouvrage (Cf. Art 2.3.11)

Après la pose du BERLIMUR, ce dernier est maintenu en position par des étais tire pousse fixés aux murs par l'intermédiaire de douille métallique pour les ouvrages exposés au vent dimensionnée par SPURGIN (les douilles étant mise en place lors de la fabrication des BERLIMUR).

Le positionnement des douilles est réalisé par SPURGIN, elle est fonction de la longueur et de la hauteur des murs :



Le titulaire de l'avis technique peut proposer à la demande de l'entreprise des recommandations de mise en sécurité à la pose basée sur l'incorporation de douilles ou d'un système plus élaboré à base d'équerres embase de garde-corps ou de passerelles.

Il diffuse systématiquement auprès des utilisateurs un guide de pose.

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

Les documents à fournir par le titulaire sont :

- Les plans de calepinage et de préconisations de pose ;
- Les plans de coffrage et de ferraillage ;
- La notice de pose.
- Les plans de pose et la notice de pose doivent comprendre à minima :
- L'angle limite de levage ;
- Le nombre de points de levage ;
- L'utilisation 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 d'un contrôle visuel (peinture, etc...).

Ces données devront respecter les valeurs de CMU données en ANNEXE du présent Avis.

2.4.4.2. Préparation des voiles et des joints

Les prescriptions particulières de la préparation des voiles et des joints sont définies dans le cahier du CSTB 3690_V2 § 4.3.

2.4.4.3. Utilisation de coupleurs d'armatures

Les prescriptions particulières de l'utilisation de coupleurs d'armatures sont définies dans le cahier du CSTB 3690_V2 § 4.4.

2.4.5. Bétonnage

2.4.5.1. Hauteur de chute du béton

La hauteur maximale sera conforme aux dispositions définies aux prescriptions de l'article 1.1.1.13 du cahier du CSTB 3690_V2.

2.4.5.2. Vitesse de bétonnage

La vitesse de bétonnage peut être adaptée en fonction des besoins du chantier en jouant sur le type et l'espacement des treillis raidisseurs, ainsi que sur l'espacement des étais.

Avec des treillis raidisseurs de type KT800, la vitesse de bétonnage préconisée dans le BERLIMUR est de :

T° du béton > 15°C 50 cm/h ;

T° du béton = 10°C 40 cm/h ;

T° du béton = 5°C 30 cm/h.

Dans le cas où l'entreprise demande une vitesse de bétonnage supérieure, il faudra renforcer le BERLIMUR sur chantier à l'aide de lisses horizontales. L'entraxe de ces lisses sera donné par le B.E. SPURGIN.

La validité des résultats ci-dessus est conditionnée par le respect d'un enrobage intérieur des armatures filantes des treillis raidisseurs supérieur ou égal à 1,5 cm.

2.4.5.3. Contrôle du remplissage

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

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

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

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

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

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

L'auscultation sonique peut également être envisagée.

Les contrôles en utilisant un maillet ne sont pas adaptés.

2.4.5.4. 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. Traitement en fin de vie

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

2.6. Assistance technique

La société SPURGIN fournira systématiquement au client une documentation sur les spécificités de mise en œuvre des BERLIMUR.

De plus l'ensemble des nouveaux clients ou des clients utilisant pour la première fois une technologie de BERLIMUR particulière seront assistés par un expert de la société SPURGIN lors de la préparation et de la mise en place des premiers BERLIMUR.

Cette démarche pourra aussi être mise en place au cas par cas pour l'ensemble des clients utilisateurs du BERLIMUR.

Le calcul des structures est réalisé par le Bureau d'Etudes Techniques de l'opération en tenant compte du procédé. Le calepinage est effectué par SPURGIN SAS et approuvé par le B.E.T. Le bureau d'études SPURGIN vérifiera la tenue du mur en phase provisoire.

2.7. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

SIEGE				
SPURGIN LEONHART Route de Strasbourg BP 20151 67603 SELESTAT CEDEX				
Fabrication et Commercialisation				
SPURGIN LEONHART EST	SPURGIN LEONHART RHÔNE-ALPES	SPURGIN LEONHART ILE DE FRANCE OUEST	SPURGIN LEONHART NORD	SPURGIN LEONHART SUD
Z.I. rue Louis Renault 68127 STE CROIX EN PLAINE	Allée des Noisetiers – Parc Industriel de la Plaine de l'Ain 01150 BLYES	Z.A. du Bois Gueslin Lieu-dit « Le petit Courtin » 28630 MIGNIERES	Zone d'activité 2 7 route de Ham 80190 NESLE	ZAC du Grand Pont Rue de l'Ouest 13640 LA ROQUE D'ANTHERON

2.7.1. Fabrication

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

1. Projection automatique d'un décoffrant
2. Traçage automatique de la première face à fabriquer (position des inserts, réservations et ouvertures)
3. Mise en place automatique des joues de coffrage de la première plaque ainsi que des inserts.

4. Fabrication et préparation sur site des armatures.

Disposition des armatures de la 1ère face et des treillis raidisseurs sur le moule. (Éventuellement, mise en place des armatures sur les raidisseurs, si présence de ferraillage en 2ème face). Les inserts sont positionnés et ligaturées sur la 1ère nappe d'armature.

5. Mise en place de canalisations diverses fixées aux armatures et des boîtiers collés au moule.

6. Fabrication du béton dans la centrale située sur le site.

7. Acheminement du béton.

8. Coulage du béton à l'aide d'un répartiteur automatique qui garantit la constance de l'épaisseur mise en place.

9. Vibration automatique, programmée et adaptée pour ce type de fabrication.

10. Durcissement à 28° C pendant 8 heures dans une chambre de durcissement.

11. Démoulage et stockage sur un conteneur métallique.

Lorsque le BERLIMUR comprend une 2ème face en béton le phasage est le suivant :

Opérations 1 à 8 identiques pour la deuxième face BERLIMUR mais sans mise en place des treillis raidisseurs, ni d'inserts.

12. transport et retournement de la première face sur la seconde avec centrage et mise en appui sur des cales extérieures préréglées.

13. Vibration automatique.

14. Enlèvement du moule supérieur.

15. Entreposage dans la chambre de durcissement à 28°C pendant 8 heures.

16. Démoulage et stockage sur un conteneur métallique.

2.7.2. Contrôles de fabrication

Le procédé « BERLIMUR » fait l'objet d'une certification NF 548.

2.7.2.1. Contrôles des bétons

Les bétons utilisés pour la réalisation des parois du coffrage sont réalisés dans la centrale SPURGIN, installée dans l'usine de préfabrication.

Les résistances des bétons sont contrôlées à l'usine conformément à la norme NF EN 13369.

2.7.2.2. Contrôles de qualité

La totalité de la production est contrôlée avant expédition.

Le contrôleur vérifie les dimensions, la rectitude des parois, la localisation et le dimensionnement des réservations, la nature et la quantité des armatures sur la base des plans établis par le bureau d'études SPURGIN et dans la limite des tolérances de fabrication définies ci-après.

Tolérances dimensionnelles :

- Conforme à la norme NF EN 14992.
- Tolérance d'enrobage des armatures : -1 /+1 mm
- Tolérance sur la hauteur des treillis raidisseurs : -2 / +1 mm
- Tolérance sur l'épaisseur de la paroi : +/-3 mm
- Surépaisseur du béton au droit des crochets ≥ 15 mm

2.7.3. Caractéristiques

Caractéristiques générales :

- Poids propre du BERLIMUR au m² : de 125 à 175 kg/m² en fonction de l'épaisseur des parois et du ferraillage.

Epaisseur courante du voile réalisé de 16 à 50 cm.

2.8. Mention des justificatifs

2.8.1. Résultats Expérimentaux

Rapport d'essais de qualification de la résistance à l'arrachement de l'insert :

- Configuration A1 : N°2014-1-1 du 13 février 2014
- Configuration A2 : N°2014-1-2 du 11 février 2014
- Configuration B1 : N°2014-1-4 du 20 février 2014
- Configuration C : N°2014-1-3 du 19 février 2014
- Essai de pré-chargement rapport d'essais n°2021_04

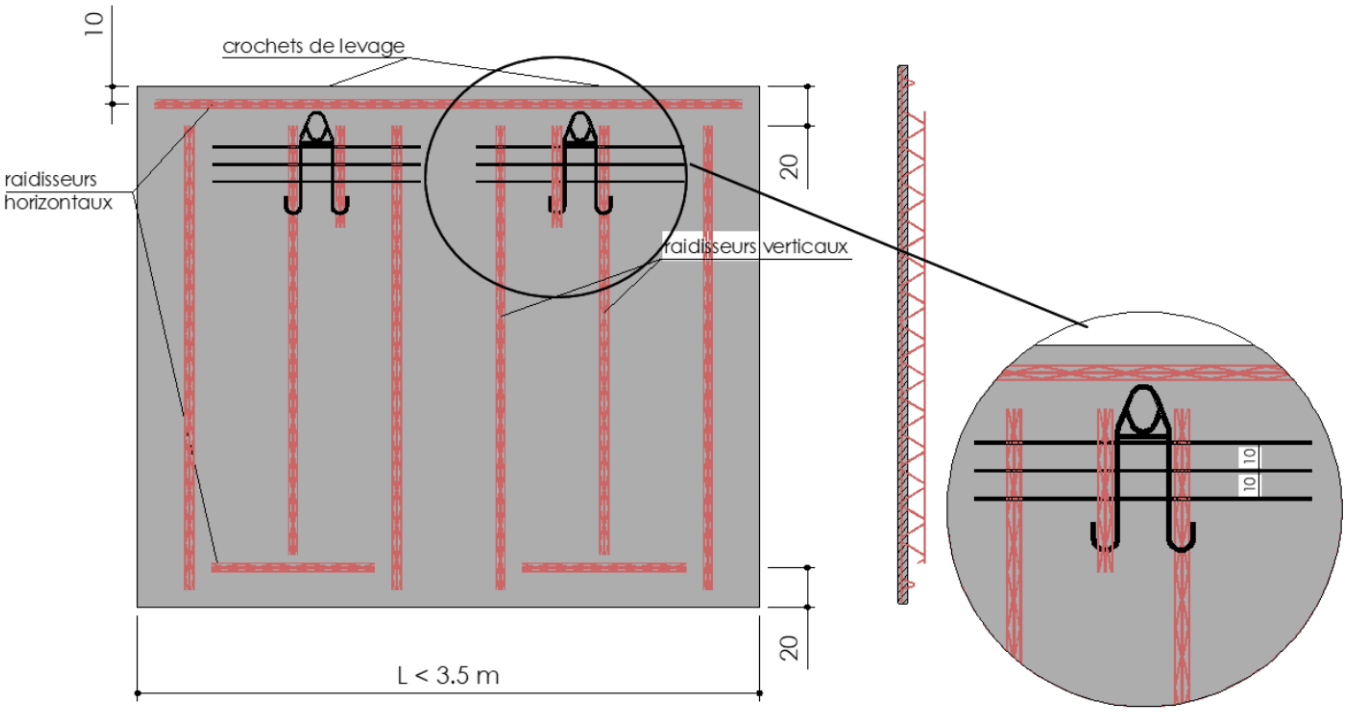
2.8.2. Références chantiers

Entreprise	Chantier	Quantité m²	Année
CSAM	Le 15	183	2025
LEON GROSSE	LE PANTONE	480	2025
EIFFAGE	CHAUFFERIE BIOMASSE	156	2024

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

FIGURE 1 Vue d'ensemble du Berlimur

Longueur < 3.5 m



Longueur ≥ 3.5 m

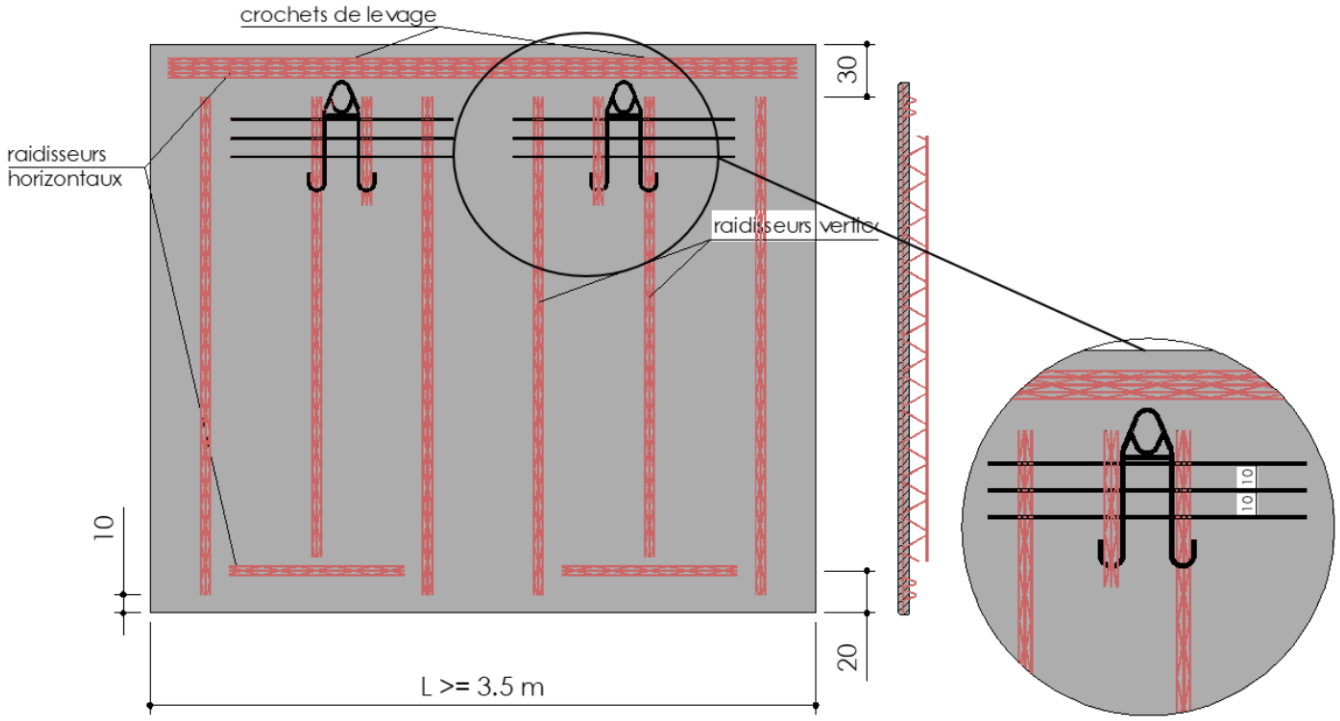
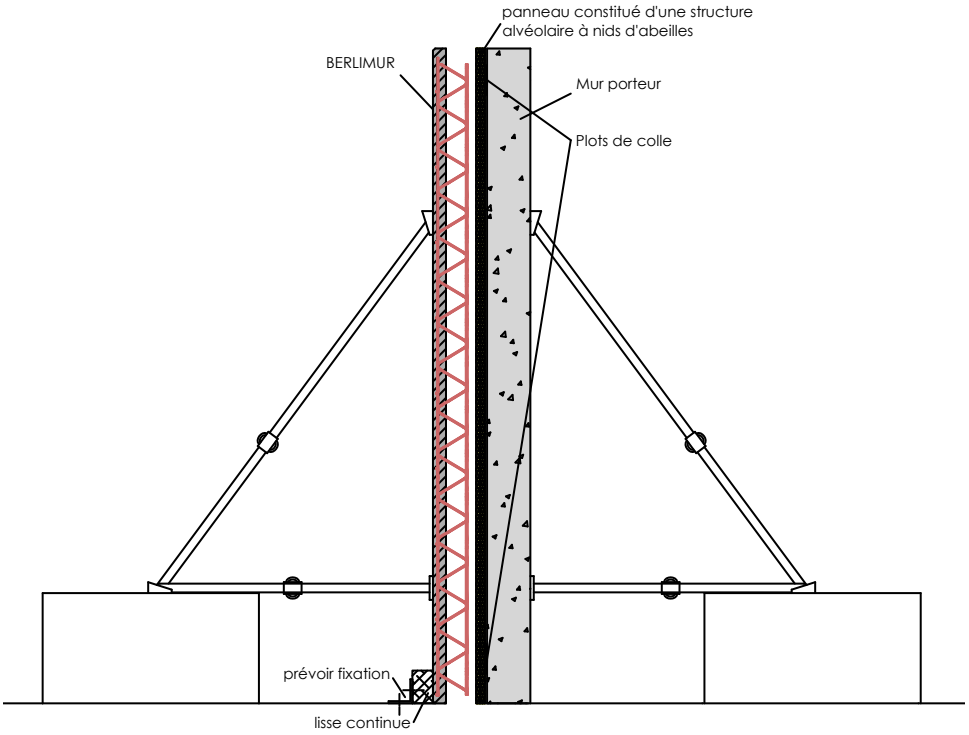
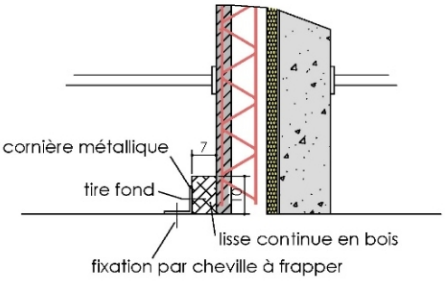


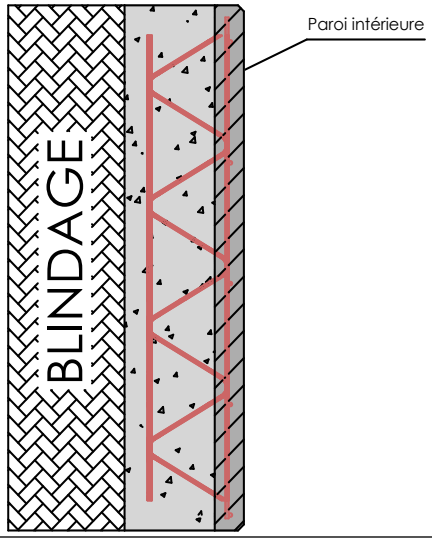
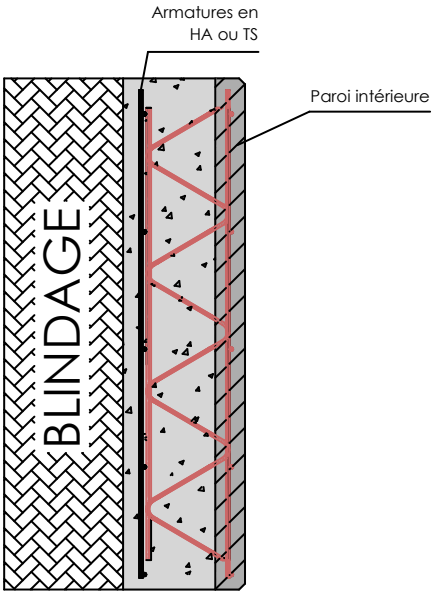
FIGURE 2 Famille de BERLIMUR

Mur de joint de dilatation

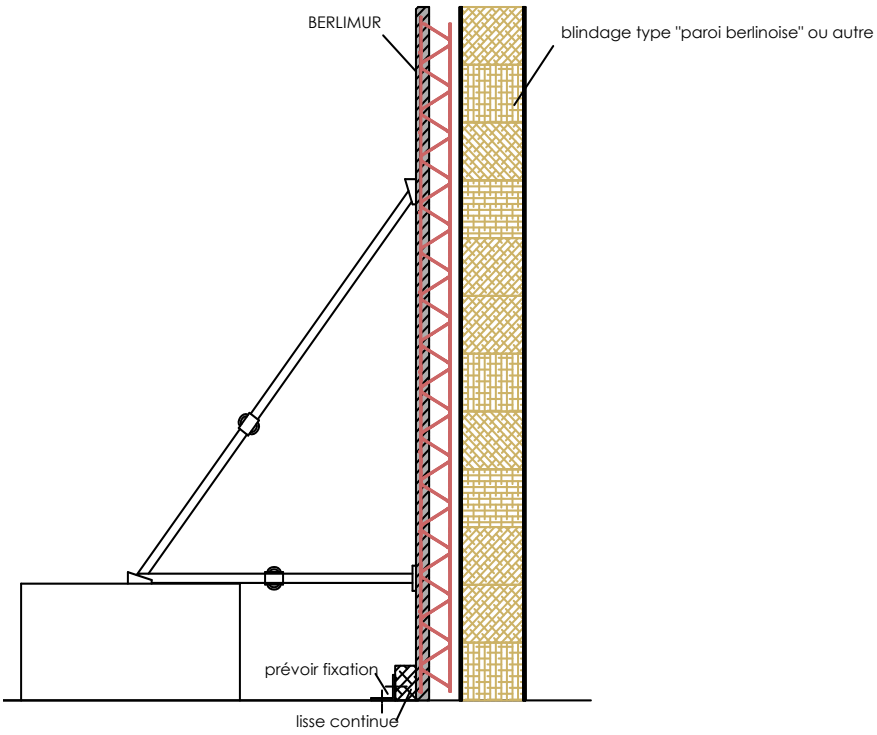


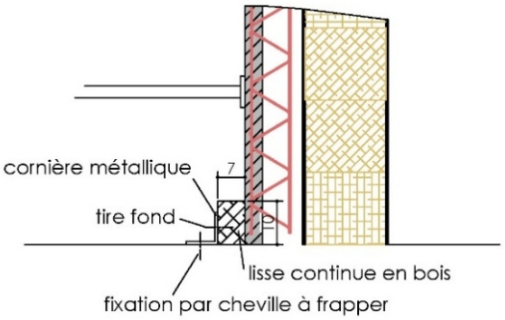


Il peut être réalisé avec ou sans ferraillage en deuxième face :

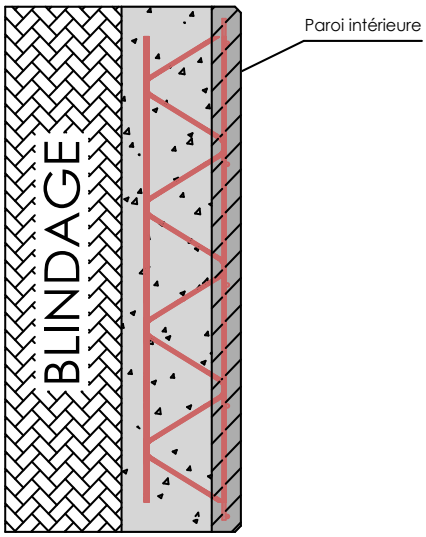
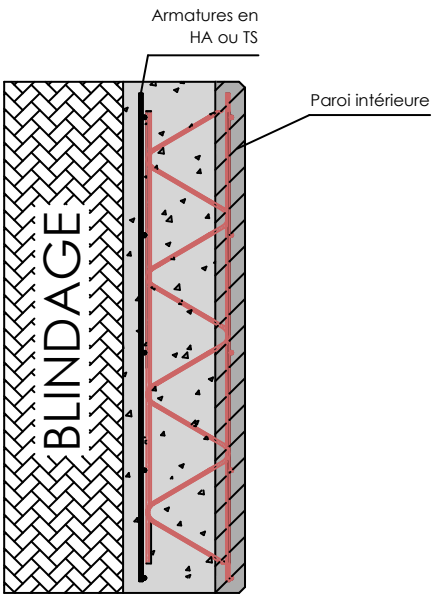
Berlimur sans ferraillage extérieur	**Berlimur avec ferraillage extérieur**
	

Mur en infrastructures

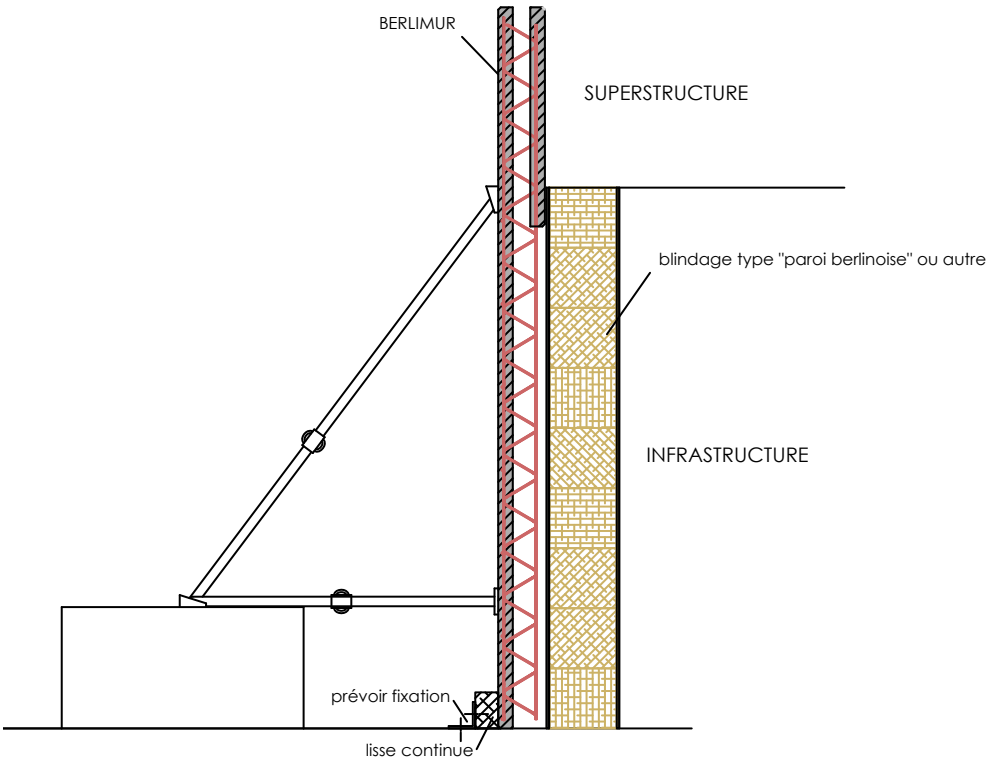


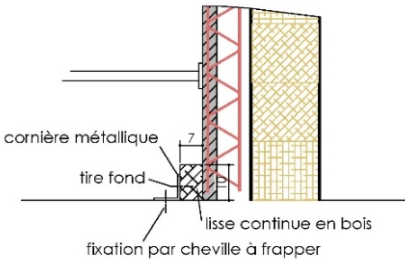


Il peut être réalisé avec ou sans ferraillage en deuxième face :

Berlimur sans ferraillage extérieur	**Berlimur avec ferraillage extérieur**
	

Mur mixte





Il peut être réalisé avec ou sans ferraillage en deuxième face :

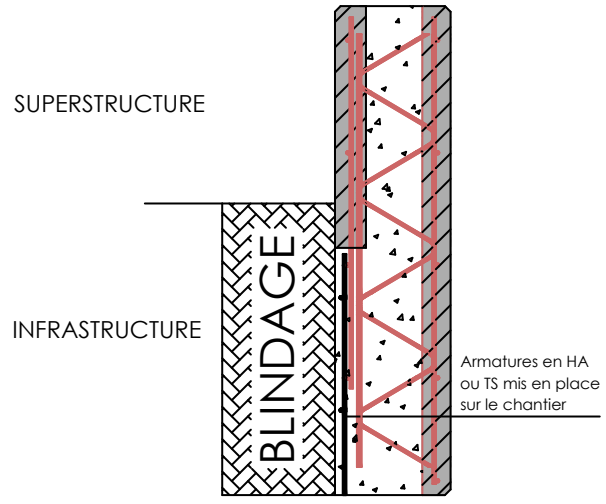
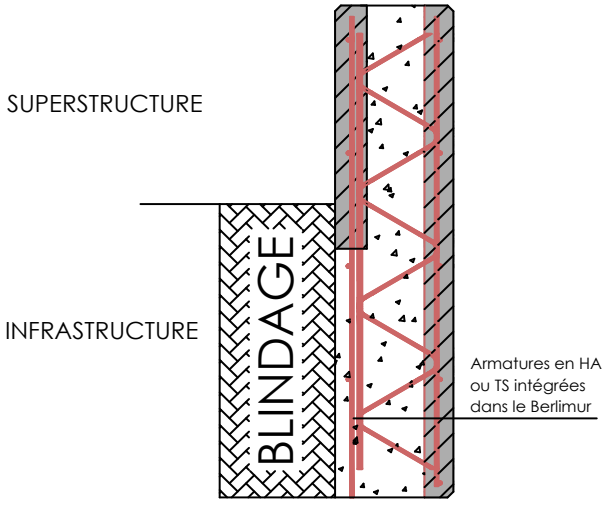
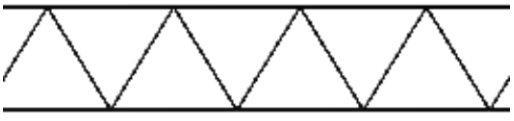
Berlimur sans ferraillage extérieur intégré	**Berlimur avec ferraillage extérieur intégré**
	

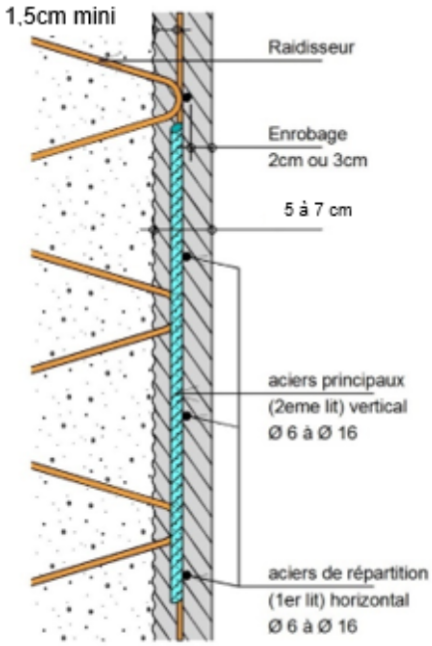
FIGURE 3 Treillis raidisseurs

Raidisseurs standards
type KT de BDW



Hauteur variable
Largeur de 7 à 9 cm

FIGURE 4 Détail / Position des aciers



5 à 7 cm

FIGURE 5 Douilles métal

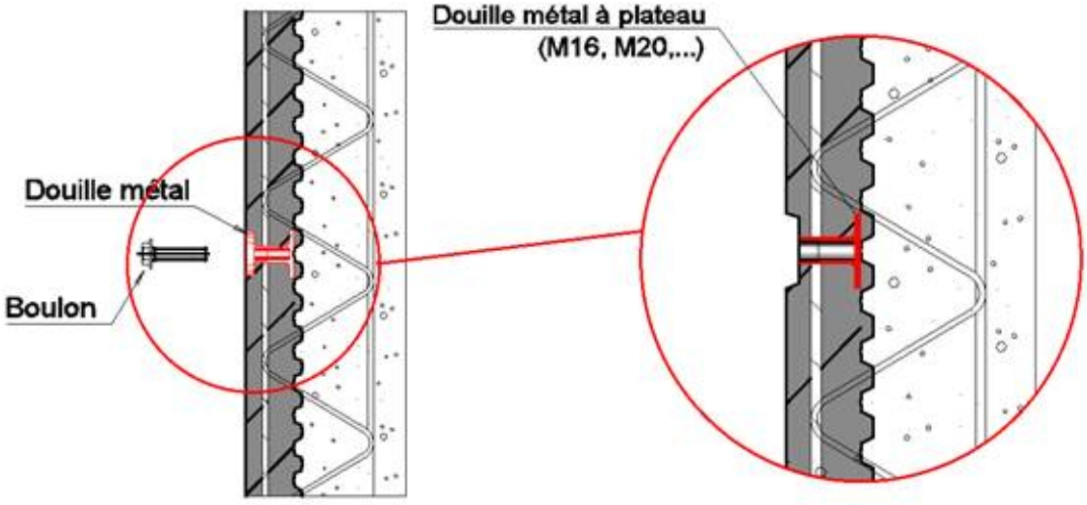
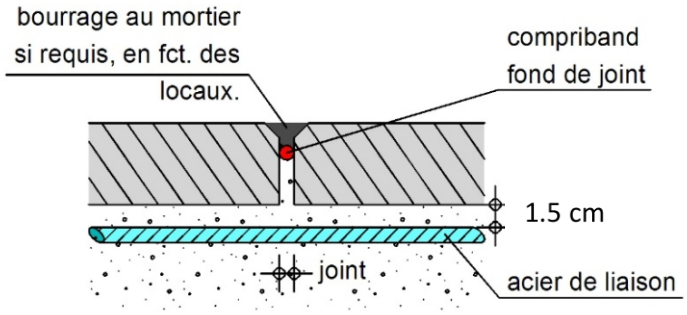
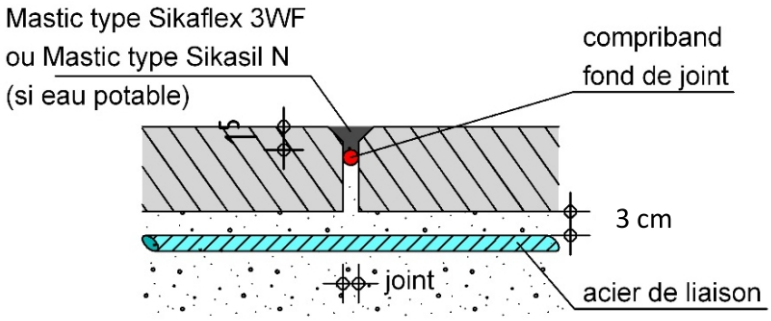


FIGURE 6 Traitement de joints

JOINT INTERIEUR NON EXPOSE



JOINT INTERIEUR EN CONTACT AVEC DE L'EAU EN PRESSION



Liaison avec treillis soudés en 2ème face

FIGURE 7 Liaison d'angle (rotulée)

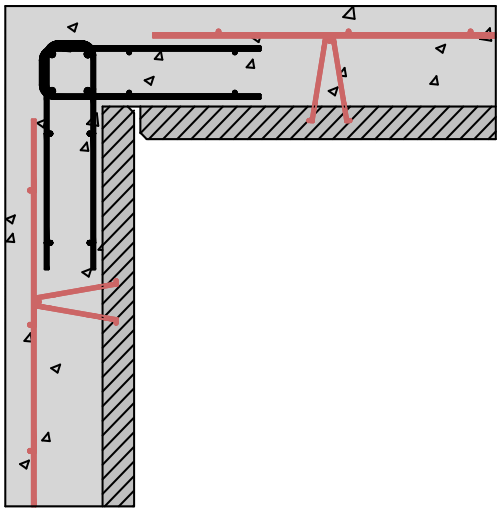


FIGURE 8 Liaison d'angle (couturée)

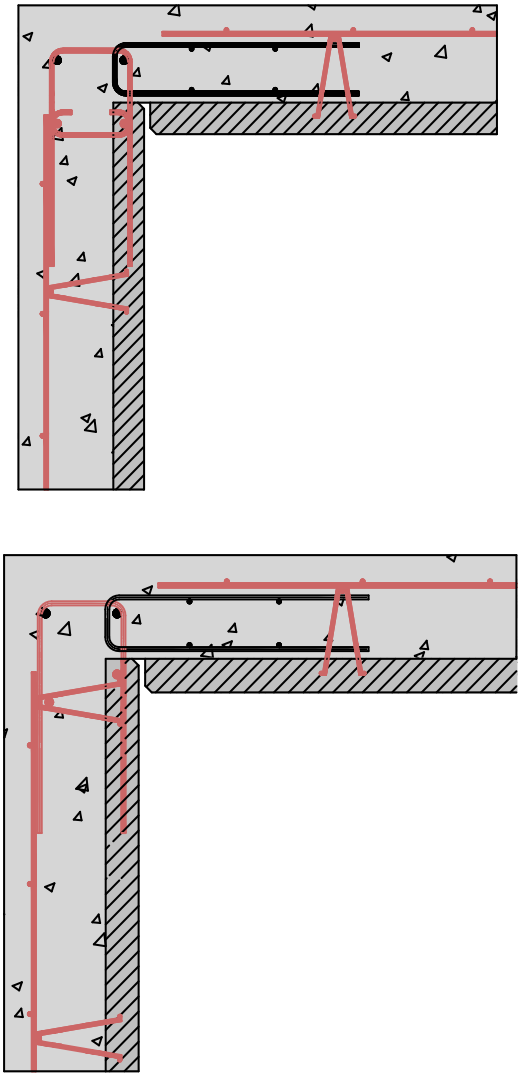


FIGURE 9 Liaison d'angle (encastrée coté extérieur)

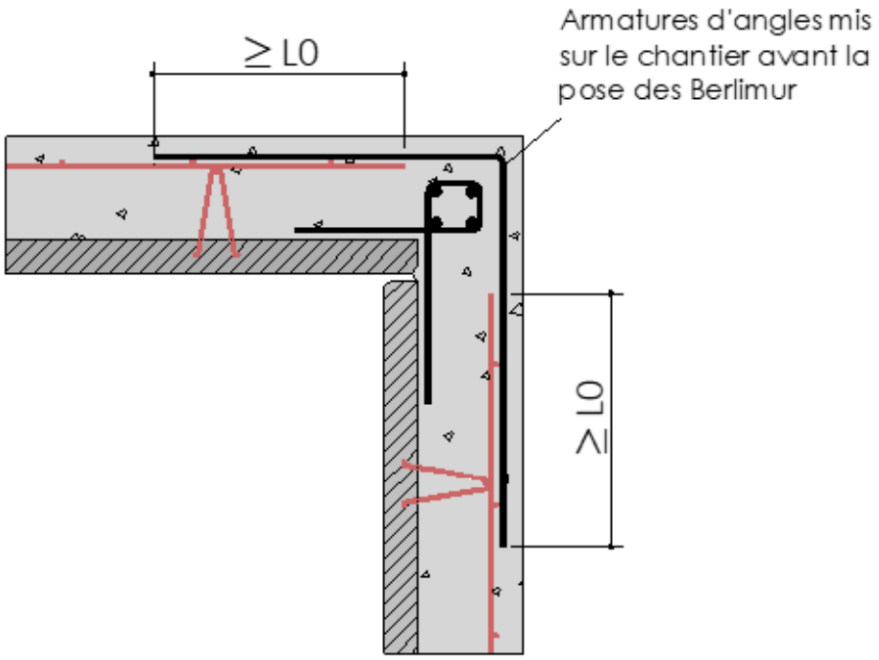
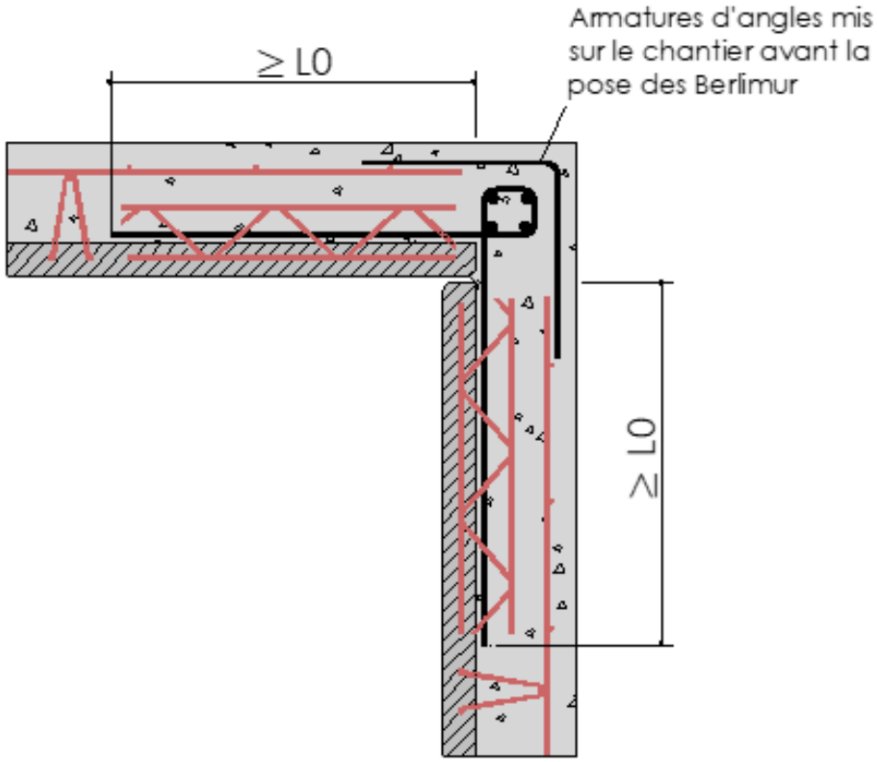


FIGURE 10 Liaison d'angle (encastrée coté intérieur)



Cas 1 : Si la section mis en place reprend à elle seule 100% de l'encastrement : Pas besoin de L0
Cas 2 : Si la section mis en place est combinée à la section dans la paroi préfa : Besoin de L0

FIGURE 11 liaison droite (rotulée)

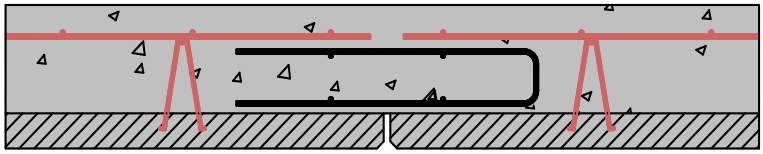


FIGURE 12 Liaison droite (couturée)

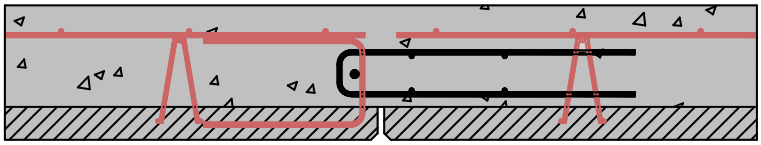


FIGURE 13 Liaison d'angle biaise (rotulée)

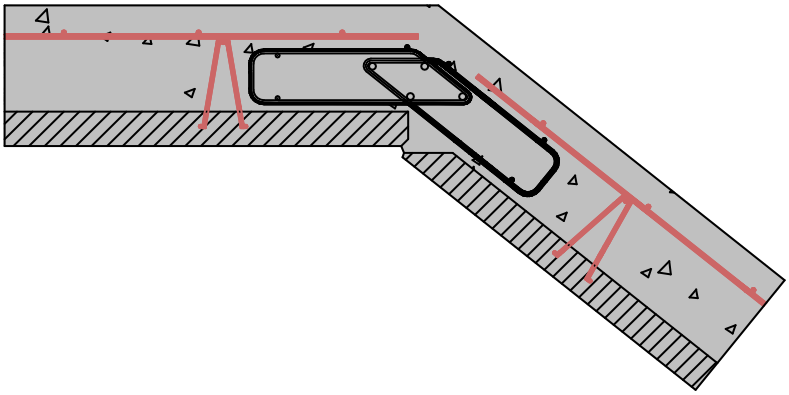


FIGURE 14 Liaison d'angle biaise (rotulée)

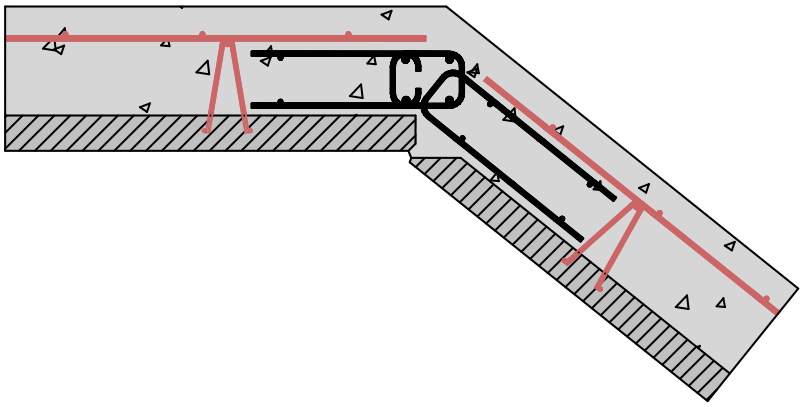


FIGURE 15 Liaison en pied (encastrée côté extérieur)

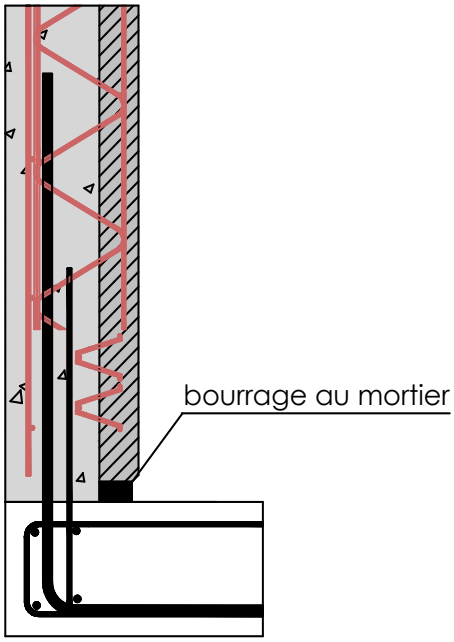


FIGURE 16 Liaison en pied (encastrée côté intérieur)

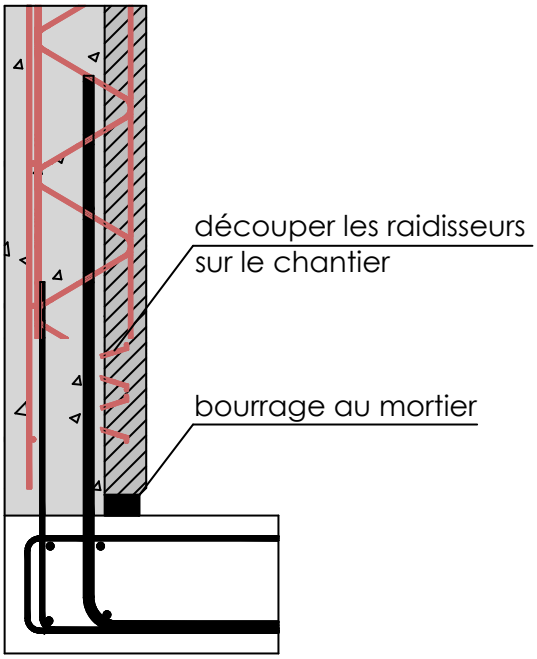


FIGURE 17 Liaison en pied (rotulée)

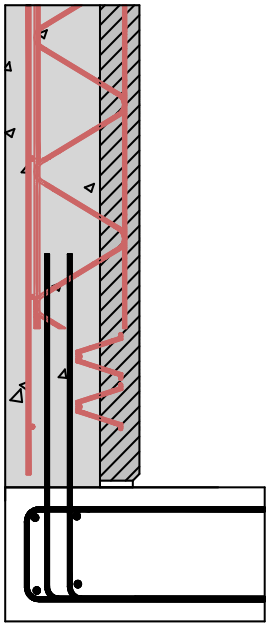
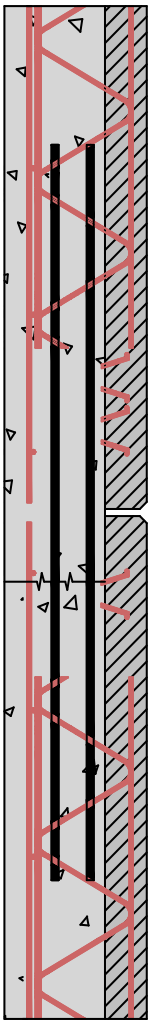


FIGURE 18 Liaison horizontale (encastrée)



Liaison sans treillis soudés en 2ème face

FIGURE 19 Liaison d'angle (rotulée)

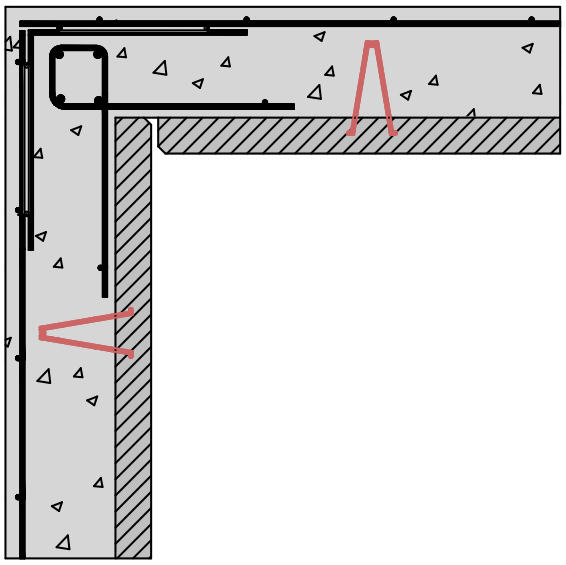


FIGURE 20 Liaison d'angle (couturée)

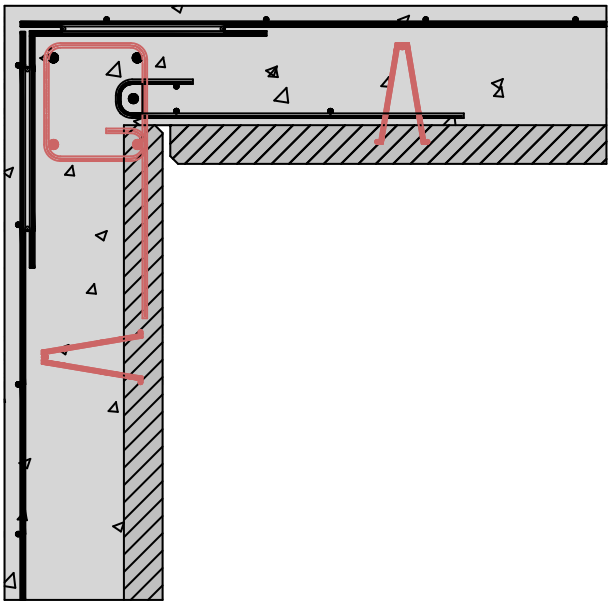


FIGURE 21 Liaison d'angle (encastrée côté extérieur)

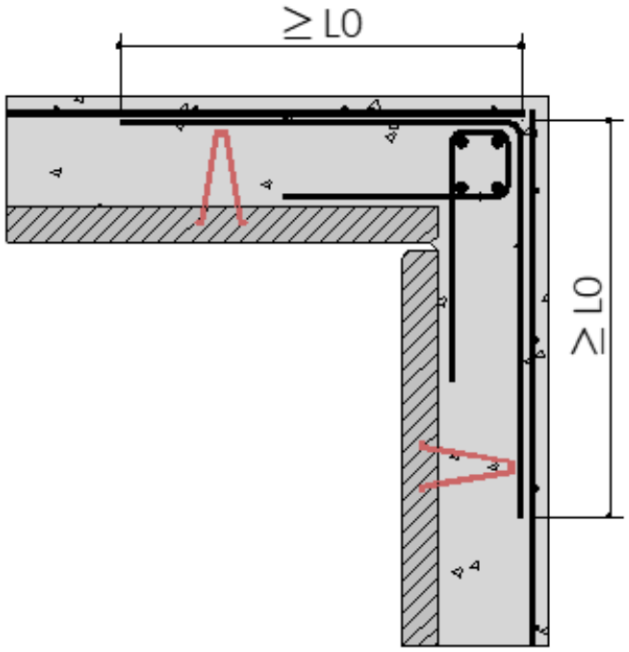
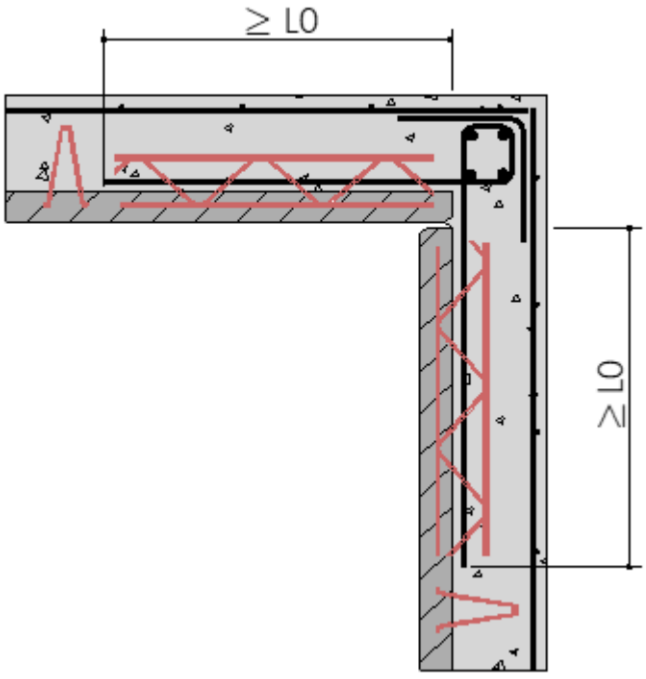


FIGURE 22 Liaison d'angle (encastrée côté intérieur)



Cas 1 : Si la section mis en place reprend à elle seule 100% de l'encastrement : Pas besoin de L0
Cas 2 : Si la section mis en place est combinée à la section dans la paroi préfa : Besoin de L0

FIGURE 23 Liaison droite (rotulée)

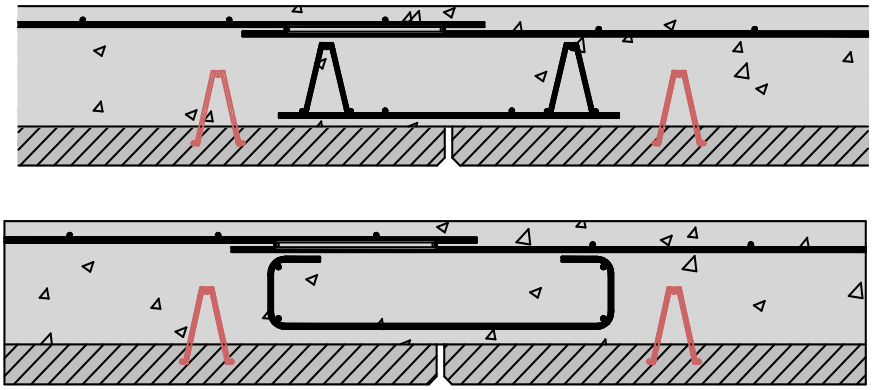


FIGURE 24 Liaison droite (couturée)

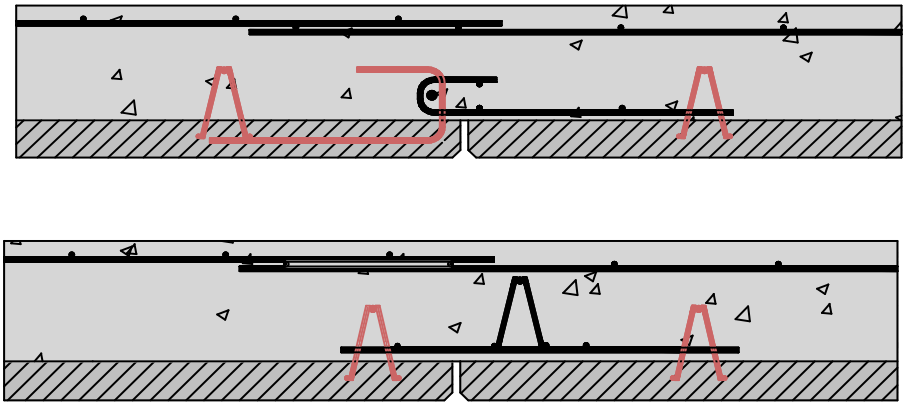


FIGURE 25 Liaison droite (encastrée)

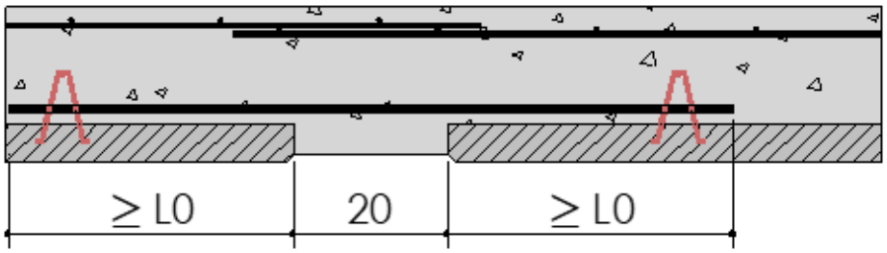


FIGURE 26 Liaison d'angle biaise (rotulée)

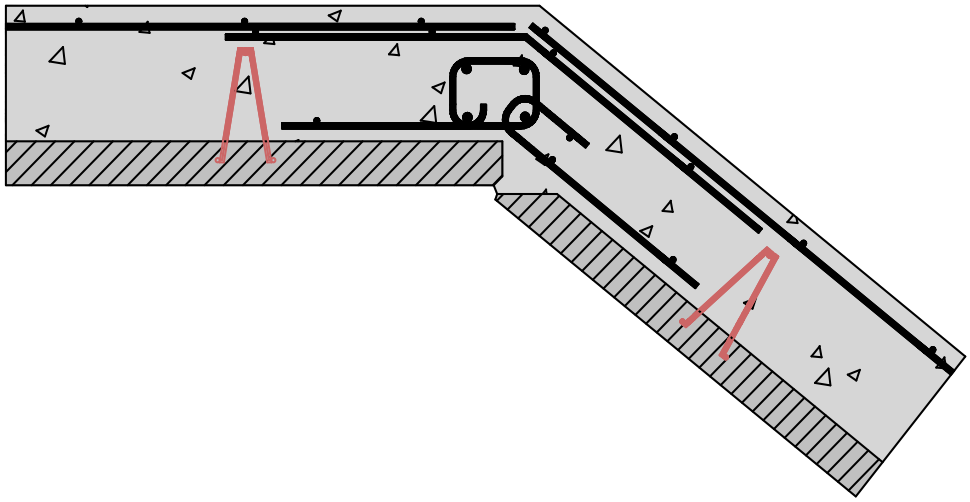


FIGURE 27 Liaison d'angle biaise (encastrée)

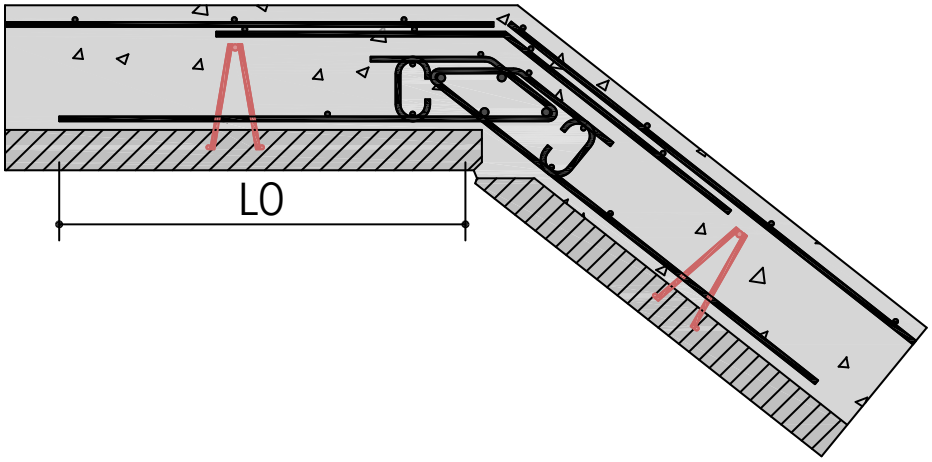


FIGURE 28 Liaison en pied (encastrée côté extérieur)

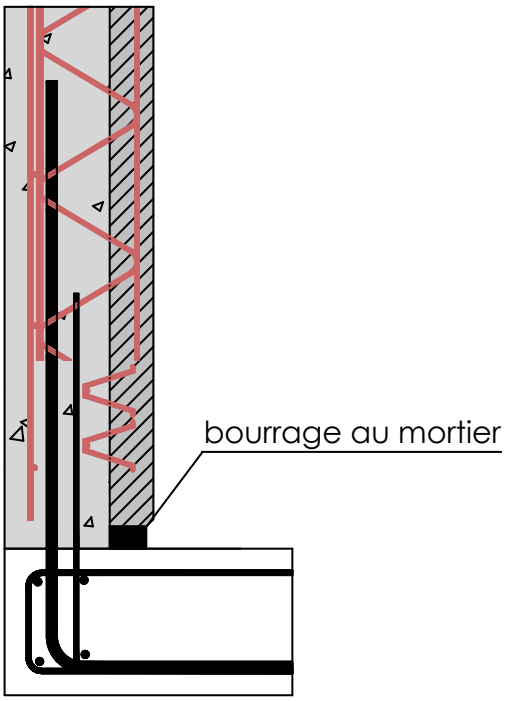


FIGURE 29 Liaison en pied (encastrée côté intérieur)

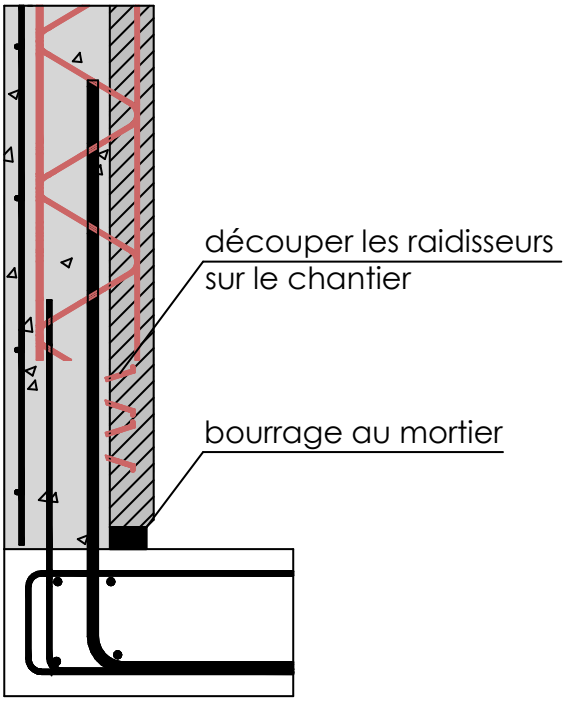
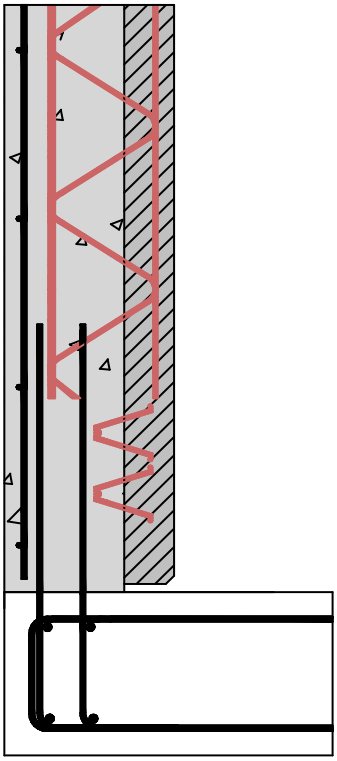
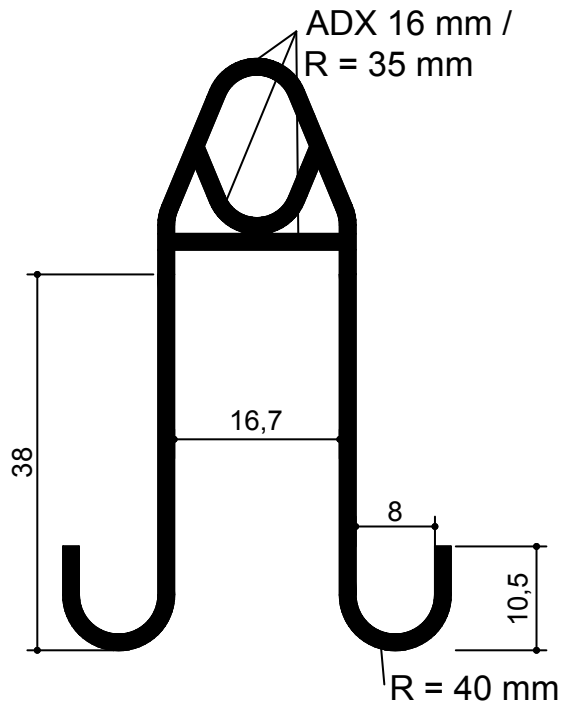
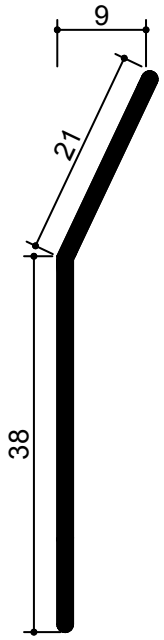


FIGURE 30 Liaison en pied (rotulée)

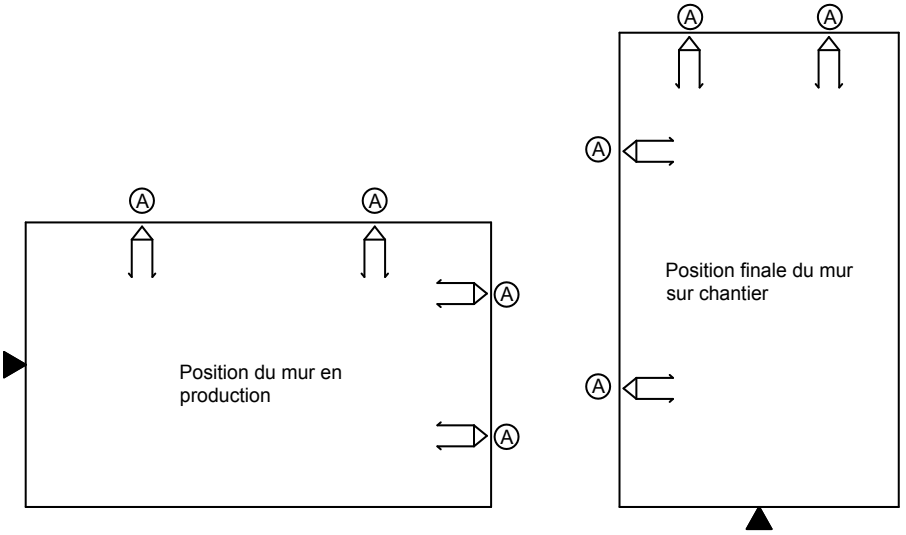


ANNEXES

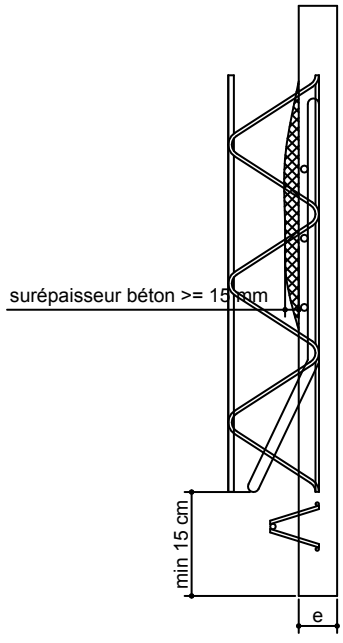
ANNEXE 1 : Plan des inserts de levage

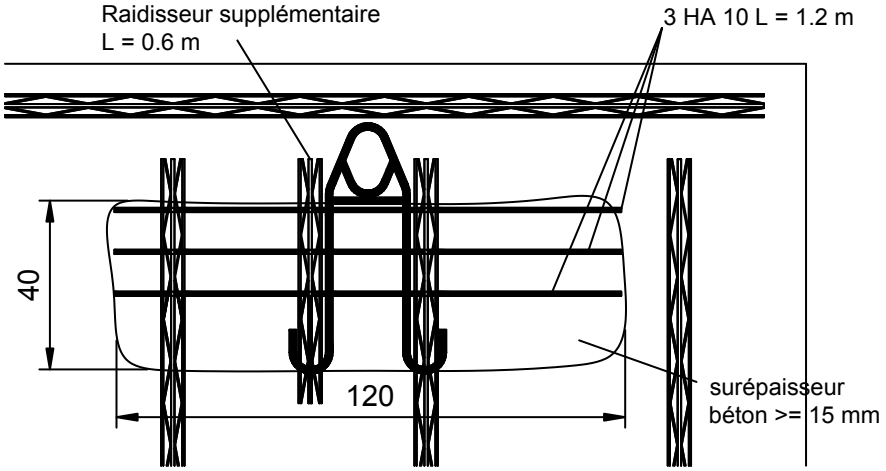
Vue de face	Vue transversale
 Cotation en cm	 Cotation en cm

ANNEXE 2 : Insertion de l'insert de levage dans le Berlimur



Position par rapport au bord du panneau





ANNEXE 3 : Tableau des caractéristiques des raidisseurs

a) Raidisseur type 8/5/5

Désignation	Hauteur (cm)	ϕ Acier Ht	ϕ Acier Bas	ϕ Diagonale	Moment résistant ultime (daN.m)		Tranchant résistant ultime (daN/ml)		Poids (kg/m)
					Esp. 60 cm	Esp. 33 cm	Esp. 60 cm	Esp. 33 cm	
807	7	8	5	5	225	287,9	758,3	1378,8	1,08
808	8	8	5	5	230	303	758,3	1378,8	1,10
809	9	8	5	5	233,3	318,2	758,3	1378,8	1,12
810	10	8	5	5	235	330,3	758,3	1378,8	1,14
811	11	8	5	5	238,3	342,4	758,3	1378,8	1,17
812	12	8	5	5	240	351,5	758,3	1378,8	1,19
813	13	8	5	5	241,7	363,6	758,3	1378,8	1,21
814	14	8	5	5	245	378,9	733,3	1333,3	1,24
815	15	8	5	5	248,3	393,9	708,3	1287,9	1,27
816	16	8	5	5	251,7	409,1	683,3	1242,4	1,29
817	17	8	5	5	255	424,2	658,3	1197,0	1,32
818	18	8	5	5	258,3	439,4	633,3	1151,5	1,35
819	19	8	5	5	263,3	451,5	606,7	1103,0	1,37
820	20	8	5	5	266,7	463,6	580	1054,5	1,40
821	21	8	5	5	271,7	478,8	555	1009,1	1,43
822	22	8	5	5	275	490,9	528,3	960,6	1,46
823	23	8	5	5	280	503	501,7	912,1	1,49
824	24	8	5	5	283,3	515,2	475	863,6	1,52
825	25	8	5	5	283,3	515,2	450	818,2	1,54
826	26	8	5	5	283,3	515,2	425	772,7	1,57

b) Raidisseur type 10/6/6

Désignation	Hauteur (cm)	ϕ Acier Ht	ϕ Acier Bas	ϕ Diagonale	Moment résistant ultime (daN.m)		Tranchant résistant ultime (daN/ml)		Poids (kg/m)
					Esp. 60 cm	Esp. 33 cm	Esp. 60 cm	Esp. 33 cm	
807	7	10	6	6	333,3	560,6	1083,3	1969,7	1,61
808	8	10	6	6	338,3	575,8	1083,3	1969,7	1,64
809	9	10	6	6	341,7	590,9	1083,3	1969,7	1,66
810	10	10	6	6	346,7	606,1	1083,3	1969,7	1,70
811	11	10	6	6	350	621,2	1083,3	1969,7	1,73
812	12	10	6	6	350	630,3	1083,3	1969,7	1,76
813	13	10	6	6	350	636,4	1083,3	1969,7	1,80
814	14	10	6	6	350	636,4	1083,3	1969,7	1,83
815	15	10	6	6	350	636,4	1083,3	1969,7	1,87
816	16	10	6	6	350	636,4	1083,3	1969,7	1,90
817	17	10	6	6	350	636,4	1083,3	1969,7	1,94
818	18	10	6	6	350	636,4	1083,3	1969,7	1,98
819	19	10	6	6	350	636,4	1083,3	1969,7	2,02
820	20	10	6	6	350	636,4	1083,3	1969,7	2,07
821	21	10	6	6	350	636,4	1016,7	1848,5	2,11
822	22	10	6	6	350	636,4	950	1727,3	2,15
823	23	10	6	6	350	636,4	883,3	1606,1	2,19
824	24	10	6	6	350	636,4	816,7	1484,8	2,23
825	25	10	6	6	350	636,4	758,3	1378,8	2,27
826	26	10	6	6	350	636,4	700	1272,7	2,32
827	27	10	6	6	350	636,4	616,7	1121,2	2,36
828	28	10	6	6	350	636,4	533,3	969,7	2,40
829	29	10	6	6	350	636,4	450	818,2	2,44
830	30	10	6	6	350	636,4	366,7	666,7	2,49

c) Raidisseur type 12/6/6 et 12/6/7

Désignation	Hauteur (cm)	ϕ Acier Ht	ϕ Acier Bas	ϕ Diagonale	Moment résistant ultime (daN.m)		Tranchant résistant ultime (daN/ml)		Poids (kg/m)
					Esp. 60 cm	Esp. 33 cm	Esp. 60 cm	Esp. 33 cm	
807	7	12	6	6	333,3	606,1	1083,3	1969,7	1,87
808	8	12	6	6	375	681,8	1083,3	1969,7	1,90
809	9	12	6	6	416,7	757,6	1083,3	1969,7	1,93
810	10	12	6	6	458,3	833,3	1083,3	1969,7	1,96
811	11	12	6	6	500	909,1	1083,3	1969,7	1,99
812	12	12	6	7	541,7	984,8	758,3	1378,8	2,28
813	13	12	6	7	583,3	1060,6	1166,7	2121,2	2,33
814	14	12	6	7	625	1136,4	1166,7	2121,2	2,38
815	15	12	6	7	666,7	1212,1	1166,7	2121,2	2,43
816	16	12	6	7	683,3	1242,2	1166,7	2121,2	2,48
817	17	12	6	7	700	1272,7	1166,7	2121,2	2,53
818	18	12	6	7	716,7	1303,0	1166,7	2121,2	2,59
819	19	12	6	7	733,3	1333,3	1166,7	2121,2	2,64
824	24	12	6	7	733,3	1333,3	898.3	1633,3	2,94

d) Raidisseur type 14/6/7

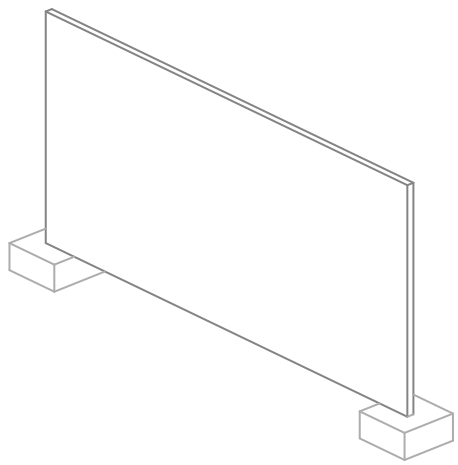
Désignation	Hauteur (cm)	ϕ Acier Ht	ϕ Acier Bas	ϕ Diagonale	Moment résistant ultime (daN.m)		Tranchant résistant ultime (daN/ml)		Poids (kg/m)
					Esp. 60 cm	Esp. 33 cm	Esp. 60 cm	Esp. 33 cm	
807	7	14	6	7	435	790,9	1166,7	2121,2	2,38
808	8	14	6	7	488,3	887,9	1166,7	2121,2	2,42
809	9	14	6	7	541,7	984,8	1166,7	2121,2	2,46
810	10	14	6	7	590	1072,7	1166,7	2121,2	2,50
811	11	14	6	7	640	1163,6	1166,7	2121,2	2,55
812	12	14	6	7	690	1254,5	1166,7	2121,2	2,60
813	13	14	6	7	738,3	1342,4	1166,7	2121,2	2,65
814	14	14	6	7	780	1418,2	1166,7	2121,2	2,70
815	15	14	6	7	821,7	1493,9	1166,7	2121,2	2,75
816	16	14	6	7	841,7	1530,3	1166,7	2121,2	2,80
817	17	14	6	7	860	1563,6	1166,7	2121,2	2,86
818	18	14	6	7	880	1600	1166,7	2121,2	2,91

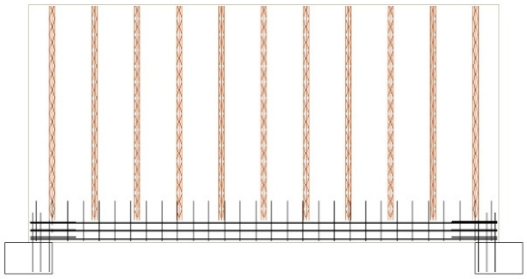
e) Raidisseur type 16/6/7

Désignation	Hauteur (cm)	ϕ Acier Ht	ϕ Acier Bas	ϕ Diagonale	Moment résistant ultime (daN.m)		Tranchant résistant ultime (daN/ml)		Poids (kg/m)
					Esp. 60 cm	Esp. 33 cm	Esp. 60 cm	Esp. 33 cm	
807	7	16	6	7	550	1000	1166,7	2121,2	2,75
808	8	16	6	7	616,7	1121,2	1166,7	2121,2	2,79
809	9	16	6	7	683,3	1242,4	1166,7	2121,2	2,83
810	10	16	6	7	741,7	1348,5	1166,7	2121,2	2,87
811	11	16	6	7	800	1454,5	1166,7	2121,2	2,92
812	12	16	6	7	858,3	1560,6	1166,7	2121,2	2,97
813	13	16	6	7	916,7	1666,7	1166,7	2121,2	3,02
814	14	16	6	7	958,3	1742.4	1166,7	2121,2	3,07
815	15	16	6	7	1000	1818,2	1166,7	2121,2	3,12
816	16	16	6	7	1021,7	1857,6	1166,7	2121,2	3,17
817	17	16	6	7	1045	1900	1166,7	2121,2	3,23
818	18	16	6	7	1066,7	1939,4	1166,7	2121,2	3,28

ANNEXE 4 : Cas type de poutres voiles en BERLIMUR

Cas 1

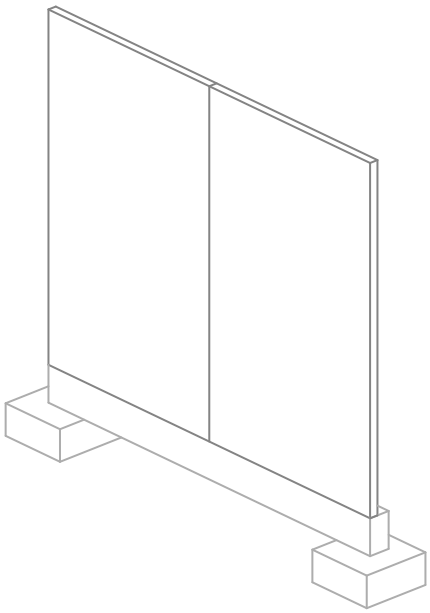


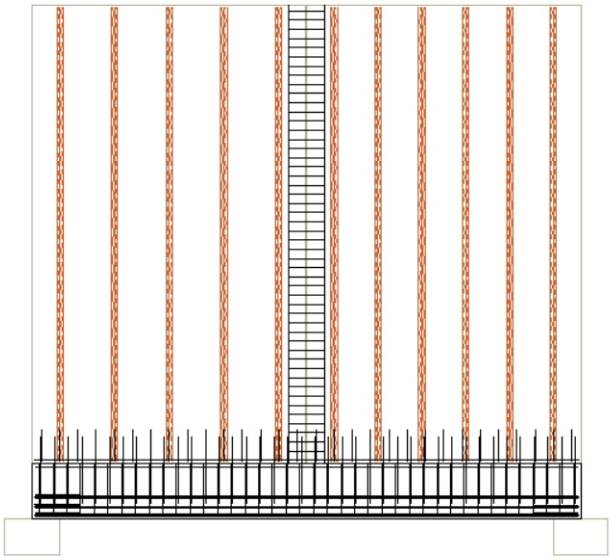


Poutre voile réalisée en un seul tenant, avec intégration complète du tirant dans la partie structurelle.

- Cette solution ne nécessite pas de vérifications particulières étant donné l'absence de joints hormis la vérification du déversement si nécessaire.

Cas 2

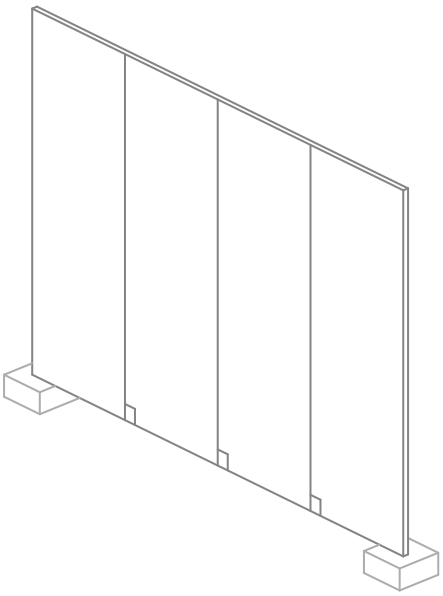


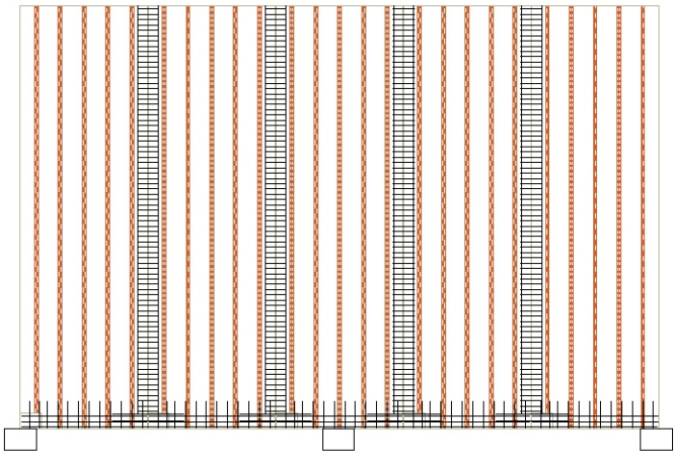


Poutre voile en plusieurs parties

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

Cas 3





Poutre voile réalisée entièrement en BERLIMUR 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 de 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

ANNEXE 5 : Dispositions constructives

Equivalence entre raidisseurs et armatures en U ou épingles.

Le tableau d'équivalence 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.

$$A_s = 4.F_s.(\frac{\sin\alpha \times \sin\beta}{st})/f_{yk}$$

Avec :

- f_{yk} : limite caractéristique d'élasticité de l'acier des épingles ;
- α : angle d'inclinaison des diagonales du treillis raidisseur par rapport au plan de reprise dans le sens longitudinal ;
- β : angle d'inclinaison des diagonales dans le plan transversal ;
- F_s : effort résistant au niveau du plan de cisaillement oblique calculé de la manière suivante :

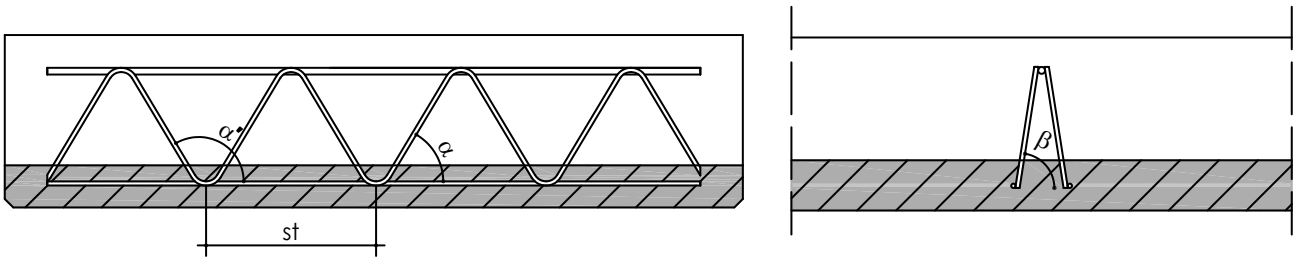
$$F_s = Min(A_{raid,Di} \times R_{e,Di}; F_w)$$

  - $R_{e,Di}$: 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 sinusoïdes sur les armatures longitudinales du treillis raidisseur ;

Largeur de la partie structurelle	Type de raidisseur	Section cm²/ml	Equivalent espacement armatures classiques en		
			ϕ 6	ϕ 8	ϕ 10
15	KT 811 8-5-5	2,77	11	19	29
17	KT 813 8-5-5	3,00	10	17	27
20	KT 815 8-5-5	3,18	9	16	25
25	KT 820 8-5-5	3,45	9	15	23
30	KT 825 8-5-6	3,61	8	14	22
35	KT 830 8-5-6	3,70	8	14	22

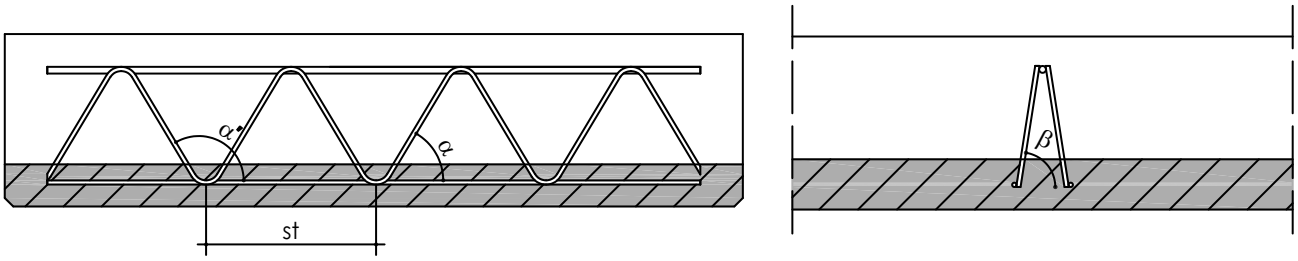
Nota : les types de raidisseur en fonction des épaisseurs de murs sont donnés à titre indicatif. Elles sont sujettes à variation en fonction des enrobages des aciers du BERLIMUR.

Ces valeurs sont mobilisables pour de l'enrobage intérieur minimal de 1,5 cm conformément aux éléments décrit dans la documentation Allemande de DELTA DRAHT



ANNEXE 6 : Exemple de calcul de ρ_α

Avec les raidisseurs courants de section triangulaire, type Treillis Warren



$$\rho_\alpha = \rho_{\alpha'} = \frac{(2 \times A_d \times \sin\beta)}{(st \times e)}$$

Avec :

- A_d : sections d'une diagonale (m²)
- e : espacement des raidisseurs (m)
- st : pas de sinusoïde (m)
- β : inclinaison des diagonales dans le plan transversal

Par exemple pour :

- Espacement des raidisseurs = 60 cm
- Diagonales ϕ 5 mm
- Pas de la sinusoïde st = 20 cm
- β = 86°, soit sin β = 0,997

On obtient ρ_α = 0,0326%

ANNEXE 7 : Exemple de calcul de $\tau_{Rd,lim}$

Le cisaillement admissible $\tau_{Rd,lim}$ à l'interface béton préfabriqué/béton coulé en place est donné par l'expression :

$$\tau_{Rd,lim} = \min[v_{Rdi}; 0{,}5 \times \nu \times f_{cd,n}]$$

Avec :

$$v_{Rdi} = \mathrm{c} \times f_{ctd,n} + \rho_{\alpha} \times f_t(\mu \times \sin\alpha + \cos\alpha) + \rho_{\alpha'} \times f_t(\mu \times \sin\alpha' + \cos\alpha')$$

Avec :

- c tel que :
  - c = 0,2 dans le cas de charges principalement statiques
  - c = 0,1 dans le cas de charges dynamiques
- μ = 0,6
- α et α' : inclinaisons des diagonales dans le plan longitudinal
- ρ_{α} et $\rho_{\alpha'}$: pourcentages des armatures transversales ancrées de part et d'autre du plan de reprise suivant l'angle α ou α'.
- f_{ctd} : valeur de calcul de la résistance en traction du béton de remplissage ($\alpha_{ct} \times f_{tk,n}/\gamma_c$)
  - $f_t = \min\left[\frac{f_{yk}}{\gamma_s}; \frac{R}{(A_d \times \gamma_s)}\right]$
  - γ_s =1,15
  - f_{yk} =limite caractéristique élastique de l'acier
  - R = résistance des soudures
  - A_d = section d'une diagonale du raidisseur treillis
  - $\nu = 0{,}6 \times \left(1 - \frac{f_{ck,n}}{250}\right)$

Ainsi par exemple

- Pour un béton de remplissage tel que $f_{ck,n}$ = 25 MPa, $f_{cd,n}$ = 16,7 MPa et $f_{ctd,n}$ = 1,20 MPa
- Pour des raidisseurs de section triangulaire, type treillis Warren, espacés de 60 cm, avec f_{yk} = 500 MPa, R = 980 daN dont les caractéristiques géométriques sont les suivantes : ϕ diagonales = 5 mm, pas de la sinusoïde = 20 cm, α = 56°, α' = 180° - 56° = 124° et β = 86°

Le pourcentage d'armatures transversales est calculé comme présenté dans l'Annexe 4 et on obtient $\rho_{\alpha} = \rho_{\alpha'}$ = 0,0326 %.

De plus, $f_t = min\left(\frac{f_{yk}}{\gamma_s}; \frac{R}{A_d \times \gamma_s}\right) = min\left(\frac{500}{1{,}15}; \frac{9800}{1{,}15 \times \frac{\pi \times 5^2}{4}}\right)$ = 434 MPa

On en déduit la valeur de v_{Rdi} :

v_{Rdi} = 0,2 x 1,2 + 3,26.10^{-4}x 434 x (0,6 x sin 56° + cos 56°) + 3,26.10^{-4}x 434 x (0,6 x sin124° + cos124°)

v_{Rdi} = 0,38 MPa

De plus comme $v_{Rdi} < 0{,}5\, \nu\, f_{cd}$ = 0,5 x 0,6 x (1 - 25/250) x 16,7 = 4,5 MPa

On a donc :

$\tau_{Rd,lim}$ = 0,38 MPa

En resserrant les armatures suivant un espacement de 50 cm, le pourcentage d'armature est alors ρ = 0,0392 %, la valeur admissible de cisaillement à l'interface devient :

$\tau_{Rd,lim}$ = 0,41 MPa

ANNEXE 8 : Principe de calcul des efforts résistant des joints entre BERLIMUR

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

$$V_{Ed,i} \leq V_{Rd,i}$$

avec : $V_{Ed,i}$ L'effort tranchant sollicitant maximal à l'ELU (cf. § 1 ci-après),

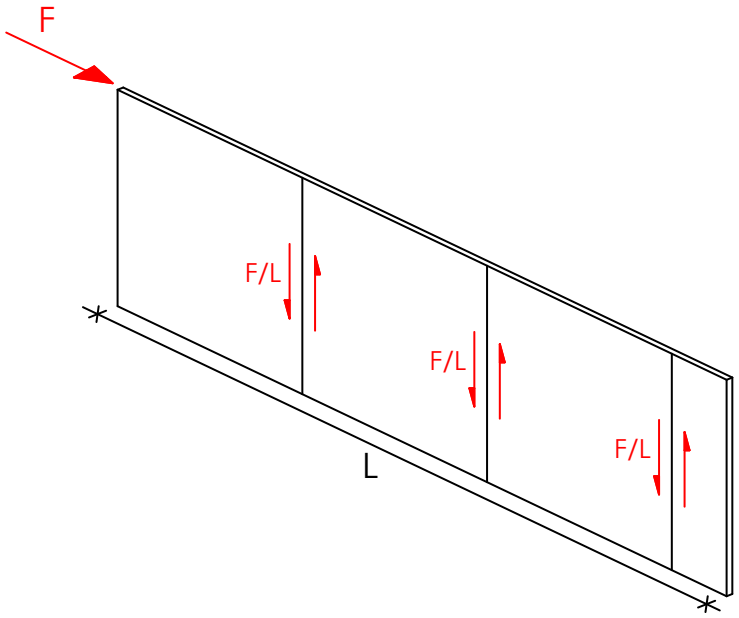
$V_{Rd,i}$ L'effort tranchant résistant au droit du joint (cf. § 2 ci-après).

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).

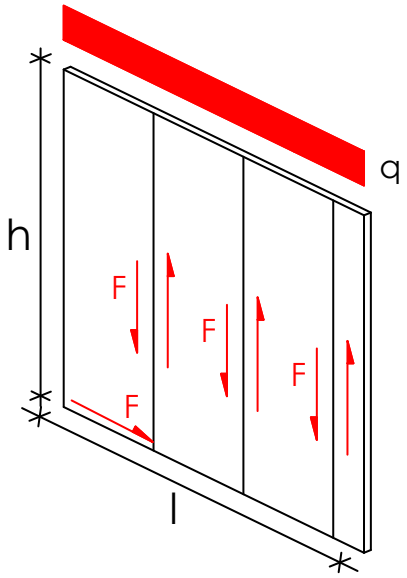
De même, la section des armatures de liaison doit être au moins égale à la section minimale prescrite pour les éléments continus équivalents et leurs longueurs doivent être suffisantes pour assurer le recouvrement avec les armatures intégrées dans les peaux coffrantes.

1. DETERMINATION DES EFFORTS SOLLICITANTS

1.1. CONTREVENTEMENT



1.2.POUTRE VOILE



V = q.l/2
F = V/min(h;l)

$V_{Ed,i}$ = F = V / min(h ;l) avec V = q.l/2 = V_{max}

2. DETERMINATION DES EFFORTS RESISTANTS

2.1. PRINCIPE GENERAL

La valeur de calcul de la contrainte de cisaillement au droit du joint est donnée par l'expression suivante :

$$V_{Rd,i} = c \times f_{ctd,n} + \mu \times \sigma_n + \rho \times f_{yd} \times (\mu \sin\alpha + \cos\alpha) \leq 0{,}5 \times \nu \times f_{cd,n}$$

Avec :

- $f_{cd,n}$: la valeur de calcul de la résistance en compression du béton du noyau coulé en place, définie à l'article 3.1.6 de la norme NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA ;
- $f_{ctd,n}$: la valeur de calcul de la résistance en traction du béton du noyau coulé en place, définie à l'article 3.1.6 de la norme NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA ;
- f_{yd} : la limite d'élasticité de calcul de l'acier de béton armé égale à f_{yk}/γ_s ;
- f_{yk} : la limite caractéristique d'élasticité de l'acier de béton armé ;
- γ_s : le coefficient partiel de sécurité de l'acier ;
- ν : le coefficient de réduction de la résistance du béton est donné par l'expression suivante :

$$\nu = 0{,}6 \times \left(1 - \frac{f_{ck,n}}{250}\right)$$

- σ_n : contrainte engendrée par la force normale externe minimale à l'interface susceptible d'agir en même temps que l'effort de cisaillement ;
- ρ : le ratio d'armatures de liaison traversant la section au droit du joint ; $\rho = \frac{A_{lj}}{Aj}$
- α : l'angle d'inclinaison des armatures de liaison au droit du joint.

Dans le cas de configurations particulières pour lesquelles le mur en retour est associé comme une membrure comprimée, le glissement dans la section doit être vérifié selon l'article 6.2.4 de la norme NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale

Les coefficients c, μ sont présentés dans le tableau ci-après :

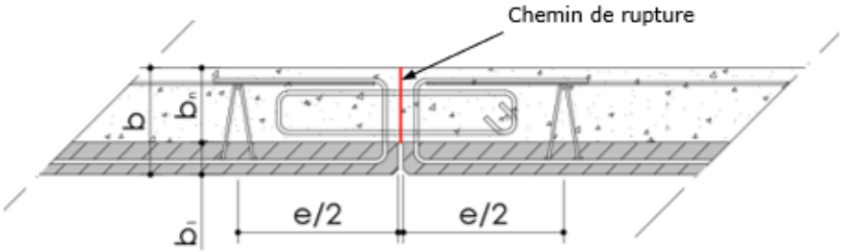
ELU	Fondamental.	Accidentel
C_1 (pleine masse)	0,5	0,25
C_2 (surface lisse)	0,2	0,1
μ	0,6	0,6

Tableau 3 : Valeurs des coefficients c, μ

- c_1 : coefficient de cohésion du béton cisaillé pleine masse selon la même hypothèse que la vérification en section réduite au droit du joint.
- c_2 : coefficient de cohésion du béton cisaillé à l'interface noyau/paroi préfabriquée supposée « lisse ».
- μ : coefficient de frottement

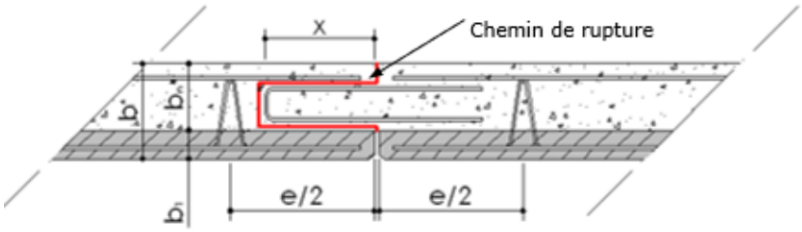
2.2. EXEMPLE DE LIAISON

1. Résistance du plan de rupture passant par les armatures



$$V_{Rd,1} = [c_1.f_{ctd,n}.b_n + \mu.(\sigma_n + \rho.f_{yd}).b_n].l$$

2. Cas de la liaison sans couture aux abouts (cas incompatible avec une utilisation en poutre-voile) :

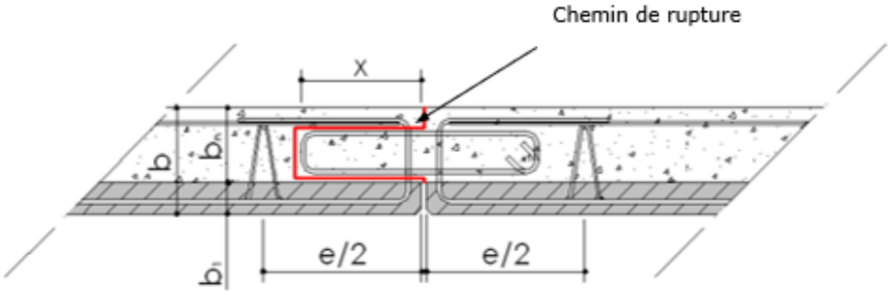


$$V_{Rd,2} = [c_1.f_{ctd,n}.(b_n + x) + c_2.f_{ctd,n}.x + \mu.\sigma_n.b_n].l$$

Avec :

x : la distance de l'about d'armature à l'axe du joint

3. Cas de la liaison avec couture aux abouts



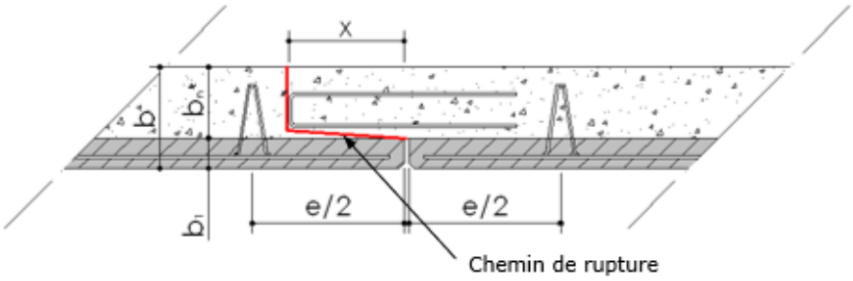
$$V_{Rd,3} = [c_1.f_{ctd,n}.(b_n + x) + c_2.f_{ctd,n}.x + \mu.(\sigma_n + \rho.f_{yd}).b_n].l$$

Avec :

$$\rho = \frac{2.A_c}{S_n}$$

x : la distance de l'about d'armature à l'axe du joint

4. Cas de la liaison sans couture aux abouts (cas incompatible avec une utilisation en poutre voile) – avec noyau non armé côté extérieur :



$$V_{Rd,4} = [(c_1.f_{ctd,n}.b_n + c_2.f_{ctd,n}.x].l$$

Avec : x : la distance de l'about d'armature à l'axe du joint