

# Document Technique d'Application

Référence Avis Technique **3.2/19-1002\_V1**

Annule et remplace l'Avis Technique 3/14-767\_V1

*Mur à coffrage intégré*  
*Incorporated shuttering wall*

## BERLIMUR®

Relevant des normes

**NF EN 14992**

**NF EN 15258**

**Titulaire :** SPURGIN LEONHART  
Route de Strasbourg  
BP 20151 – 67603 SELESTAT CEDEX  
Tél. : 03.88.58.88.30  
Fax : 03.88.82.83.97

**Groupe Spécialisé n° 3.2**

Murs et accessoires de mur

Publié le 28 janvier 2020



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

(arrêté du 21 mars 2012)

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

**Le Groupe Spécialisé n°3.2 « Murs et accessoires de mur » de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques a examiné le 19 novembre 2019 le procédé de mur à coffrage intégré une face « BERLIMUR® » exploité par la société SPURGIN LEONHART. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après, qui annule et remplace l'Avis Technique 3/14-767\_V1. Cet Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine.**

## 1. Définition succincte

### 1.1 Description succincte

Procédé de mur à coffrage intégré une face, constitué d'une paroi mince préfabriquée en béton armé, rigidifiée par des treillis raidisseurs verticaux et servant de coffrage en œuvre à un béton prêt à l'emploi, pour réalisation de murs articulés ou encastrés. Le mur est mis en œuvre contre un support qui est soit un ouvrage de soutènement (type paroi berlinoise) soit un mur de joint de dilatation.

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

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.

Ils peuvent, sur une partie de leur surface, comporter deux parois préfabriquées.

Les revêtements intérieurs correspondent à des finitions classiques sur béton lisse ou à des finitions classiques sur doublage isolant selon le cas.

### 1.2 Identification

L'identification des composants se fait comme indiqué au paragraphe A.1.3 par le tenant du système.

### 1.3 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. AVIS

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

Ne sont pas visés au titre du présent Avis :

- Les accessoires de levage non incorporés aux « 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, ...).

### 2.1 Domaine d'emploi accepté

Murs d'ouvrages, de locaux d'habitation, bureaux, établissements recevant du public, locaux industriels pouvant comporter plusieurs niveaux de sous-sol, en situation immergée ou non. Le support existant est de type mur de soutènement (paroi berlinoise par exemple) ou murs de joints de dilatation. Les limites de hauteur résultent de l'application des règles de dimensionnement mentionnées au § 2.3.

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

Les éléments avec des peaux d'épaisseur nominale inférieures à 55 mm ne sont pas visés par l'avis quant à leur aptitude au levage. Les conditions d'utilisation des valeurs de CMU de ces boucles de levage sont précisées dans l'Annexe « CMU des boucles de levage » de la partie Avis.

### 2.2 Appréciation sur le procédé

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

##### Stabilité

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

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

##### Sécurité au feu.

Les durées des critères d'exigence coupe-feu ou stabilité au feu d'un mur réalisé selon le procédé « 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. En particulier, les voiles porteurs seront justifiés par application de la clause 5.4.2, les éléments fléchis perpendiculairement à leur plan seront justifiés par application de la clause 5.7.

Les actions dues à la température sont déterminées suivant la norme NF EN 1991-1-2 avec son ANNEXE nationale française (NF EN 1991-1-2/NA). Les joints entre les « BERLIMUR » dont la largeur  $e$  reste inférieure ou égale à 20 mm sont négligés pour le calcul des températures. Les actions mécaniques sont combinées, en situation accidentelle, conformément à la norme NF EN 1990 avec son ANNEXE nationale française

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

Le système permet de l'assurer normalement.

##### Isolation thermique

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

##### Isolation acoustique

A défaut de résultat expérimental, l'ensemble des parois coffrantes et du béton coffré peuvent être considéré comme une paroi homogène en béton. L'estimation de la performance de cette paroi pourra être réalisé selon l'ANNEXE B de la norme européenne EN 12354-1.

L'estimation de la performance du bâtiment complet (objet de la réglementation acoustique) pourra être effectué lui aussi à l'aide la série de norme EN 12354-1 à 6.

Pour l'application des « Exemples de Solutions Acoustiques » destinés à faciliter l'application de la réglementation acoustique, on assimilera ce mur à un mur homogène de même épaisseur en béton coulé sur place.

##### 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...).

##### 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.

##### 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-I.

##### 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.

## 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.

## Aspects sanitaires

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

## 2.22 Durabilité-Entretien

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

## 2.23 Fabrication et contrôle

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

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

## 2.24 Mise en œuvre

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

- Présence de raidisseurs segmentant le volume à bétonner ;
- Épaisseur du béton de remplissage pouvant être inférieure à 12 cm ;
- Absence de vibration du béton ;
- Limitation à l'épaisseur du seul voile coulé en œuvre des sections de continuité en rives des panneaux ;
- Relative difficulté de mise en place d'aciers de continuité horizontaux dans les jonctions verticales ;
- Impossibilité d'observer la qualité du bétonnage en partie courante. Ces caractéristiques engendrent des limitations précisées dans les Prescriptions Techniques ; elles nécessitent en outre de l'entreprise de mise en œuvre des précautions particulières et un entraînement des équipes de montage. Le titulaire de l'Avis fournira aux entreprises un Cahier des charges de montage et mettra à leur disposition, sur leur demande, des possibilités de formation du personnel. Il leur diffusera le contenu du présent Avis Technique et notamment le domaine d'emploi accepté et les prescriptions techniques dont il est assorti.

## 2.3 Prescriptions Techniques.

### 2.31 Conditions de conception

- 1- 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.
- 2- Pour la détermination de la capacité résistante en section courante du mur à coffrage intégré une face, la résistance équivalente à la compression prise en compte pour l'épaisseur de la partie structurelle du mur correspond à :

$$f_{ck,eq28} = \min \left( f_{ck,p} - 3 \cdot 10^{-4} E_{v,n} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot e_p \cdot e_n}{(e_p + e_n)^2} \right) ; f_{ck,n} \right)$$

Avec :

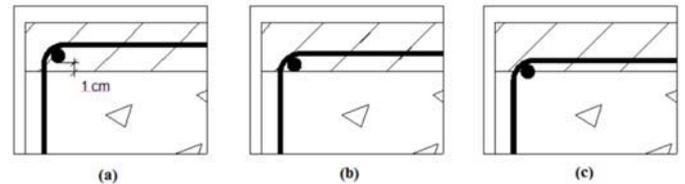
- $f_{ck,p}$  : résistance caractéristique du béton de la paroi préfabriquée
- $f_{ck,n}$  : résistance caractéristique du béton du noyau coulé en œuvre
- $E_{v,n}$  : module élastique différé du béton du noyau coulé en œuvre
- $e_p$  : épaisseur de la paroi préfabriquée intérieure
- $e_n$  : épaisseur du noyau coulé en œuvre

Cette résistance sera prise en compte pour l'ensemble des éléments intégrés dans le BERLIMUR (poutre voile...)

- 3- Pour les murs ayant un fonctionnement principal vertical, les joints horizontaux seront disposés en proximité immédiate des diaphragmes (dalles, poutres, couvertures contreventées,...). Pour les murs ayant un fonctionnement principal horizontal, les joints verticaux seront disposés en proximité immédiate des raidisseurs (refends, poteaux, goussets,...)
- 4- Les valeurs d'enrobage nominal sont déterminées à partir des valeurs d'enrobage minimal définies, conformément au paragraphe 2.3 du Dossier Technique, et en tenant compte des tolérances d'exécution spécifiées au paragraphe 4.22 du Dossier Technique.
- 5- L'ancrage des barres longitudinales doit être conforme à l'article 8.4 de la norme NF EN 1992-1-1 et son ANNEXE nationale. Il y a lieu de tenir compte également de l'enrobage intérieur de l'armature dans le voile préfabriqué via l'introduction d'un coefficient  $\alpha_7$  égal à :
  - a) 1 si l'enrobage minimal de l'armature de structures est supérieur à 10 mm par rapport à la surface de reprise ;
  - b) 1,25 si l'armature est tangente à l'interface de reprise ;
  - c) 2 si l'armature est sécante à l'interface de reprise.

La longueur d'ancrage de calcul de l'armature dans le voile préfabriqué vaut  $\alpha_7 l_{bd}$ , avec la longueur d'ancrage de calcul  $l_{bd}$  définie à l'article 8.4.4 de la norme NF EN 1992-1-1 et son ANNEXE nationale.

Note : dans le cas d'une poutre-cloison, seule la configuration (a) ci-dessous peut être retenue.



- 6- Le bétonnage s'effectue dans les conditions de vitesse spécifiées au paragraphe 5.22 du Dossier Technique.
- 7- Hauteur de bétonnage : la hauteur maximale de chute de béton des murs n'excèdera pas 3 m quelle que soit l'épaisseur de béton coffré. Lorsque les hauteurs de panneaux sont supérieures à cette hauteur maximale et ne permettent donc pas le bétonnage par trémie disposée en tête de panneau, le bétonnage doit être réalisé par introduction d'un tube souple dans le vide coffré (lorsque l'épaisseur du vide le permet) ou par une lumière pour trémie latérale respectant cette même hauteur limite. Dans ce cas, on doit s'assurer du bon remplissage des panneaux par l'examen des joints verticaux entre panneaux, par le contrôle du volume du béton déversé ainsi que par une observation directe par les ouvertures éventuelles dans les panneaux.
- 8- Cisaillement et coutures  
La vérification des joints entre panneaux au cisaillement (du à l'effort tranchant) se fera selon les spécifications du paragraphe 3.212 du dossier technique et celles de l'ANNEXE 8.
- 9- Dispositions parasismiques
  - a) Stabilité d'ensemble :  
La détermination des efforts induits par les actions sismiques sur un voile réalisé en mur à coffrage intégré une face peut se baser sur la section homogène équivalente au voile banché substitué.  
Dans le cas de figure où le voile est libre sur l'un de ces côtés, on pourra se reporter à la vérification de la stabilité de forme effectuée pour les poutres voiles.  
Les murs à coffrage intégré une face peuvent être assimilés à un voile banché de section homogène équivalente à condition de respecter les dispositions et justifications suivantes.

- b) Liaisons entre murs à coffrage intégré une face en zone courante :  
Les liaisons seront réalisées conformément au Dossier Technique, §3.3.  
A défaut de justifications par le calcul, les liaisons horizontales sont proscrites et pour les liaisons verticales : réalisation de poteaux au droit des joints, dans lesquels sont incorporées des armatures horizontales de continuité ancrées au-delà des raidisseurs de rives. Les poteaux doivent comporter une face accessible avant bétonnage et visible après décoffrage.  
Dans le cas de justifications par le calcul, l'effort tranchant sollicitant doit être comparé aux efforts tranchants résistants mobilisables en fonction du type de liaison (horizontale ou verticale) et du cas de charge étudié. Cette vérification est réalisée par le Bureau d'Études Interne du titulaire et permet de déterminer le type de liaison à utiliser pour le panneau étudié.

- c) Liaisons entre murs à coffrage intégré une face au droit d'une dalle : Afin de s'assurer du non glissement du voile par rapport à la dalle sous les sollicitations dynamiques, l'article 5.4.3.5.2(4) de la norme NF EN 1998-1 et son ANNEXE nationale doit être vérifié sur la base du noyau du mur à coffrage intégré.
- d) Liaisons à l'intersection de deux ou plusieurs murs à coffrage intégré une face : Les intersections de voiles nécessitent systématiquement la mise en œuvre d'un chaînage vertical. Ce chaînage peut être incorporé dans le mur à coffrage intégré une face 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 mur à coffrage intégré une face et des contraintes de mise en œuvre. Les dispositions minimales de la NF EN 1998-1 et son ANNEXE nationale française NF EN 1998-1/NA doivent être respectées, notamment l'utilisation d'armatures de types B ou C (article 5.3.2 de la NF EN 1998-1).
- 10- Dans le cas d'utilisation du procédé en poutre voile, à défaut de justifications de la résistance de la liaison, chaque panneau de « BERLIMUR » doit correspondre à une travée de poutre voile.
- 11- Dans le cas de calfeutrement des joints de murs, tenir compte pour la justification des « BERLIMUR » de la réduction de section de béton au droit de ces joints.
- 12- 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.

## 2.32 Conditions de fabrication

Compte tenu de la minceur des voiles de coffrage, les treillis raidisseurs doivent être fabriqués avec une grande précision pour respecter les exigences d'enrobage minimal.

Ces treillis raidisseurs doivent faire l'objet d'une certification telle que décrite dans le dossier technique. Le critère de certification est le suivant :

- Résistance des soudures :

Ce contrôle porte sur la résistance des soudures du treillis aux aciers longitudinaux inférieurs et supérieurs. Il s'agit de la résistance au cisaillement d'une seule soudure sollicitée par traction exercée sur une diagonale du treillis, l'effet éventuel de la seconde soudure de la boucle étant neutralisé par le sciage préalable de la boucle.

Statistiquement, avec un fractile de 5 % et un niveau de confiance de 90 %, les résistances de ces soudures doivent être supérieures aux valeurs données, en fonction des diamètres des diagonales, dans le tableau ci-après :

**Tableau n° 1**

| Ø des Diagonales (sinusoïdes) | Résistance de la soudure R [daN] | Force disponible à la limite élastique F <sub>s</sub> [daN] |
|-------------------------------|----------------------------------|---|
| Ø 5 mm                        | 980                              | 982   |
| Ø 6 mm                        | 1180                             | 1414  |

## 2.33 Contrôles

Le béton des panneaux de coffrage doit faire l'objet d'un contrôle régulier. Les contrôles doivent permettre de garantir les caractéristiques suivantes :

- La résistance caractéristique à la compression à 28 jours du béton des parois préfabriquées,  $f_{c,k}$  ;
- Épaisseur de la paroi ;
- Enrobages des armatures, des treillis raidisseurs et des inserts de levage ;
- Tolérances dimensionnelles :
  - 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
- Spécifications techniques de l'insert (matériau, dimensions et tolérances), avec catalogue des caractéristiques des inserts ;
- Conditions de mise en œuvre à la fabrication (enrobage intérieur effectif de l'insert, longueur d'ancrage de l'insert, ferrailage spécifique de renfort autour des inserts, nombre d'inserts) ;
- Identification visuelle des inserts de levage ;
- Épaisseur de l'ajout de béton au droit de l'insert ( $\geq 15$  mm).

## 2.34 Conditions de stockage et de transport

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

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.

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

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.

## 2.35 Conditions de mise en œuvre

Pour la stabilité en phase provisoire, le dimensionnement des douilles doit être réalisé pour la valeur de vitesse de vent spécifiée dans les DPM. En l'absence de vitesse de vent spécifiée dans les DPM, une valeur de 85 km/h, quelle que soit la direction du vent, sera retenue (en référence à la norme NF P 93 350 relative aux banches, art. 6.3.1.6).

Le bétonnage en œuvre doit être réalisé conformément aux prescriptions des paragraphes 2.31.6 et 2.31.7 ci-avant et du paragraphe 5.2 du Dossier Technique. L'épaisseur du béton coulé sur place doit être en tout point supérieure à 60 mm toutes tolérances épuisées.

Avant de procéder au bétonnage, la paroi coffrante doit être humidifiée, au jet d'eau par exemple ; tout excès d'eau en pied de coffrage doit être évacué avant bétonnage. On doit s'assurer avant bétonnage, que les dispositifs d'étanchéité des coffrages en rive basse et dans les joints ont été correctement mis en place.

Les joints non étanchés entre panneaux de coffrage et entre ceux-ci et les planchers doivent être rembourrés avec soin au mortier.

Si l'utilisation de coupleurs d'armatures est prévue, ces derniers doivent bénéficier d'un certificat tel que décrit dans le Dossier Technique. Dans le cas de joints pour lesquels l'étanchéité des ouvrages avec pression hydrostatique est assurée par le béton seul, les zones coulées en place au droit des joints verticaux doivent être vibrées.

Le désaffleurement éventuel entre panneaux de coffrage doit être traité avec un mortier de ragréage avant la mise en œuvre des revêtements.

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

Le titulaire devra fournir à l'entreprise toutes les informations concernant les spécificités de pose, mise en œuvre, calage, notamment la découpe éventuelle des 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 ferrailage
- 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

## Conclusions

### Appréciation globale

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

### Validité

À compter de la date de publication présente en première page et jusqu'au 30 novembre 2026.

*Pour le Groupe Spécialisé n°3.2  
Le Président*

---

### 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 DTed. 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 réglementation en vigueur.

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

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé  
n°3.2*

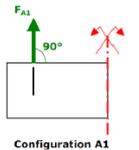
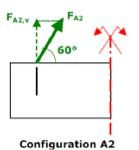
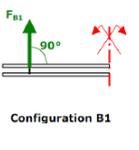
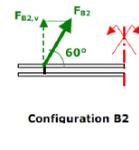
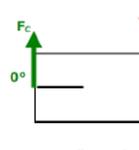
## ANNEXE – CMU des BOUCLES de LEVAGE

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

| Réf. boucle                   | Diamètre boucle<br>$\phi_1$ | Epaisseur nominale paroi<br>$h_1$ | Enrobages nominaux<br>$c_1$ | Levage en position verticale<br>CMU1 | Levage à plat du MCI<br>CMU2 | Retournement du MCI<br>CMU3 |
|-------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Crochet BERLIMUR $\phi$ 16 mm | 16 mm                       | $\geq 55 + 10$                    | $\geq 10$ mm                | 16,92 kN                             | 4,95 kN                      | 10,67 kN                    |

| Vérification de la résistance des boucles au levage |   |  |   |
|---|---|--|---|
| Situation de levage                                 | Levage en position verticale <sup>(1)</sup>   | 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                               | <br>Configuration A1 <br>Configuration A2 | <br>Configuration B1 <br>Configuration B2 | <br>Configuration C |

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

$p$  = poids surfacique du mur de coffrage intégré [kN/m<sup>2</sup>]

$A$  = surface du mur de coffrage intégré [m<sup>2</sup>]

$Q$  = 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.

$\gamma_{ed}$  = coefficient d'effet dynamique dû au levage = 1.15

$\gamma_{pp}$  = 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.

# Dossier Technique

## établi par le demandeur

## A. Description

### 1. Définition et domaine d'emploi du BERLIMUR

#### 1.1 Destination et 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 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 ferrailage 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.

#### 1.2 Domaine d'emploi visé

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. Les limites de hauteur résultent de l'application des règles de dimensionnement, définies ci-après.

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.

Possibilité d'emploi en zone sismique moyennant les dispositions spécifiques définies dans le Dossier Technique et complétées par les prescriptions techniques correspondantes dans la partie Avis.

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.

#### 1.3 Identification des composants

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. Matériaux utilisés

#### 2.1 Béton des parois préfabriquées

Le béton des parois préfabriqués respecte l'ensemble des exigences de la NF EN 206/CN. Conformément au cahier du CSTB 3690\_V2, 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 20 MPa à la 1<sup>ère</sup> manutention et à la livraison.

#### 2.2 Béton de remplissage

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 agréée.

- Pour des épaisseurs de remplissage inférieures ou égales à 9 cm : microbéton avec un Dmax 12,5 mm
- Pour des épaisseurs de remplissage supérieures à 9 cm : Dmax 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 ferrailage, faible épaisseur de l'élément). La consistance fluide est obtenue par ajout d'un superplastifiant.

#### 2.3 Aciers pour armature

##### 2.31 Armatures de peaux

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

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)

La paroi coffrante comprend au minimum :

- 1,2 cm<sup>2</sup>/ml d'aciers verticaux avec prise en compte des filants des treillis raidisseurs
  - 1,2 cm<sup>2</sup>/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 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. §3.11 du présent Dossier Technique).

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

##### 2.32 Treillis Raidisseurs

Des treillis raidisseurs (cf. FIGURE 3 Treillis raidisseurs) 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 §4.22. 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.

##### 2.33 Armatures complémentaires

Des armatures complémentaires peuvent être disposées dans le noyau coulé en place. Elles peuvent être en barre HA ou en Treillis soudés. Ces dernières correspondent aux aciers mécaniques extérieurs du BERLIMUR.

#### 2.4 Insert de 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.

#### 2.5 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).

#### 2.6 Matériaux de jointoiment 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.

## 2.7 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

## 2.8 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 :  $\sigma_c = 0,5$  MPa)

Il devra être aquadégradable et biodégradable. Il devra être retiré au moment du décoffrage.

# 3. Conception

## 3.1 Généralités

Le BERLIMUR se compose :

- D'une ou de deux plaques en béton armé d'une épaisseur variant de 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  $\eta_1 = 0,7$  pour les armatures horizontales de diamètre supérieur à 12 mm ; dans tous les autres cas,  $\eta_1 = 1,0$ .

## 3.11 Enrobage des armatures

Les enrobages des armatures respectent les prescriptions définies dans la section 4 de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe nationale NF EN 1992-1-1/NA, prenant en compte l'adhérence et les classes d'exposition de l'élément.

En particulier, la classe de résistance du béton et l'enrobage compact (donnée par la face coffrante des voiles préfabriqués coulés horizontalement sur des coffrages industriels) permettent de moduler la classe structurale recommandée en vue de la détermination des enrobages minimaux vis-à-vis de la durabilité, au sens du tableau 4.3 NF de l'annexe nationale de la norme NF EN 1992-1-1/NA.

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

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

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

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

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

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

$$M_{\text{solllicitant transversaux}} \leq M_{\text{résistant armature horizontale}}$$

## 3.13 Dimensionnement en phase définitive

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

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

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

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

Les liaisons doivent assurer la continuité mécanique entre :

- La fondation et le BERLIMUR
- Entre deux BERLIMUR
- Le BERLIMUR et les ouvrages avoisinants

## 3.2 Bases de calcul

### 3.2.1 Valeurs caractéristiques de calculs

#### 3.2.1.1 Vérification en zone courante

La résistance équivalente à la compression prise en compte pour l'épaisseur de la partie structurale du mur correspond à :

$$f_{ck,eq28} = \min \left( f_{ck,p} - 3 \cdot 10^{-4} E_{v,n} \cdot \left( 1 + \frac{3 \cdot e_p \cdot e_n}{(e_p + e_n)^2} \right) ; f_{ck,n} \right)$$

$f_{ck,p}$  : résistance caractéristique du béton de la paroi du BERLIMUR

$f_{ck,n}$  : résistance caractéristique du béton du noyau coulé en œuvre

$E_{v,n}$  : module élastique différé du béton du noyau coulé en œuvre

$e_p$  : épaisseur de la paroi préfabriquée intérieure

$e_n$  : épaisseur du noyau coulé en œuvre

Cette résistance sera prise en compte pour l'ensemble des éléments intégrés dans le BERLIMUR (poutre voile...)

#### 3.2.1.2 Vérification au niveau des joints

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 ou 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  $\geq 3$  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.

#### 3.2.1.3 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'entraîne pas de modification de la capacité résistante du mur lorsque l'on se trouve dans le domaine d'emploi suivant :

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

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

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

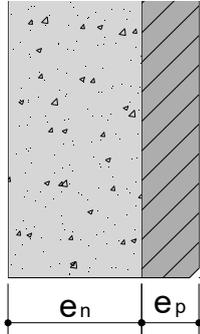
$$(EI)_{eq} = \frac{E_{v,p}}{4} \times \left( \frac{e_p^3}{3} + e_p \times e_n^2 \right) + \frac{E_{v,n}}{4} \times \left( \frac{e_n^3}{3} + e_n \times e_p^2 \right)$$

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

#### 3.221 Généralités

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

#### 3.222 Evaluation de la contrainte tangente à l'interface paroi / béton coulé en place



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

La contrainte est prise égale à :

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed}}{l \times 0,8 \times (e_p + e_n)}$$

Avec :

$V_{Ed}$  l'effort tranchant de calcul agissant à l'ELU évalué pour une bande de largeur  $l$ .

$e_p$  : épaisseur de la paroi préfabriquée

$e_n$  : épaisseur du noyau

Néanmoins, lorsque la section droite du mur est entièrement comprimée, et lorsque la vérification de la tenue du mur par rapport aux effets du second ordre est non dimensionnante, la contrainte de cisaillement  $\tau_{Ed}$  à l'interface paroi préfabriquée/béton coulé en place peut être évaluée par la formule :

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{Ed} \times S}{l \times I}$$

$S$  étant le moment statique de la paroi structurelle d'épaisseur  $e_p$  par rapport au centre de gravité de la section, et  $I$  le moment d'inertie de la section de hauteur  $(e_n + e_p)$  supposée homogène.

Si on considère une largeur unitaire  $l = 1$ , alors  $\tau_{Ed}$  s'écrit :

$$\tau_{Ed} = 6 \times V_{Ed} \times \frac{e_p \times e_n}{(e_p + e_n)^3}$$

Cette contrainte peut alors être comparée à la contrainte maximale de cisaillement calculée grâce à la méthode présentée à l'ANNEXE 7. Si nécessaire des armatures de renfort doivent être mises en place.

### 3.3 Type de liaison

#### 3.31 Rotule entre panneaux

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

#### 3.311 Joint vertical droit, d'angle droit, biais et joint horizontal droit

La section de l'armature de liaison disposée dans le noyau est fonction des armatures horizontales disposées dans le BERLIMUR (Cf. : FIGURE 7 Liaison d'angle (rotulée), FIG 11 Liaison droite (rotulée), FIG 13 et 14 et 26 Liaisons d'angle biaisée (rotulée), FIG 17 et 30 Liaisons en pied (rotulée)).

#### 3.32 Rotule couturée entre panneaux

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

#### 3.321 Joint vertical droit

L'armature de couture disposée dans le noyau permet de transmettre les cisaillements d'un voile à un autre, les chainages et les treillis raidisseurs en about de BERLIMUR assurent la continuité des armatures de liaison. (Cf. : FIGURE 12 Liaison droite (couturée)).

#### 3.322 Joint d'angle droit vertical

Le principe constructif est similaire à la solution des joints verticaux droits. Elle permet en même temps la réalisation des armatures de poteau à disposer à l'intersection de deux murs. (Cf. : FIGURE 8 Liaison d'angle (couturée)).

#### 3.33 Encastrement entre panneaux

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

La continuité du moment et du cisaillement entre deux panneaux le long d'un joint vertical est assurée par la mise en œuvre d'armature avec un recouvrement total. (Cf. : FIGURE 25 Liaison droite (encastrée), FIG 9 et 21 Liaisons d'angle (encastrée coté extérieur), FIG 18 Liaison horizontale (encastrée))

#### 3.332 Cas particulier : Encastrement coté intérieur

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 étaie pendant le coulage. (Cf. : FIGURES 10 et 22 Liaisons d'angle (encastrée coté intérieur))

#### 3.34 Encastrement avec des armatures en attentes dans la fondation

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.

#### 3.341 Encastrement coté extérieur

Le moment d'encastrement mobilisable reste optimal. (Cf. : FIGURES 15 et 28 Liaisons en pied (encastrée coté extérieur))

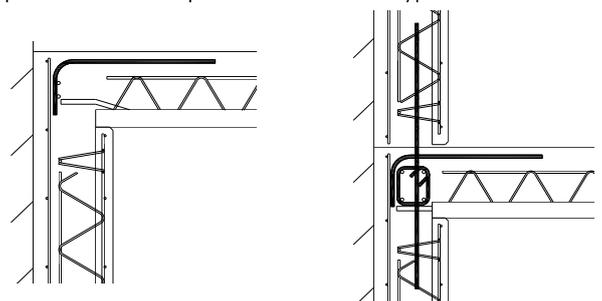
#### 3.342 Encastrement coté intérieur

Cette solution ne permet de mobiliser qu'un moment résistant réduit à l'encastrement en raison de la réduction de hauteur utile du mur. (Cf. : FIGURES 16 et 29 Liaisons en pied (encastrée coté intérieur)).

Le dimensionnement des armatures d'encastrement sera basé sur une hauteur utile égale à l'épaisseur totale du BERLIMUR réduite de 8 cm.

#### 3.35 Liaison courante voile/dalle

Ce type de liaison correspond à une liaison de type rotule.



La dalle peut être posée en tête de BERLIMUR.

### 3.4 Famille de BERLIMUR

#### 3.41 Généralités

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.

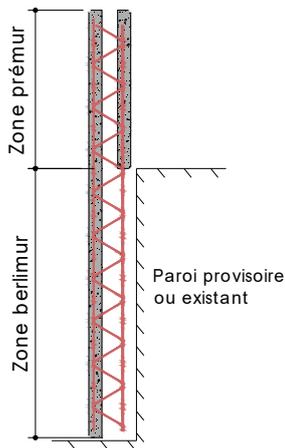
Pour les murs ayant un fonctionnement principal vertical, les joints horizontaux seront disposés en proximité immédiate des diaphragmes (dalles, poutres, couvertures contreventées,...). Les joints verticaux sont sans incidence.

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.

#### 3.42 Différenciation BERLIMUR / Prémur

Lorsque le mur a une 2<sup>ème</sup> 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.



#### 3.43 Murs verticaux

Les BERLIMUR peuvent être présentés sous différentes formes :

| 1. Sans Ferrailage en face extérieure | 2. Ferrailage en face extérieure | 3. Face extérieure partiellement bétonnée. |
|---------------------------------------|----------------------------------|--|
|                                       |                                  |  |

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 ferrailage de la face extérieure.

Dans le cas 3, on se trouve en présence d'un mur avec une face extérieure partiellement bétonnée. Ce type de 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.

#### 3.44 Poutre voile

Les poutres voiles réalisées tout ou partie en BERLIMUR sont dimensionnées selon la méthode des bielles tirants exposée à l'art. 6.5.2 et 6.5.3 de l'Eurocode 2, auxquelles s'ajoutent les vérifications complémentaires suivantes :

- La vérification aux points singuliers (joints)
- La vérification de la faisabilité de mise en œuvre des armatures

Les cas de figures usuellement rencontrés sont énumérés en ANNEXE 4.

##### 3.441 Vérification au droit des joints

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

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

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

$V_{Rdi}$  effort tranchant résistant du joint

Le calcul de la résistance  $V_{Rdi}$  du joint est fait selon la méthode explicitée en ANNEXE 8. Le choix du type de joints entre panneaux formant tout ou partie d'une poutre voile est fonction de la capacité résistante  $V_{Rdi}$  à atteindre.

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

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

#### 3.45 Murs enterrés

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

La reprise de sollicitations dans les deux directions peut être envisagée à condition de rétablir au travers des joints horizontaux et verticaux la continuité des sollicitations (Cf. art 3.33)

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

Dans le cas des joints classiques on se reportera aux liaisons de type rotule (Cf. art 3.31)

#### 3.46 Murs de soutènement

Les armatures de reprises en pied sont placées dans la partie coulée en place. (Cf. art. 3.34). Les joints verticaux non soumis à la flexion sont armés à l'aide des armatures de liaison de type rotule.

Lorsque le mur est soumis à des pressions hydrostatiques, une étude du plan d'étanchéité devra être menée sur la base des critères définis au paragraphe 3.7.

#### 3.47 Murs de silo ou de magasin de stockage

Les joints horizontaux en pied de mur seront encastrés (Cf. art. 3.34)

Les joints verticaux seront articulés (Cf. art. 3.31) ou encastrés (Cf. art. 3.33) si la stabilité de l'ouvrage le requiert.

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

#### 3.48 Murs de bassin ou de piscine

Les liaisons en pied de BERLIMUR seront encastrées aux radiers.

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

Lorsque l'étanchéité est réalisée par une membrane d'étanchéité (de type Liner), la fissuration n'est plus préjudiciable.

#### 3.49 Murs de galerie, parkings souterrains

Le cas courant correspond au mur travaillant en flexion verticale entre fondation et dalle de couverture. L'ensemble de l'ouvrage fonctionnant comme une structure fermée.

#### 3.410 Murs de JD

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

### 3.411 Principes constructifs

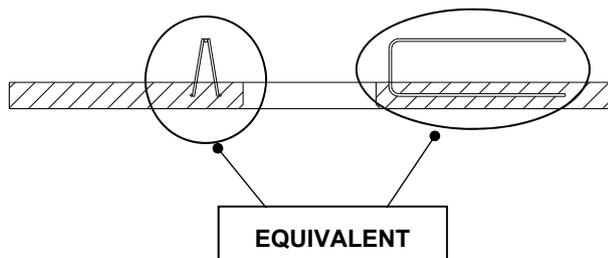
#### 3.4111 Equivalence des treillis raidisseurs

Les renforcements des ouvertures et des bords libres usuellement prévus dans les voiles selon les dispositions du paragraphe 4.2.2.5 du DTU 23.1 pourront être réalisés dans les BERLIMUR à l'aide des treillis raidisseurs définis à l'art 2.32. (Voir ANNEXE 5). Les barres de chaînage sont intégrées dans la paroi du BERLIMUR. Les U de fermeture constructifs sont remplacés par des treillis raidisseurs.

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

Les filants sont soit intégrés, en renforts dans la paroi du BERLIMUR, soit remplacés par les filants des treillis raidisseurs si la section est équivalente.

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



La section d'armature équivalente par mètre linéaire est calculée à partir de l'effort tranchant au niveau du plan de cisaillement oblique.

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

La substitution des aciers des coutures est basée sur l'ANNEXE 5.

#### 3.4112 Eclissage possible

Pour les poutres voiles, les règles d'ancrages d'armatures sur appuis sont celles de l'Eurocode 2 (Art. 9.2.1.4 pour l'appui simple d'about et Art. 9.2.1.5 pour l'appui intermédiaire). Les recouvrements d'armatures dans le cas de l'éclissage de la section du tirant seront majorés de 20 % afin de prendre en compte les tolérances de positionnement des armatures dans le noyau.

Ces armatures sont soit intégrées dans les BERLIMUR, soit mises en œuvre dans la partie coulée en place. Lorsqu'elles sont mises en œuvre dans la partie coulé en place, le nombre maximal de barres est de 2 par lit et le diamètre maximal  $\phi_{max}$  est donné par l'expression suivante :

$$\phi_{max} = \frac{b_{n,min} - e_0 - a_{h1} - a_{h2}}{2} \text{ pour l'éclissage des armatures horizontales}$$

$$\phi_{max} = \frac{b_{n,min} - e_0 - a_{v1} - a_{v2}}{2} \text{ pour l'éclissage des armatures verticales}$$

avec :

- $b_{n,min}$  l'épaisseur minimale du noyau de béton coulé en place, toute tolérance épuisées.
- $e_0$  tel que :
  - $e_0 = 0$  si les armatures sont accolées et
  - $e_0 = 1,7 D_{max}$  si elles sont espacées
- $a_{h1}$ ,  $a_{h2}$ ,  $a_{v1}$ ,  $a_{v2}$  : valeurs conventionnelles de l'enrobage prenant en compte les variations dimensionnelles de l'armature et de son positionnement :
  - $a_{h1} = \max(25\text{mm} ; 1,7 D_{max}) + a_{e1,min} - 15 \text{ mm}$
  - $a_{h2} = \max(25\text{mm} ; 1,7 D_{max}) + a_{e2,min} - 15 \text{ mm}$
  - $a_{v1} = \max(25\text{mm} ; 1,4 D_{max}) + a_{e1,min} - 15 \text{ mm}$
  - $a_{v2} = \max(25\text{mm} ; 1,4 D_{max}) + a_{e2,min} - 15 \text{ mm}$
- $a_{e1,min}$  la distance minimale libre entre l'armature de liaison au droit du joint et la face intérieure du premier voile préfabriqué ;
- $a_{e2,min}$  la distance minimale libre entre l'armature de liaison au droit du joint et la face intérieure du second voile préfabriqué.

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

### 3.5 Dispositions parasismiques

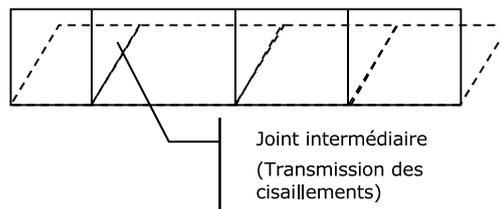
#### 3.51 Principe de la méthode

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

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

Les dispositions suivantes ne concernent que les murs participant à l'ossature principale du bâtiment (Cf. Art 5.4 et 5.5 de l'Eurocode 8). Pour les voiles considérés comme éléments secondaires, les liaisons entre panneaux sont similaires aux liaisons préconisées en dehors des zones sismiques.

On considère le fonctionnement pour un mur réalisé en BERLIMUR comme un comportement monolithique de l'ensemble du voile



### 3.52 Domaine d'application

#### 3.521 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.

Dans le cas de figure où le voile est libre sur l'un de ses côtés, on pourra se reporter à la vérification effectuée pour les poutres voiles (Cf. Art 3.44.)

#### 3.522 Détermination des liaisons entre BERLIMUR

##### 3.5221 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.

##### 3.5222 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.

### 3.6 Traitement des parois et des joints

Nota : Les produits de traitement des reprises de bétonnage et de traitement des joints seront mis en œuvre conformément aux prescriptions des cahiers de charges des fournisseurs, tant pour la préparation des supports que pour les dispositions propres de mise en œuvre. En particulier les supports seront préparés de manière à être plans, exempts de laitance et secs.

#### 3.61 Traitement des joints

##### 3.611 Murs courant en superstructure

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

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

### 3.612 Murs courant en infrastructure

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

### 3.613 Murs de silos ou magasin de stockage

Pour le traitement des joints en contact avec la matière à stocker, on veillera à la compatibilité sanitaire de la nature des matériaux constituant le joint et des éléments stockés (agrément d'alimentarité à vérifier).

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

### 3.614 Murs avec pression hydrostatique

#### 3.6141 Face en contact avec l'eau

Les joints verticaux et horizontaux sont fermés avec un mastic élastique de classement SNJF F 25 E apte à résister aux pressions hydrostatiques. Dans le cas d'un contact avec de l'eau potable, les joints sont fermés avec un mastic élastique de classement SNJF F 25 E apte à résister aux pressions hydrostatiques et ayant un agrément d'alimentarité.

#### 3.6142 Face en contact avec un milieu agressif.

Les joints verticaux et horizontaux sont fermés avec un joint souple type SIKAFLEX PRO 3WF appliqué sur un SIKA PRIMAIRE 3, ou tout autre mastic élastomère de 1ère catégorie SNJF, monocomposant à base de polyuréthane, et apte à résister aux pressions hydrostatiques et au contact de solutions agressives telles que les eaux usées, les lisiers et les purins.

## 3.62 Aspects des parements

Tous les panneaux présentent une surface brute de décoffrage.

### 3.621 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

### 3.622 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.

### 3.623 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.

## 3.7 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 SIKA JOINT EXPANSIF WS 2005 ou un joint Waterstop tôle type STREMAFORM ou des dispositifs similaires joints hydrogonflants ou joints waterstop en tôle galvanisée.

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 § 3.6).

## 4. Fabrication des BERLIMUR

### 4.1 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 ferrailage en 2ème face). Les inserts sont positionnés et ligaturés 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 pré-réglées.

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.

## 4.2 Contrôles de fabrication

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

### 4.2.1 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.

### 4.2.2 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  $\geq$  15 mm

## 4.3 Caractéristiques

Caractéristiques générales :

- Poids propre du BERLIMUR au m<sup>2</sup> : de 125 à 175 kg/m<sup>2</sup> en fonction de l'épaisseur des parois et du ferrailage.
- Epaisseur courante du voile réalisé de 16 à 50 cm.

## 5. Mise en œuvre

### 5.1 Chronologie pour les BERLIMUR courant

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 ferrailage 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 § 5.22 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. Les

hauteurs de chute du béton frais seront limitées suivant les prescriptions du § 5.21

9. Finition des joints en fonction de la destination de l'ouvrage (Cf. Art 3.6)

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.

## 5.2 Critères de bétonnage

### 5.2.1 Hauteur de chute du béton

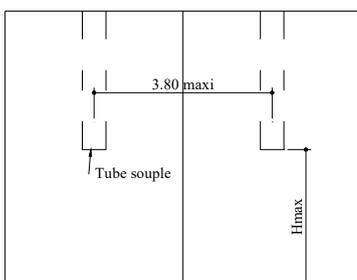
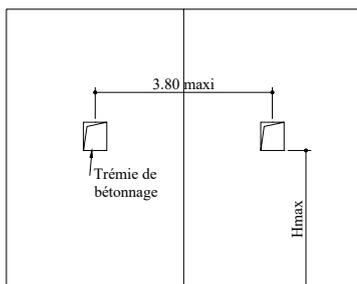
A défaut de justification particulière, la hauteur maximale Hmax de chute de béton des murs n'excèdera pas 3 m quel que soit l'épaisseur de béton coffré.

Lorsque les hauteurs de panneaux sont supérieures à cette hauteur maximale et ne permettent donc pas le bétonnage par trémie disposée en tête de panneau, le bétonnage doit être réalisé par introduction d'un tube souple dans le vide coffré (lorsque l'épaisseur du vide le permet) ou par une lumière pour trémie latérale respectant cette même hauteur limite.

Dans ce cas on doit s'assurer du bon remplissage des panneaux par l'examen des joints verticaux entre panneaux, par le contrôle du volume du béton déversé ainsi que par une observation directe par les ouvertures éventuelles dans les panneaux.

A défaut d'autres contrôles sur le remplissage, il sera prévu lors de la conception et fabrication des murs des orifices permettant un contrôle (diamètre de l'ordre de 50 mm) sur le côté intérieur. Le nombre et la localisation des orifices de contrôle dépendent des caractéristiques du mur :

- Dans tous les cas, un orifice sera prévu par élément, de préférence en partie basse ;
- Des orifices complémentaires seront positionnés dans les zones fortement armées.



### 5.2.2 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.

### 5.2.3 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.

## 6. Manutention, Montage, Transport

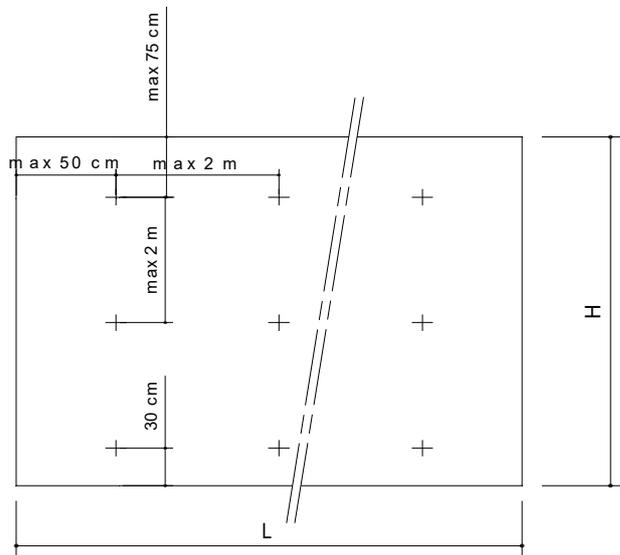
Les panneaux sont manutentionnés avec des grues à tour ou automotrices.

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

### 6.1 Mise en place

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 pose.

### 6.2 Transport et stockage

Les BERLIMUR sont stockés verticalement en box ou en rack

## 7. Divers

### 7.1 Conditions d'exploitation du procédé

Calcul des structures :

Il est fait 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.

|  |  |
|--|--|
| <b>SIEGE</b>                                       |  |
| <b>SPURGIN LEONHART</b>                            |  |
| Route de Strasbourg<br>BP 20151<br>67 603 SELESTAT |  |
| <b>Fabrication et Commercialisation</b>            |  |
| <b>SPURGIN LEONHART EST</b>                        | Z.I. rue Louis Renault<br>68127 STE CROIX EN PLAINE                            |
| <b>SPURGIN LEONHART RHÔNE-ALPES</b>                | Allée des Noisetiers -<br>Parc Industriel de la Plaine de l'Ain<br>01150 BLYES |
| <b>SPURGIN LEONHART ILE DE FRANCE OUEST</b>        | Z.A. du Bois Gueslin<br>Lieu-dit « Le Petit Courtin »<br>28630 MIGNIERES       |

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

## 7.2 Aide à la mise en œuvre

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.

## B. Références

| Entreprise                      | Chantier                                 | Quantité m <sup>2</sup> | Année |
|---------------------------------|--|-------------------------|-------|
| Eiffage construction Centre Est | USLD Pierre Garaud à Lyon                | 150                     | 2019  |
| MAZAUD ENTREPRISE GENERALE      | OCTAVIE à Villeurbanne                   | 630                     | 2019  |
| AFONSO                          | ALTO à THONON                            | 227                     | 2019  |
| Bouygues Sud Est                | ALIS à BRON                              | 174                     | 2018  |
| MAZAUD ENTREPRISE GENERALE      | 5 JARDINS à DECINES                      | 88                      | 2018  |
| SAS GCI                         | Memphis coffee and happy Chic à Villars  | 274                     | 2018  |
| MALOSSE                         | 18 logements Chabeuil à Chabeuil         | 79                      | 2018  |
| MAZAUD                          | Les Loges à Villeurbanne                 | 460                     | 2018  |
| MG Construction                 | Le M à Lyon                              | 184                     | 2018  |
| MAZAUD                          | Constructa UC7 à Bron                    | 122                     | 2018  |
| SAONE BTP Construction          | Opération Cambon Salengro à Villeurbanne | 120                     | 2018  |
| VALENTIN                        | Fornas à Lyon                            | 112                     | 2018  |
| GCC 69                          | Medicina à Lyon                          | 869                     | 2018  |

## C. Résultats expérimentaux

### 1. Arrachement de l'insert

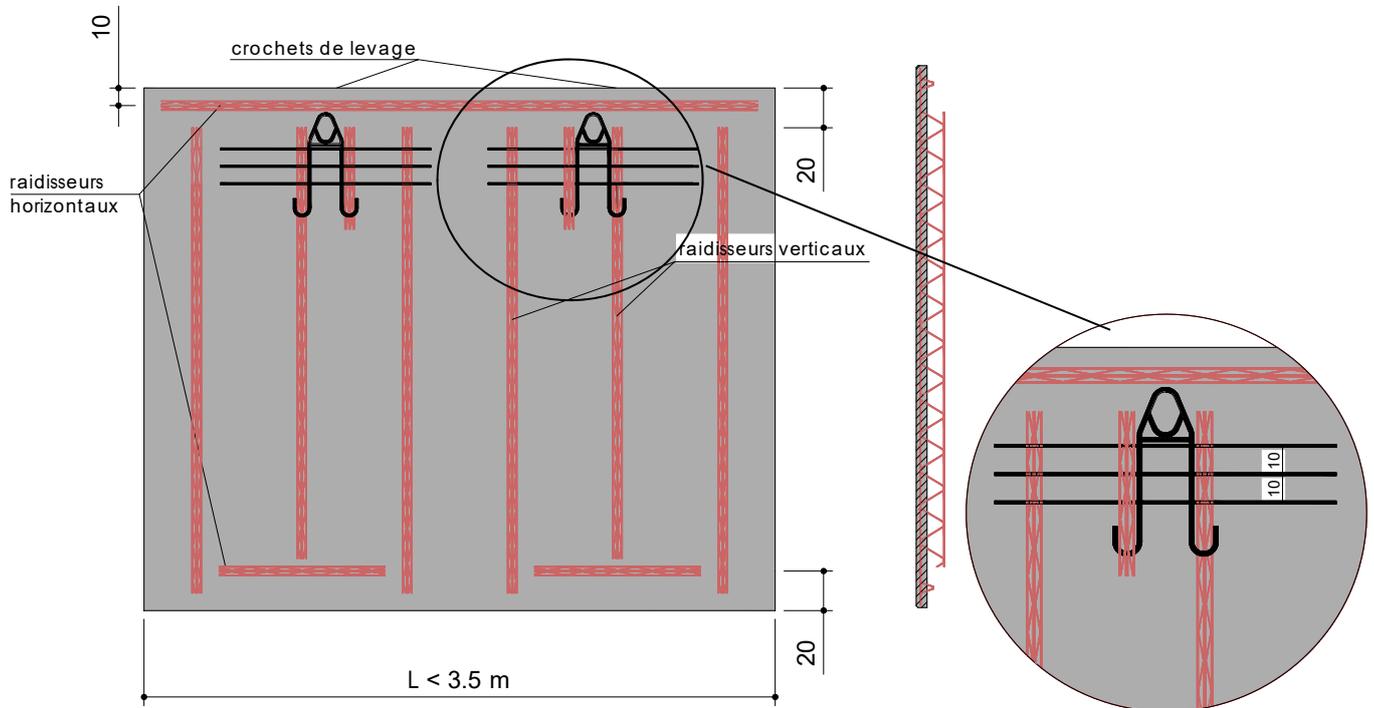
Rapport d'essais de qualification de la résistance à l'arrachement de l'insert :

- 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

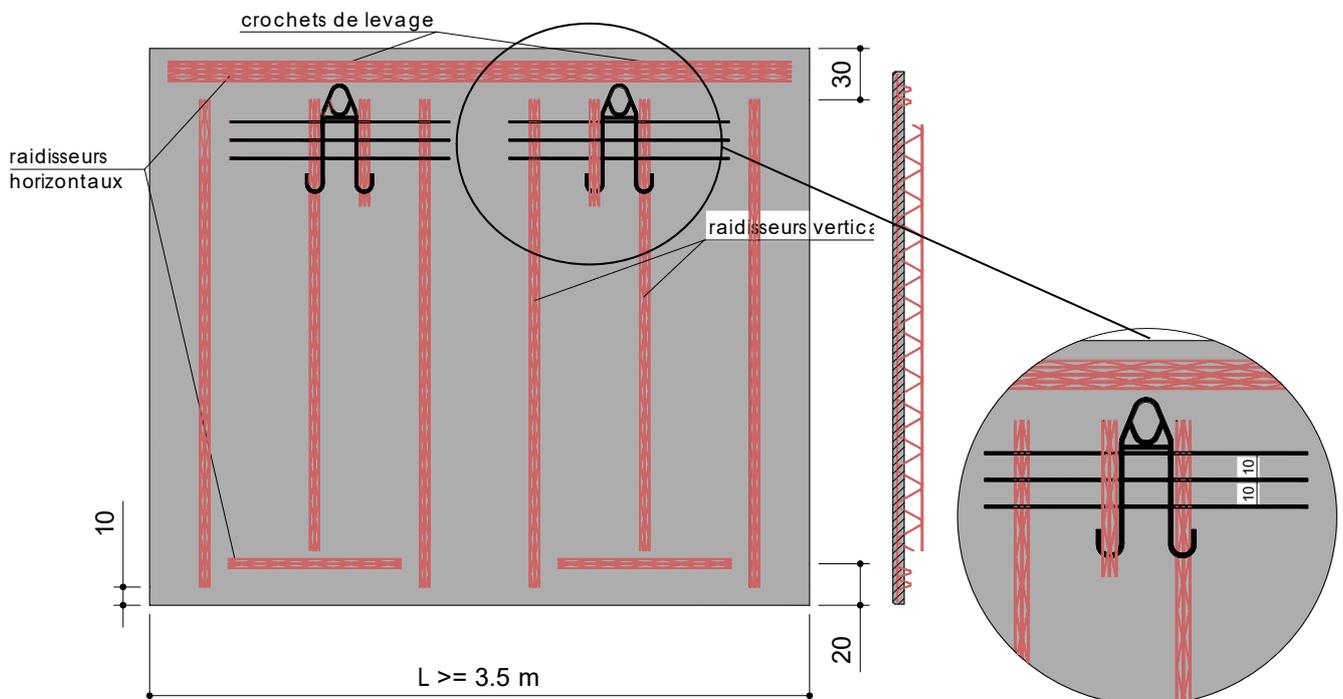
# Tableaux et figures du Dossier Technique

FIGURE 1 Vue d'ensemble du Berlimur

Longueur < 3.5 m

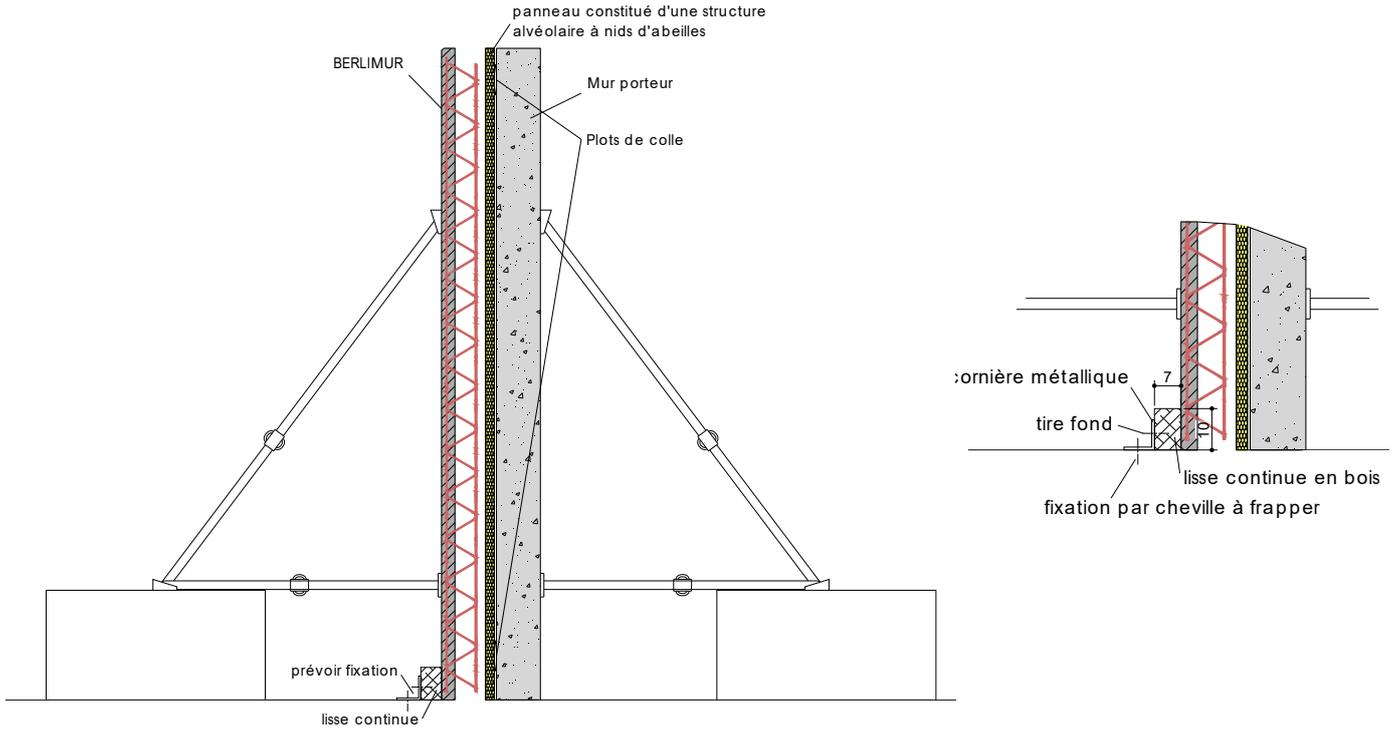


Longueur  $\geq 3.5$  m

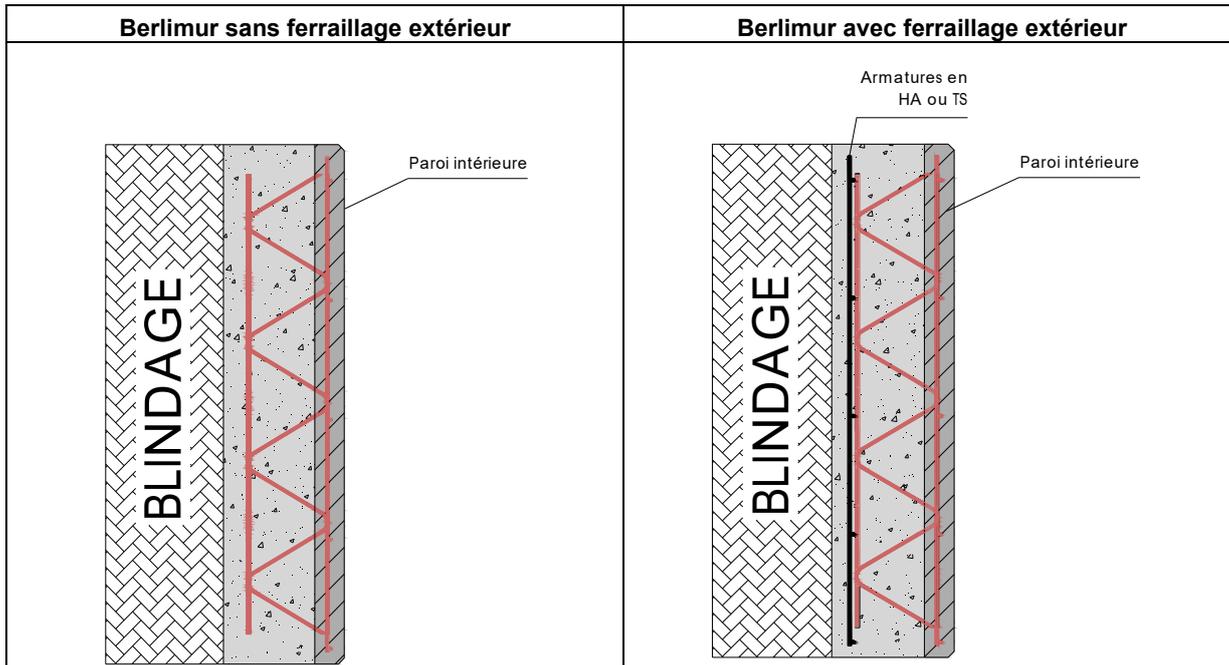


**FIGURE 2 Famille de BERLIMUR**

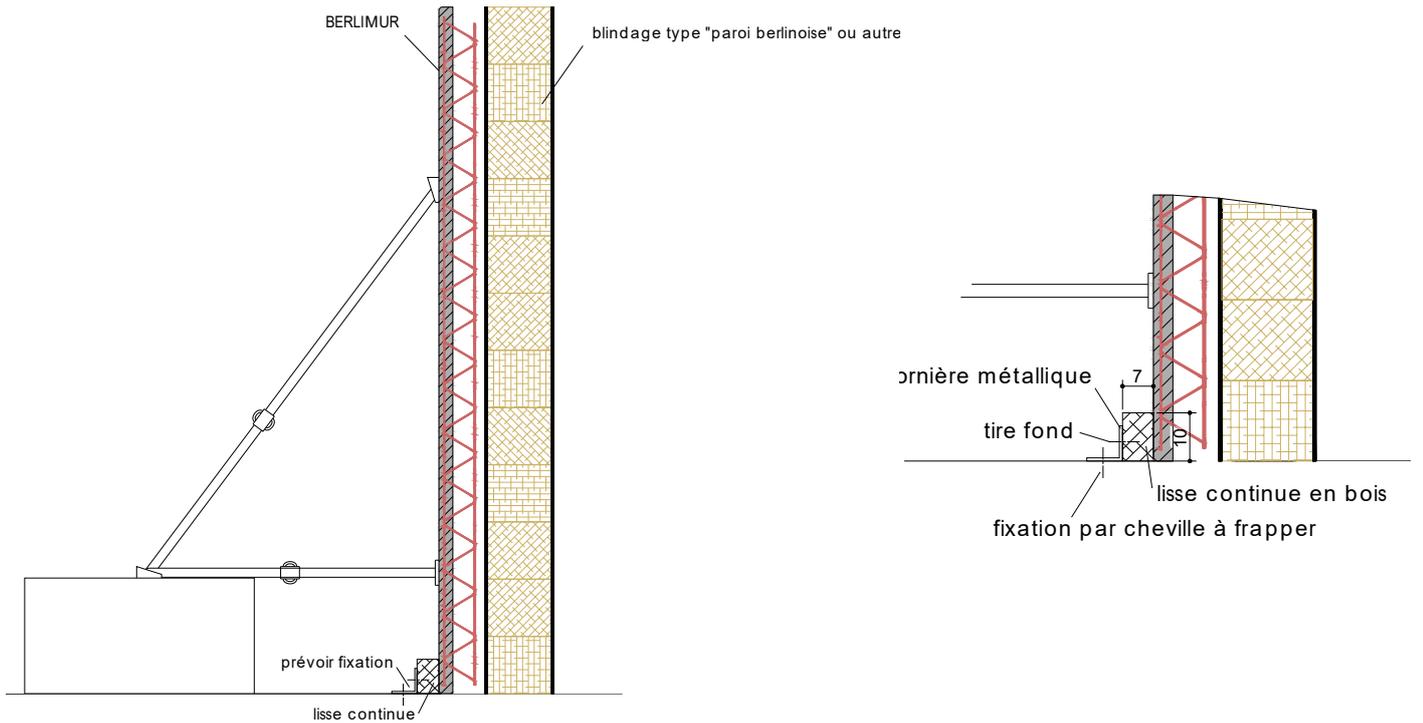
**Mur de joint de dilatation**



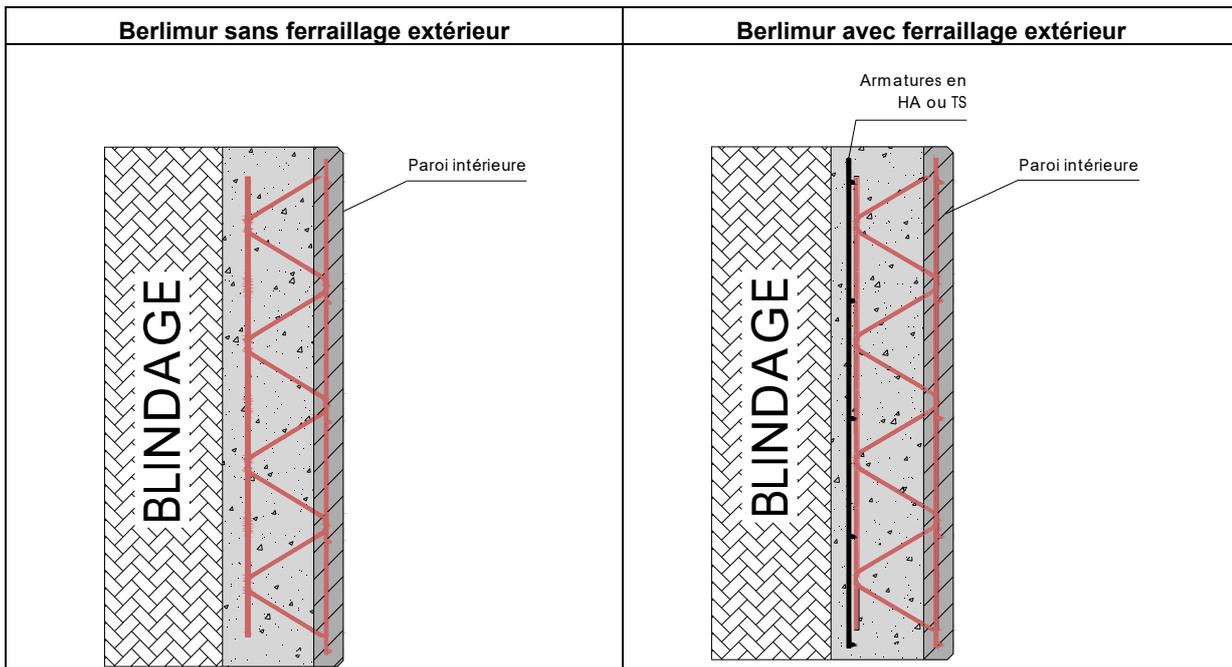
Il peut être réalisé avec ou sans ferrailage en deuxième face :



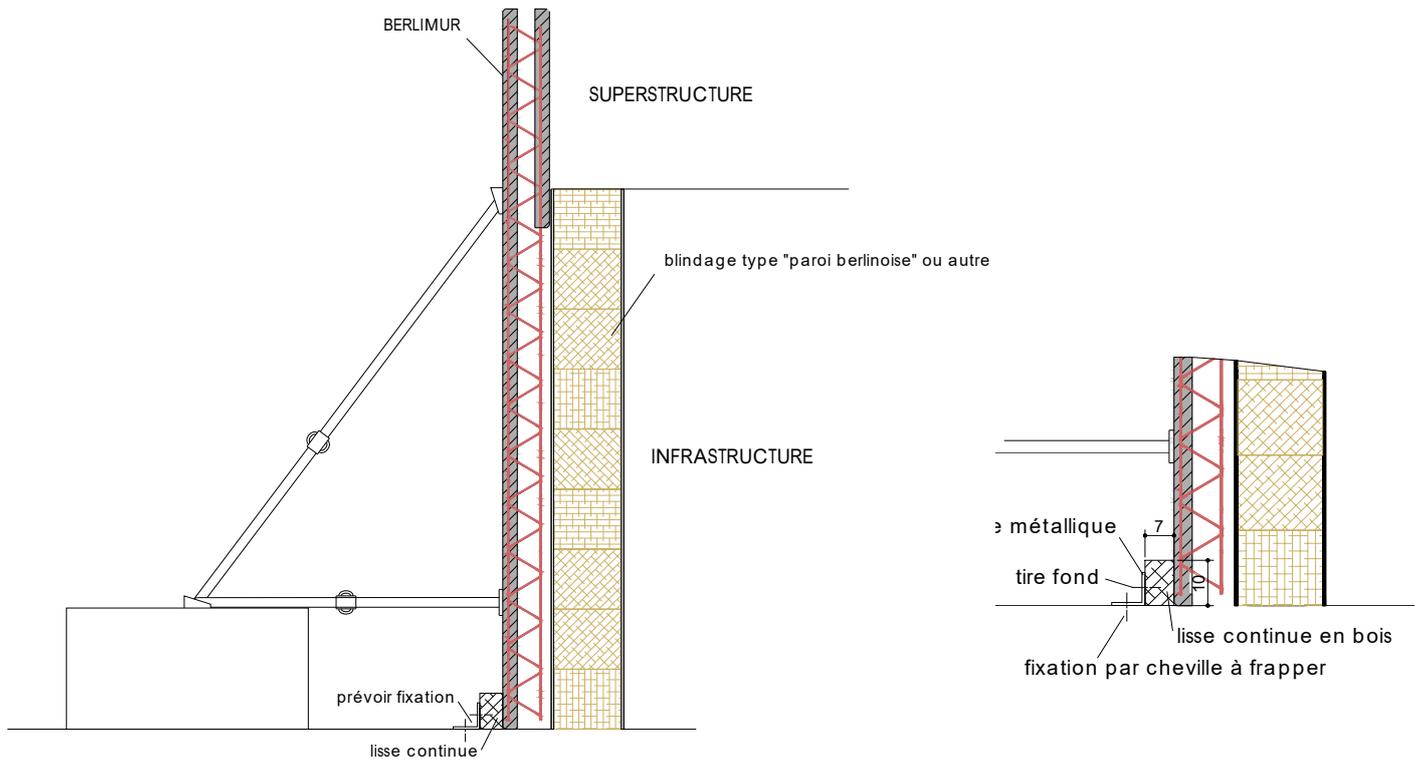
**Mur en infrastructures**



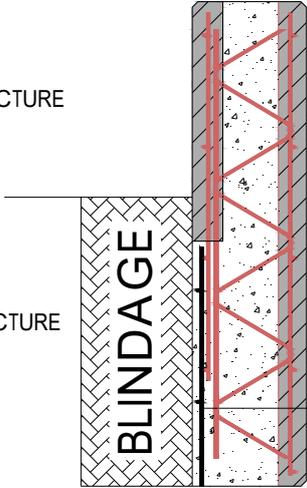
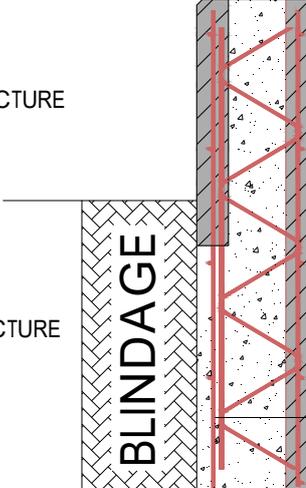
Il peut être réalisé avec ou sans ferrailage en deuxième face :



**Mur mixte**

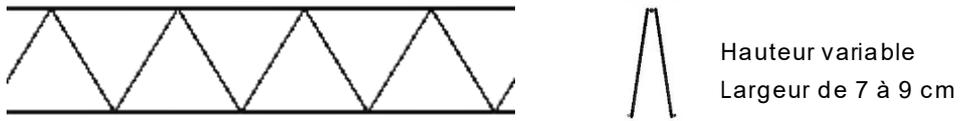


Il peut être réalisé avec ou sans ferrailage en deuxième face :

| Berlimur sans ferrailage extérieur intégré   | Berlimur avec ferrailage extérieur intégré  |
|--|---|
| <p data-bbox="113 1151 304 1178">SUPERSTRUCTURE</p> <p data-bbox="113 1375 304 1402">INFRASTRUCTURE</p> <p data-bbox="347 1294 395 1527" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>BLINDAGE</b></p> <p data-bbox="555 1413 695 1473">Armatures en HA ou TS mis en place sur le chantier</p>  | <p data-bbox="762 1151 954 1178">SUPERSTRUCTURE</p> <p data-bbox="762 1375 954 1402">INFRASTRUCTURE</p> <p data-bbox="1007 1294 1054 1527" style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);"><b>BLINDAGE</b></p> <p data-bbox="1225 1413 1366 1473">Armatures en HA ou TS intégrées dans le Berlimur</p>  |

**FIGURE 3 Treillis raidisseurs**

Raidisseurs standards  
type KT de BDW



**FIGURE 4 Détail / Position des aciers**

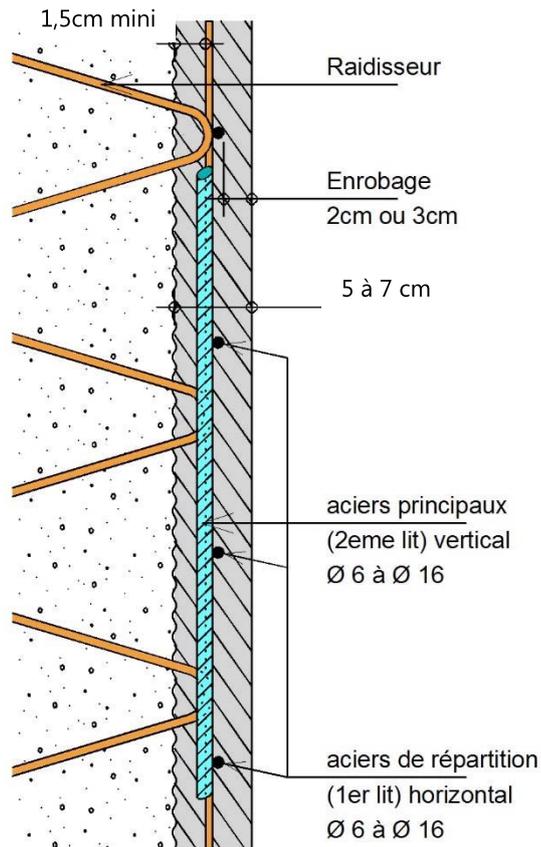
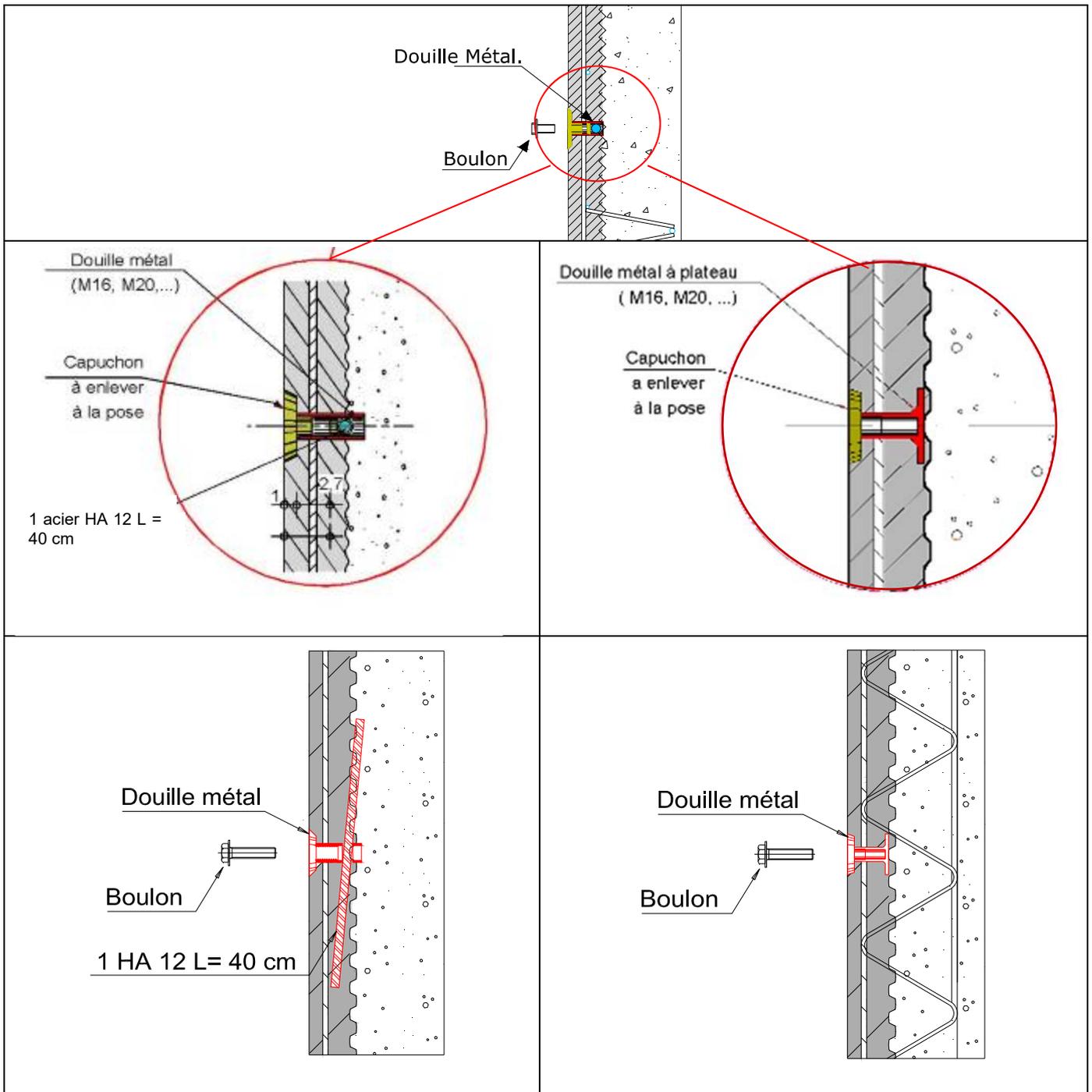
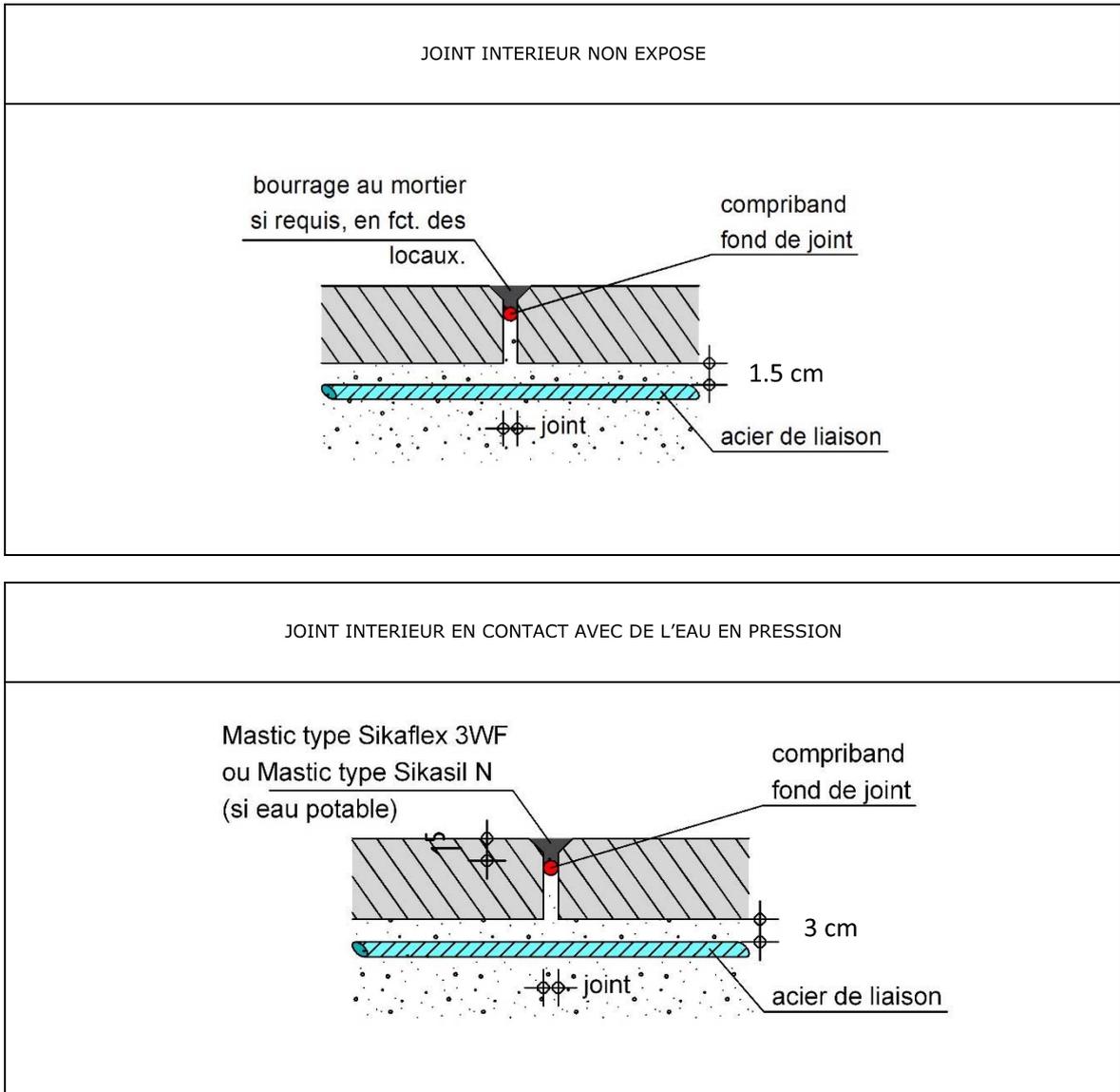


FIGURE 5 Douilles métal



**FIGURE 6 Traitement des joints**



## Liaison avec treillis soudés en 2<sup>ème</sup> face

FIGURE 7 Liaison d'angle (rotulée)

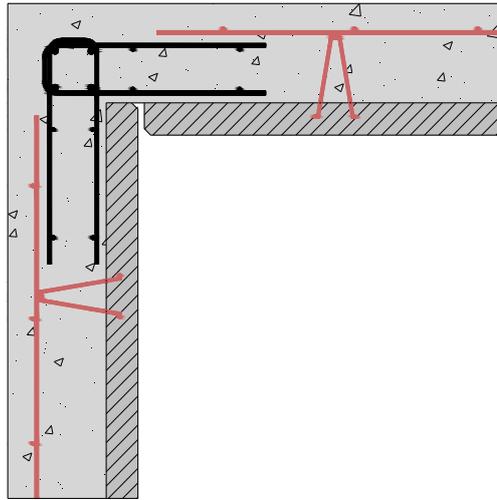
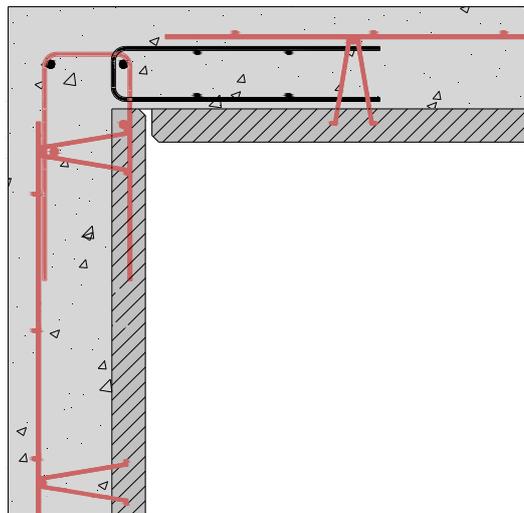
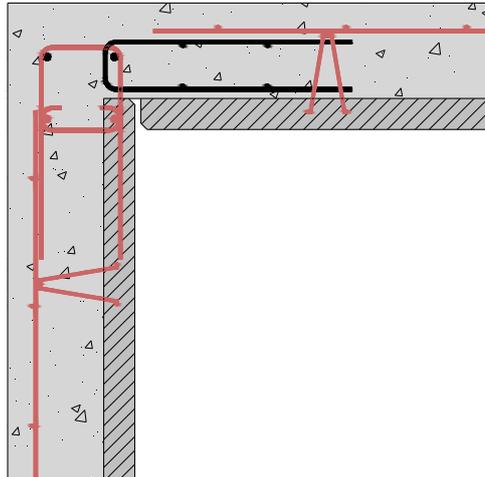
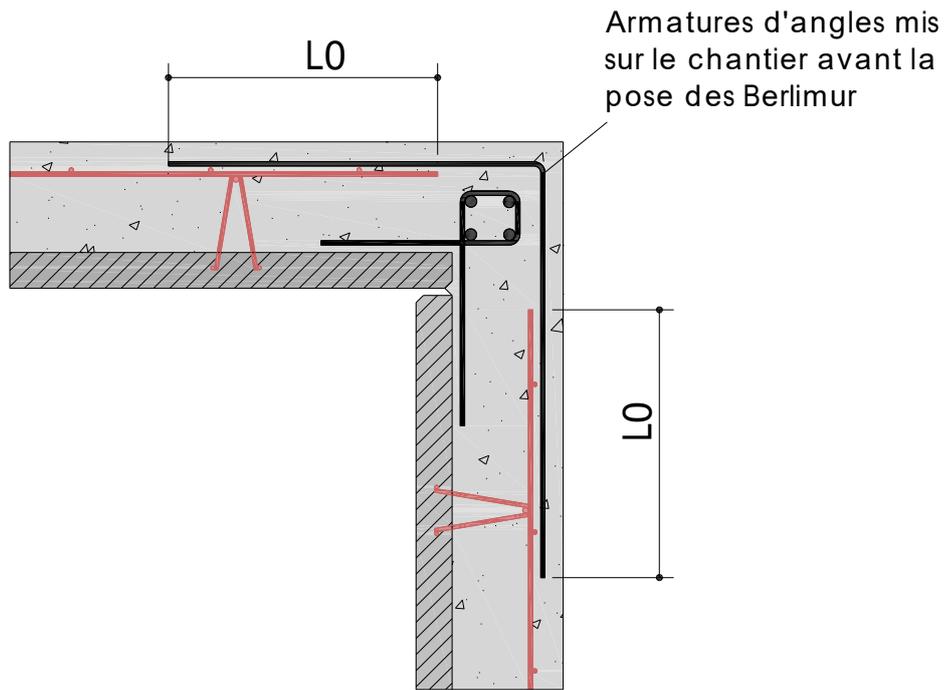


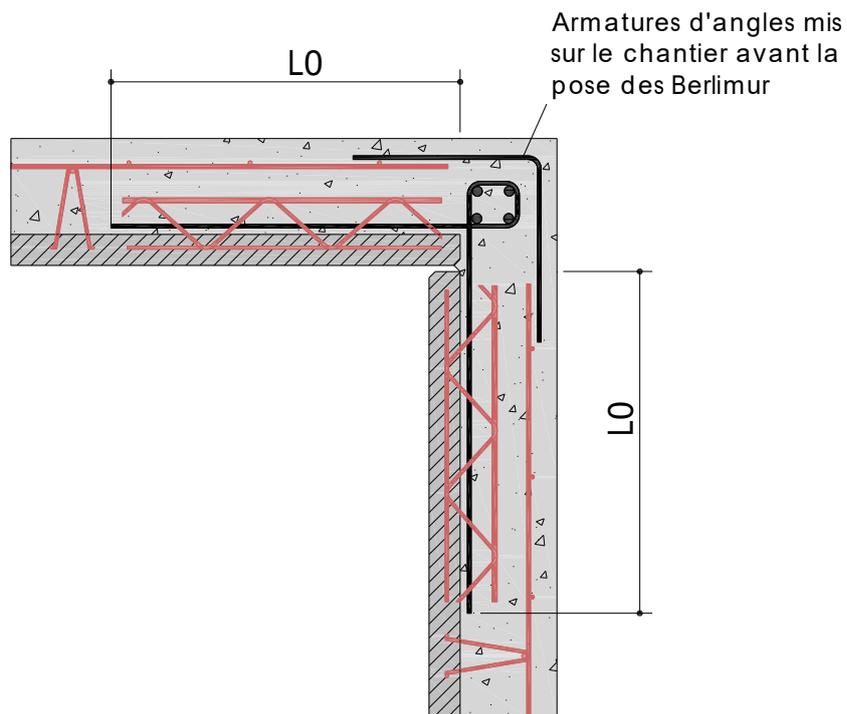
FIGURE 8 Liaison d'angle (couturée)



**FIGURE 9 Liaison d'angle (encastrée coté extérieur)**



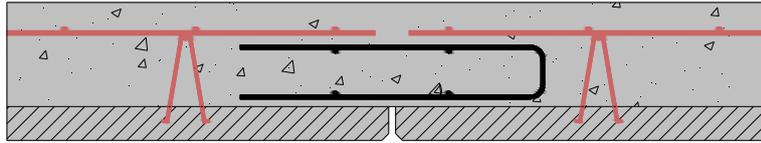
**FIGURE 10 Liaison d'angle (encastrée coté intérieur)**



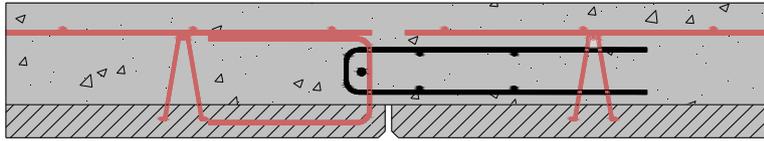
Cas 1 : Si la section mis en place reprend à elle seule 100% de l'encastrement : Pas besoin de  $L_0$

Cas 2 : Si la section mis en place est combinée à la section dans la paroi préfa : Besoin de  $L_0$

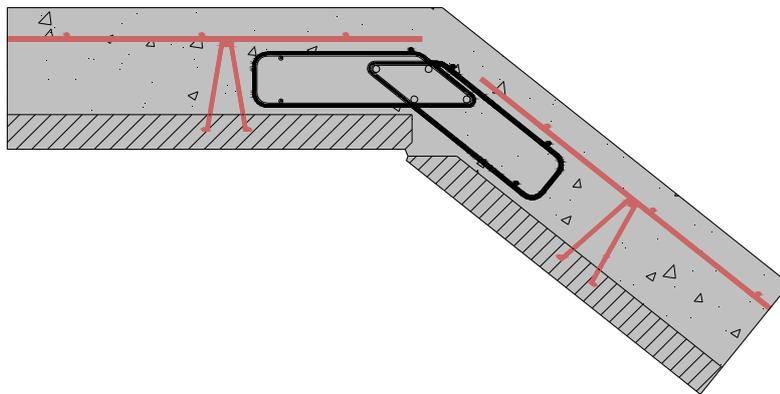
**FIGURE 11 Liaison droite (rotulée)**



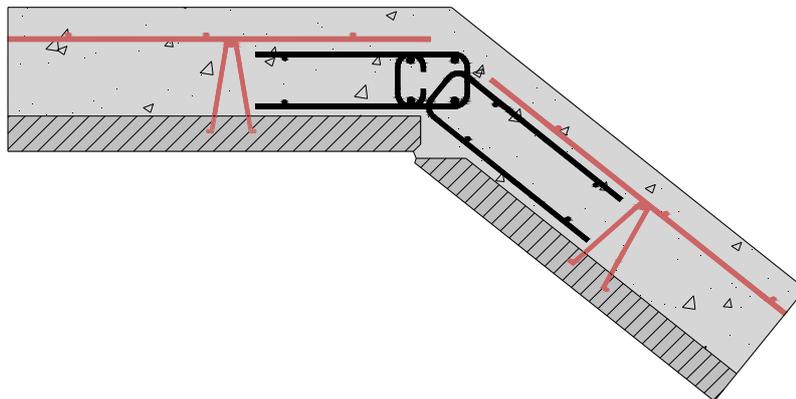
**FIGURE 12 Liaison droite (couturée)**



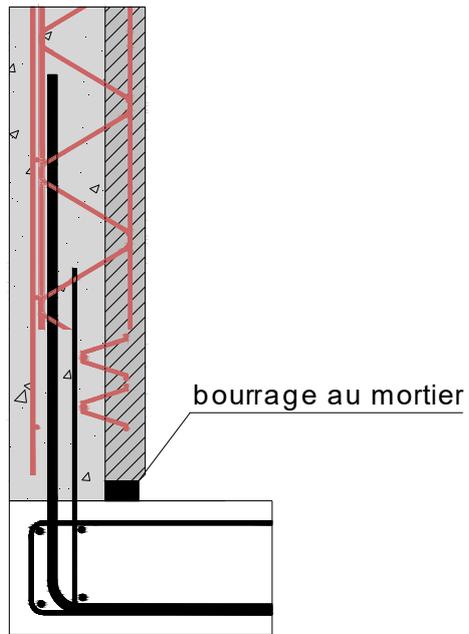
**FIGURE 13 Liaison d'angle biaisé (rotulée)**



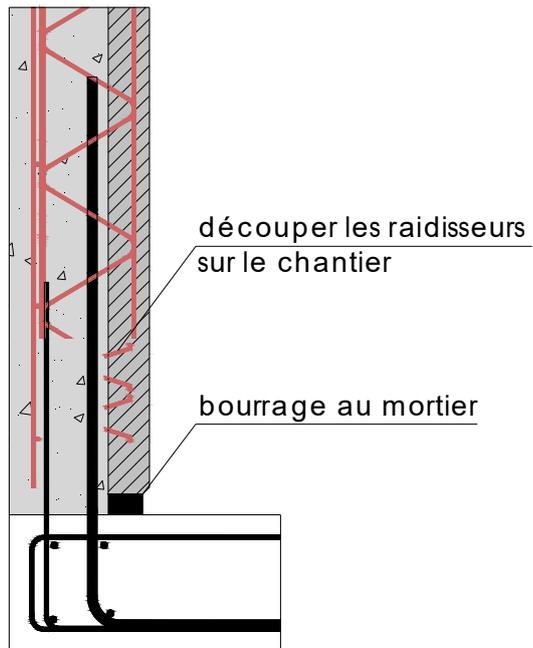
**FIGURE 14 Liaison d'angle biaisé (rotulée)**



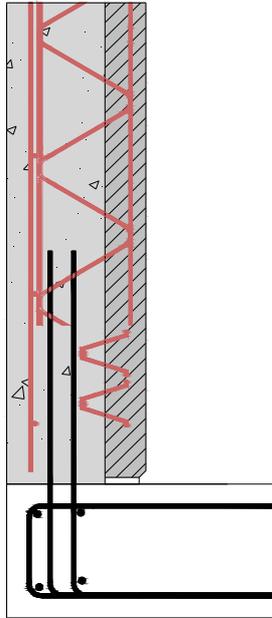
**FIGURE 15 Liaison en pied (encastrée côté extérieur)**



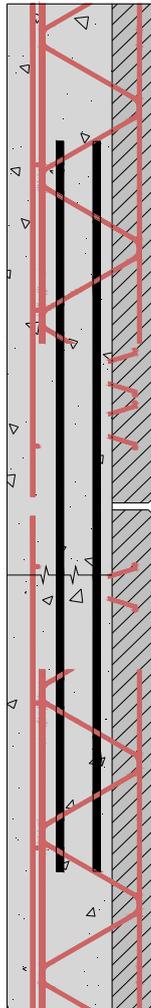
**FIGURE 16 Liaison en pied (encastrée côté intérieur)**



**FIGURE 17 Liaison en pied (rotulée)**



**FIGURE 18 Liaison horizontale (encastrée)**



## Liaison sans treillis soudés en 2<sup>ème</sup> face

FIGURE 19 Liaison d'angle (rotulée)

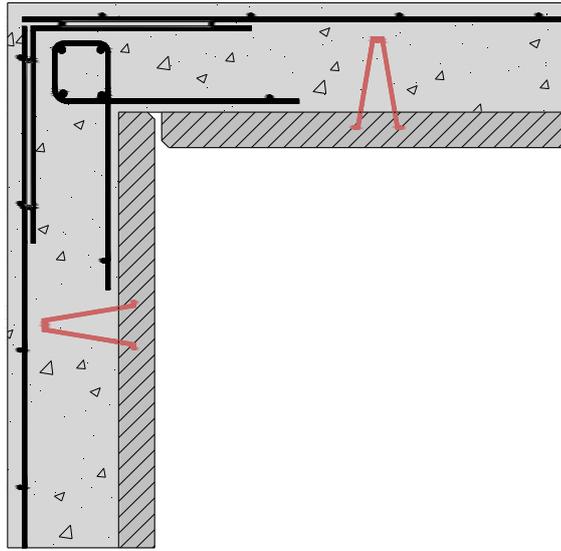
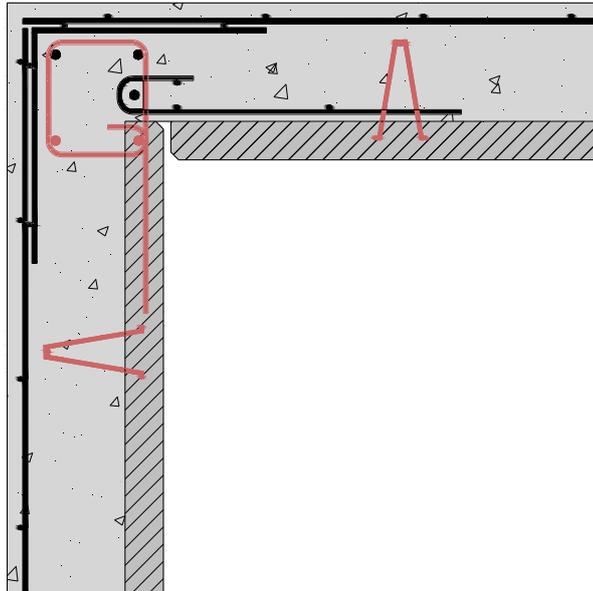
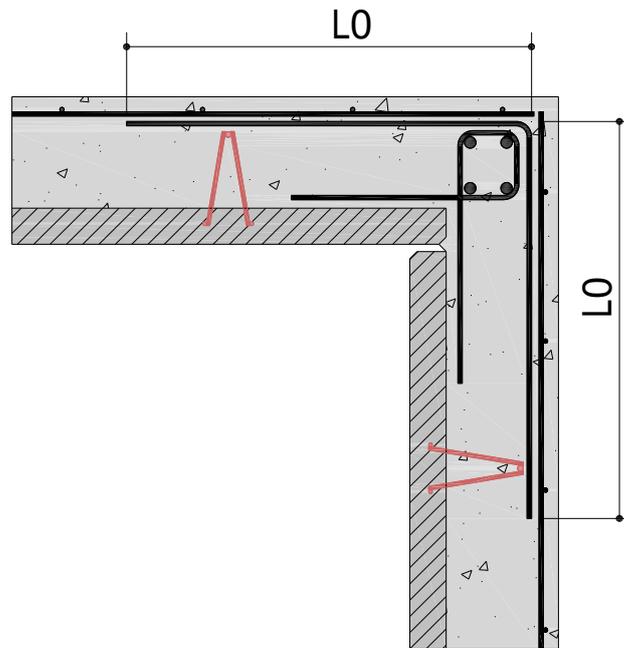


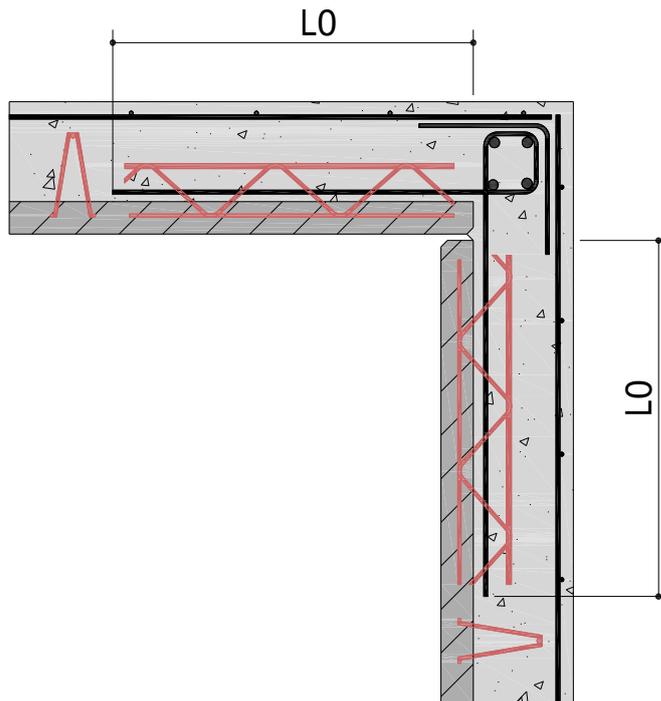
FIGURE 20 Liaison d'angle (couturée)



**FIGURE 21 Liaison d'angle (encastrée côté extérieur)**



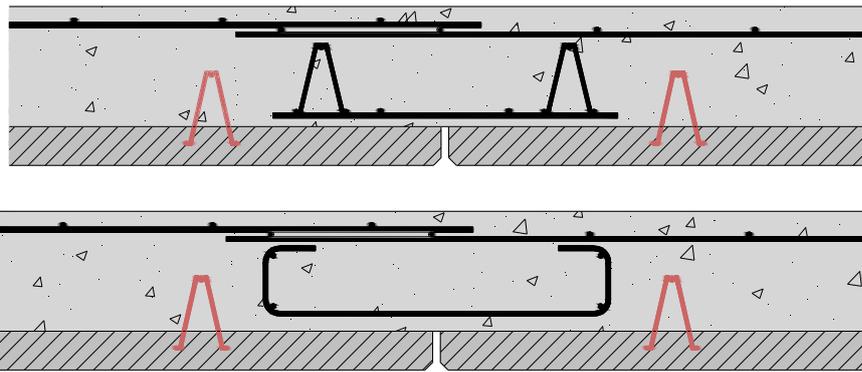
**FIGURE 22 Liaison d'angle (encastrée côté intérieur)**



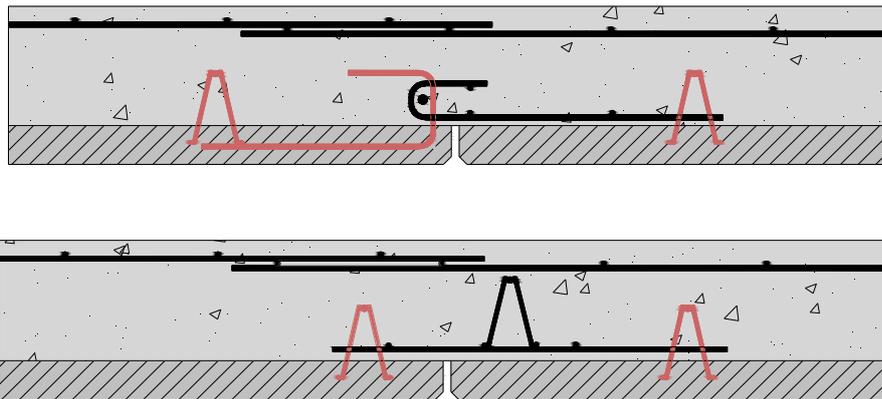
Cas 1 : Si la section mis en place reprend à elle seule 100% de l'encastrement : Pas besoin de  $L_0$

Cas 2 : Si la section mis en place est combinée à la section dans la paroi préfa : Besoin de  $L_0$

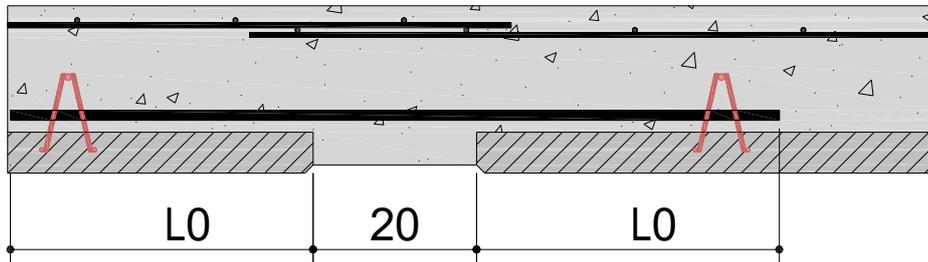
**FIGURE 23 Liaison droite (rotulée)**



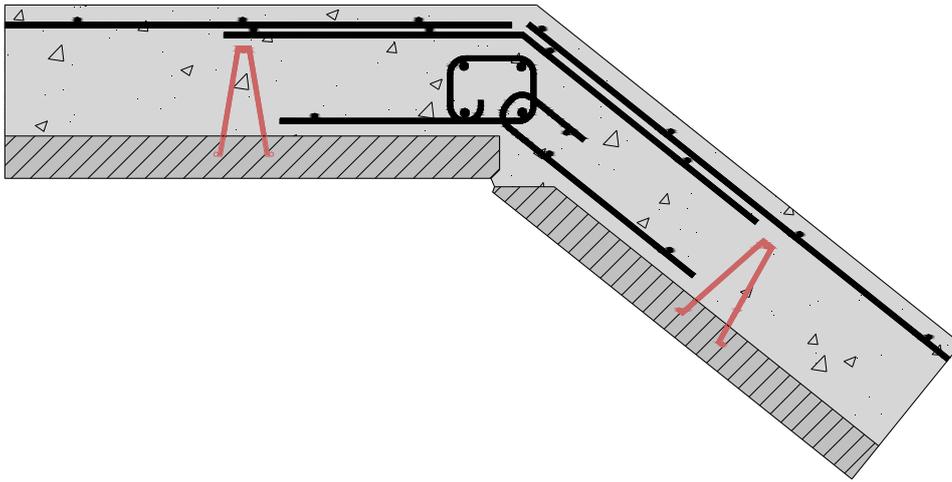
**FIGURE 24 Liaison droite (couturée)**



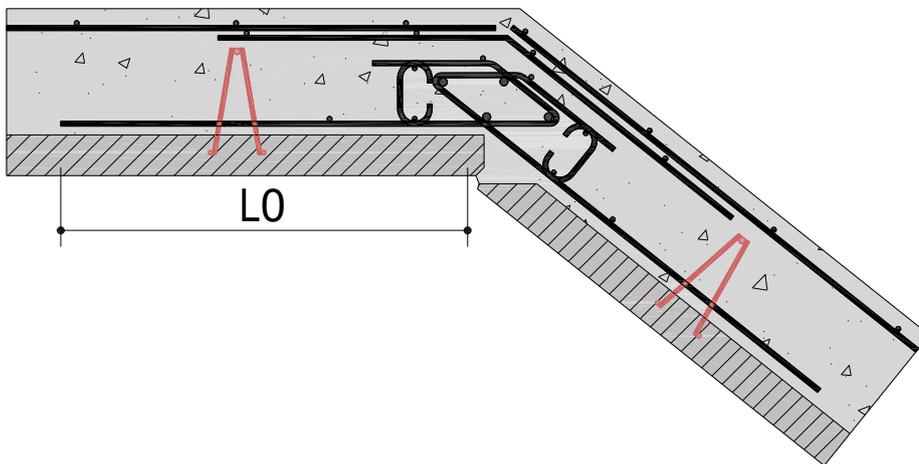
**FIGURE 25 Liaison droite (encastrée)**



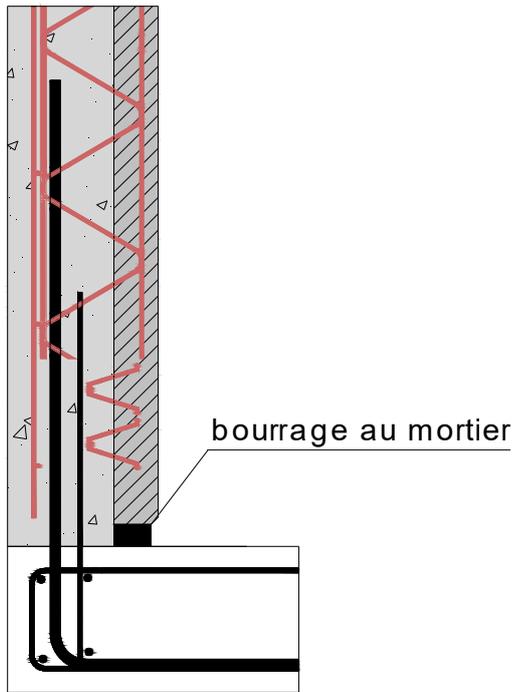
**FIGURE 26 Liaison d'angle biaise (rotulée)**



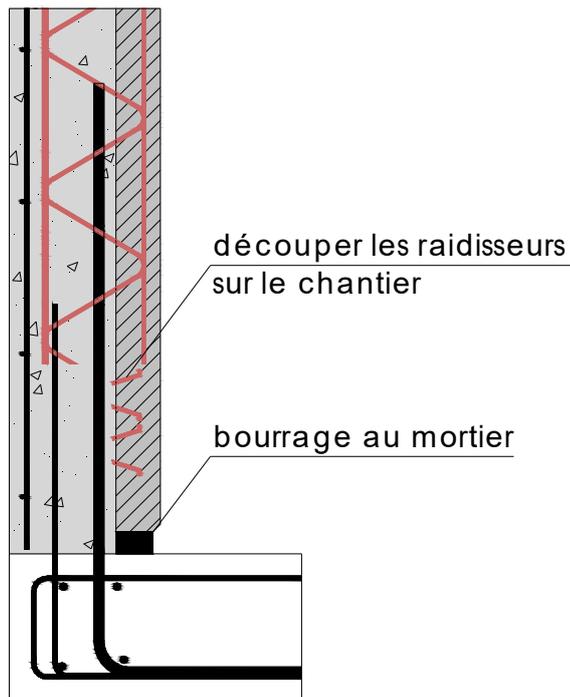
**FIGURE 27 Liaison d'angle biaise (encastrée)**



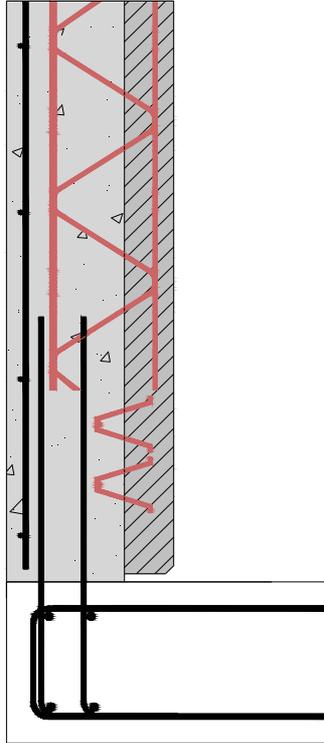
**FIGURE 28 Liaison en pied (encastrée côté extérieur)**



**FIGURE 29 Liaison en pied (encastrée côté intérieur)**

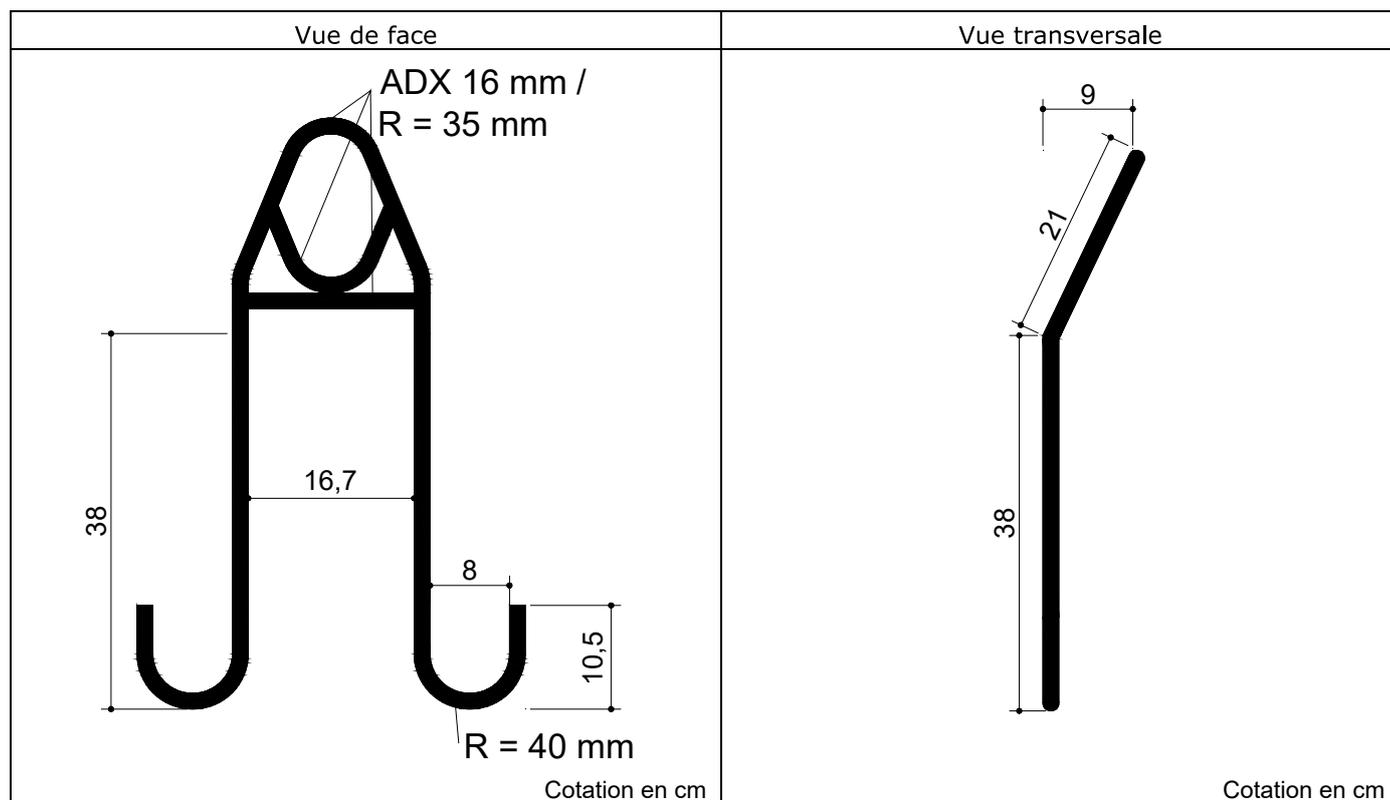


**FIGURE 30 Liaison en pied (rotulée)**

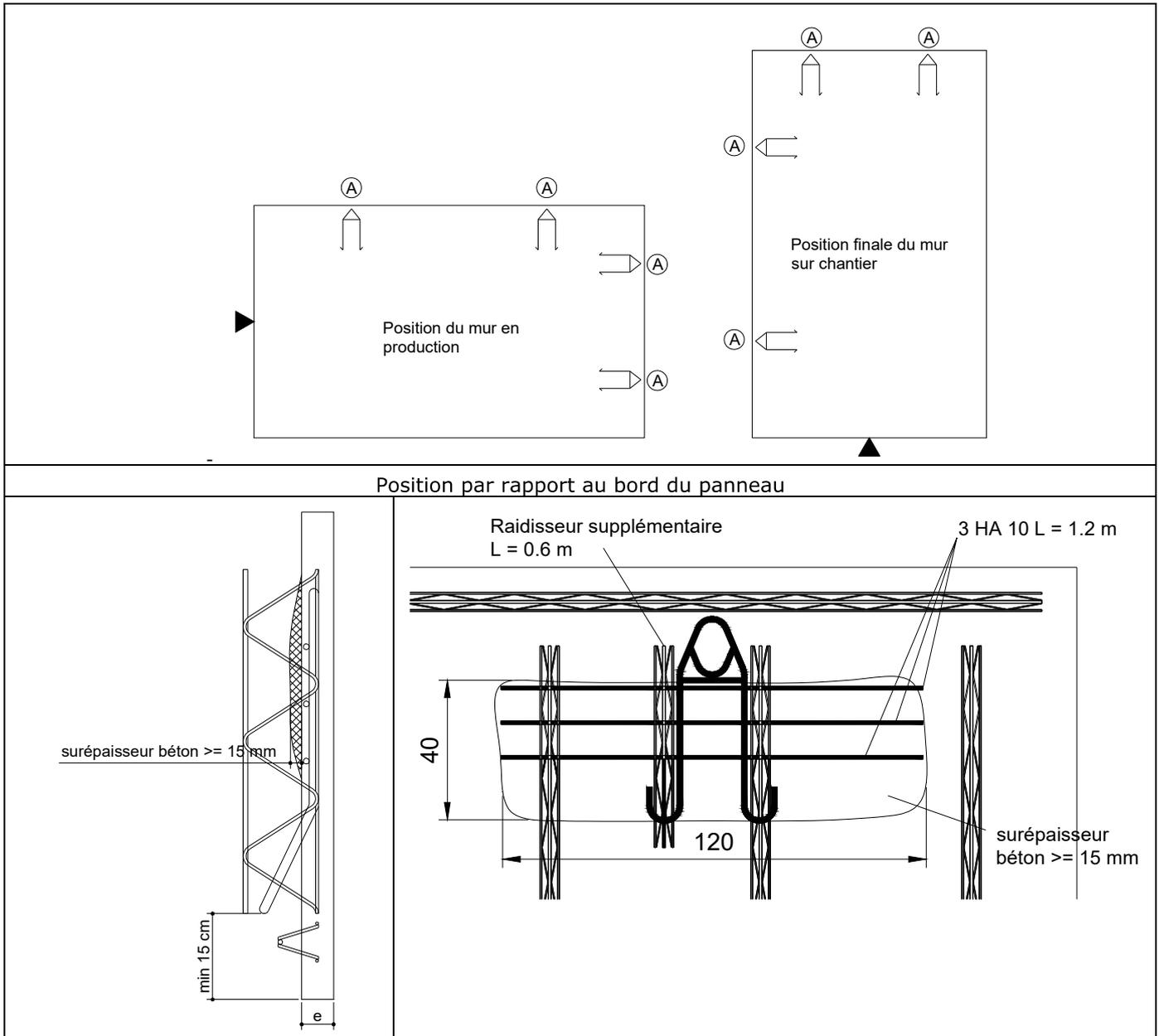


# ANNEXES

## ANNEXE 1 : Plan des inserts de levage



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



## ANNEXE 3 : Tableau des caractéristiques des raidisseurs

### a) Raidisseur type 8/5/5

| Désignation | Hauteur (cm) | Acier Ht | Acier Bas | 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) | Acier Ht | Acier Bas | 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) | Acier Ht | Acier Bas | 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

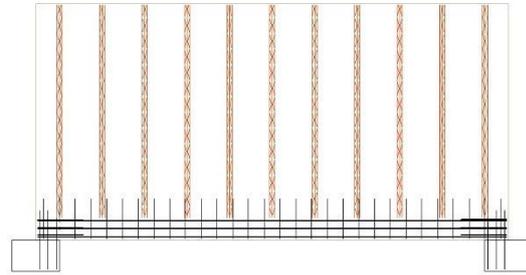
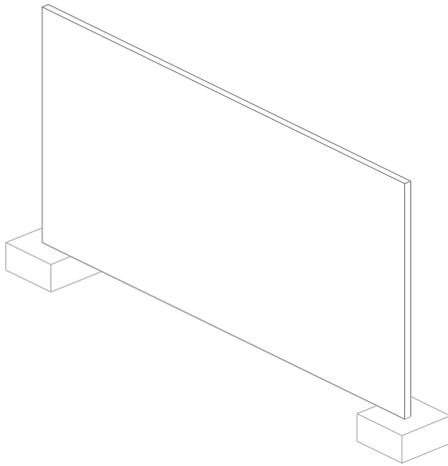
| Désignation | Hauteur (cm) | Acier Ht | Acier Bas | Diagonale | Moment résistant ultime (daN.m) |            | Tranchant résistant ultime (daN/ml) |            | Poids (kg/m) |
|-------------|--------------|----------|-----------|-----------|---------------------------------|------------|-------------------------------------|------------|--------------|
|             |              |          |           |           | 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) | Acier Ht | Acier Bas | 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

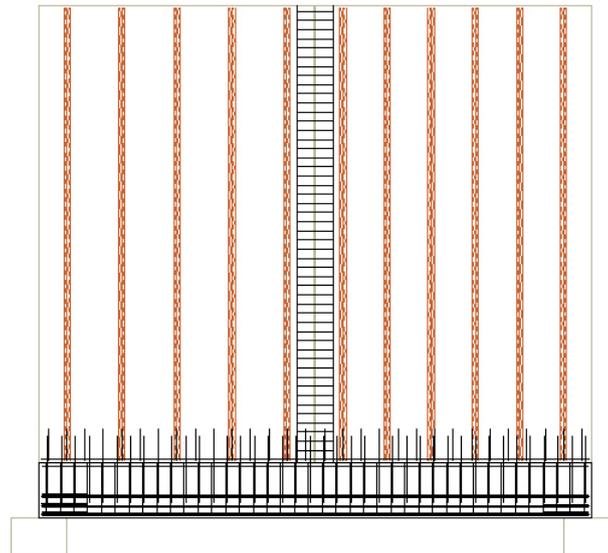
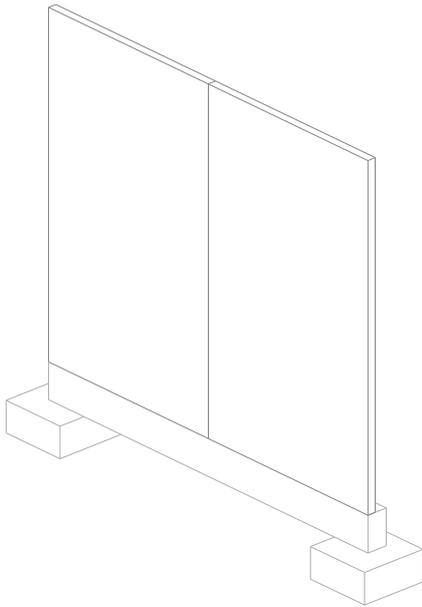
Cas 1



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

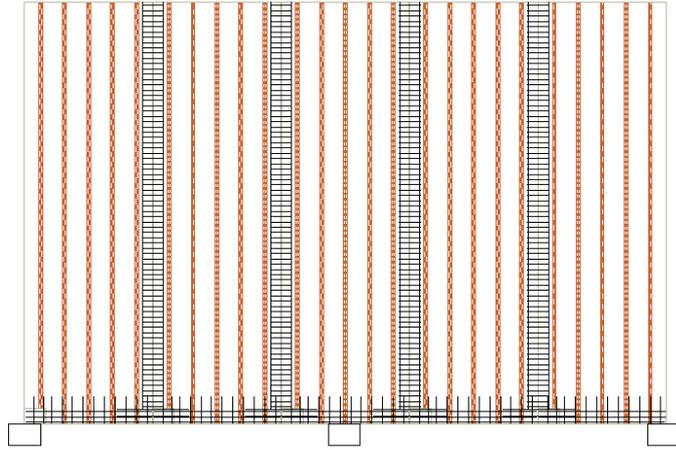
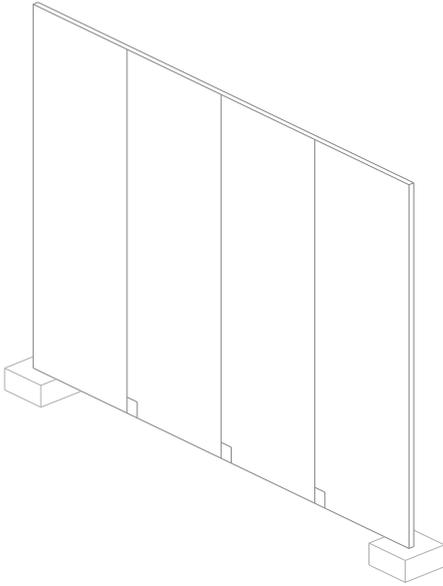


Poutre voile en plusieurs parties

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 structurales, 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 proposé à l'art 4.4.10 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.

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

$F_s$  : effort résistant au niveau du plan de cisaillement oblique calculé de la manière suivante :

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

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

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

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

$F_w$  : résistance garantie de la soudure des sinusoïdes sur les armatures longitudinales du treillis raidisseur ;

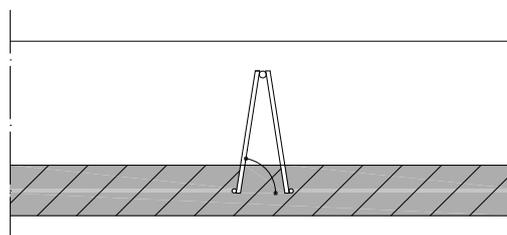
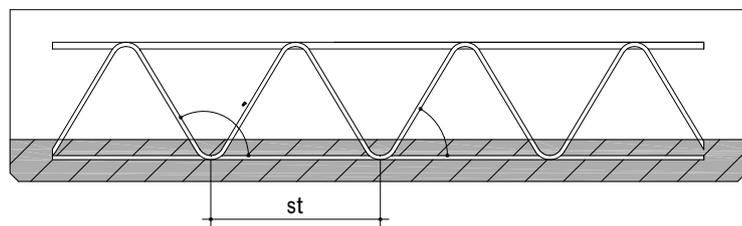
$\alpha$  : angle d'inclinaison des diagonales du treillis raidisseur par rapport au plan de reprise dans le sens longitudinal ;

$st$  : angle d'inclinaison des diagonales dans le plan transversal

| Largeur de la partie structurelle | Type de raidisseur | Section cm <sup>2</sup> /ml | Equivalent espacement armatures classiques en |    |    |
|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------|---|----|----|
|                                   |                    |                             | 6   | 8  | 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 |

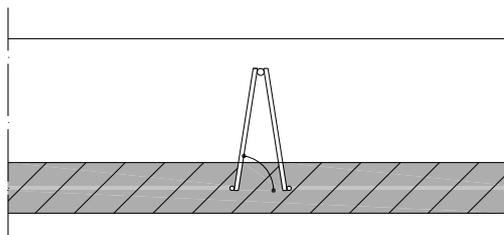
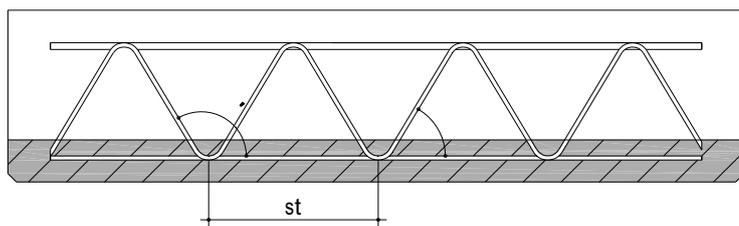
Nota : les types de raidisseur en fonction des épaisseurs de murs sont donnés à titre indicatif. Elles sont sujettes à variation en fonction des enrobages des aciers du BERLIMUR.

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 $\rho_a$

Avec les raidisseurs courants de section triangulaire, type Treillis Warren



$$\rho_a = \frac{(2 A_d \sin \alpha)}{(st e)}$$

Avec :

$A_d$  : sections d'une diagonale (m<sup>2</sup>)

$e$  : espacement des raidisseurs (m)

$st$  : pas de sinusoïde (m)

$\alpha$  : inclinaison des diagonales dans le plan transversal

Par exemple pour :

- Espacement des raidisseurs = 60 cm

- diagonales 5 mm

- Pas de la sinusoïde  $st = 20$  cm

-  $\alpha = 86^\circ$ , soit  $\sin \alpha = 0,997$

On obtient  $\rho_a = 0,0326\%$

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

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

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

Avec :

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

Avec :

c tel que :

c = 0,2 dans le cas de charges principalement statiques

c = 0,1 dans le cas de charges dynamiques

= 0,6

et  $\alpha$  : inclinaisons des diagonales dans le plan longitudinal

et  $\alpha'$  : pourcentages des armatures transversales ancrées de part et d'autre du plan de reprise suivant l'angle ou  $\alpha'$ .

$f_{ctd}$  : valeur de calcul de la résistance en traction du béton de remplissage ( $a_{ct} \cdot f_{t,n} / c$ )

$$f_t = \min \left[ \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; \frac{R}{(A_d \times \gamma_s)} \right]$$

$\gamma_s = 1.15$

$f_{yk}$  = limite caractéristique élastique de l'acier

R = résistance des soudures

$A_d$  = section d'une diagonale du raidisseur treillis

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

Ainsi par exemple

- Pour un béton de remplissage tel que  $f_{c,n} = 25$  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 : diagonales = 5 mm, pas de la sinusoïde = 20 cm,  $\alpha = 56^\circ$ ,  $\alpha' = 180 - 56 = 124^\circ$  et  $\alpha'' = 86^\circ$

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

$$\text{De plus, } f_t = \min \left[ \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; \frac{R}{A_d \times \gamma_s} \right] = \min \left[ \frac{500}{1.15}; \frac{9800}{1.15 \times \frac{5^2}{4}} \right] = 434 \text{ MPa}$$

On en déduit la valeur de  $v_{Rdi}$  :

$$v_{Rdi} = 0,2 \times 1,2 + 3,26 \cdot 10^{-4} \times 434 \times (0,6 \times \sin 56^\circ + \cos 56^\circ) + 3,26 \cdot 10^{-4} \times 434 \times (0,6 \times \sin 124^\circ + \cos 124^\circ)$$

$$v_{Rdi} = 0,38 \text{ MPa}$$

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

On a donc :

$$\tau_{ulim} = 0,38 \text{ MPa}$$

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

$$\tau_{ulim} = 0,41 \text{ MPa}$$

# 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),

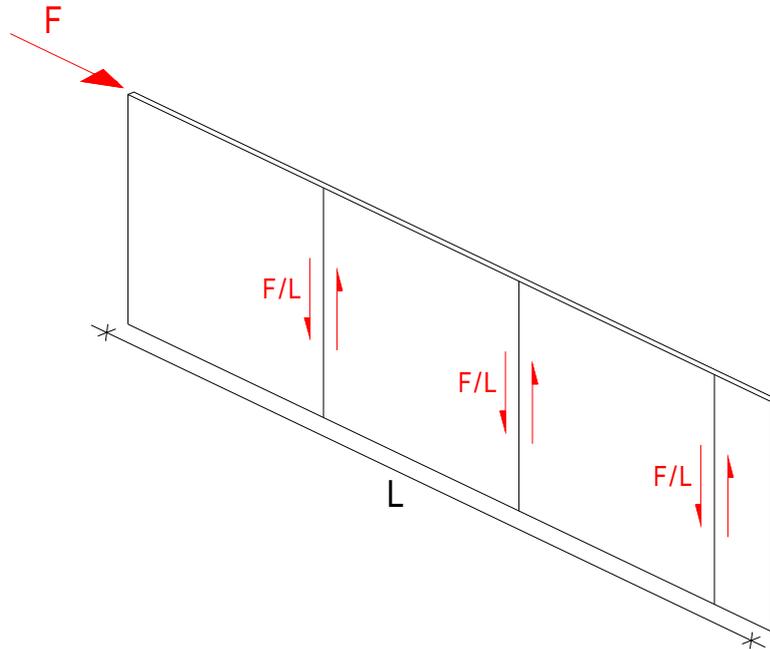
$V_{Rd,i}$  L'effort tranchant résistant au droit du joint (cf. § 2 ci-après).

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).

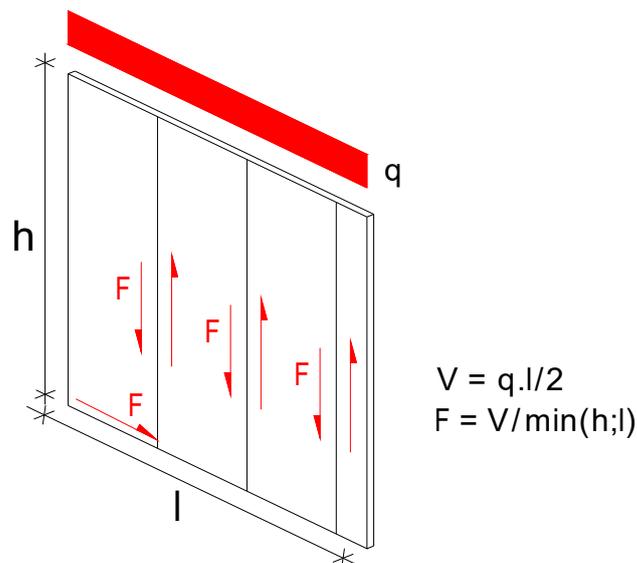
De même, la section des armatures de liaison doit être au moins égale à la section minimale prescrite pour les éléments continus équivalents et leurs longueurs doivent être suffisantes pour assurer le recouvrement avec les armatures intégrées dans les peaux coffrantes.

## 1. DETERMINATION DES EFFORTS SOLLICITANTS

### 1.1. CONTREVENTEMENT



### 1.2. POUTRE VOILE



$$V = q \cdot l / 2$$
$$F = V / \min(h; l)$$

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

## 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 :

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

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  $f_{yk}/s$  ;

$f_{yk}$  : la limite caractéristique d'élasticité de l'acier de béton armé ;

$s$  : le coefficient partiel de sécurité de l'acier ;

$v$  : le coefficient de réduction de la résistance du béton est donné par l'expression suivante :

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

$n$  : contrainte engendrée par la force normale externe minimale à l'interface susceptible d'agir en même temps que l'effort de cisaillement ;

$\rho$  : le ratio d'armatures de liaison traversant la section au droit du joint ;  $\rho = \frac{A_{lj}}{A_j}$

$\alpha$  : 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  $c$ , sont présentés dans le tableau ci-après :

| ELU                            | Fond. | Accid. |
|--------------------------------|-------|--------|
| C <sub>1</sub> (pleine masse)  | 0,5   | 0,25   |
| C <sub>2</sub> (surface lisse) | 0,2   | 0,1    |
|                                | 0,6   | 0,6    |

**Tableau 1 : Valeurs des coefficients  $c$ ,  $\mu$**

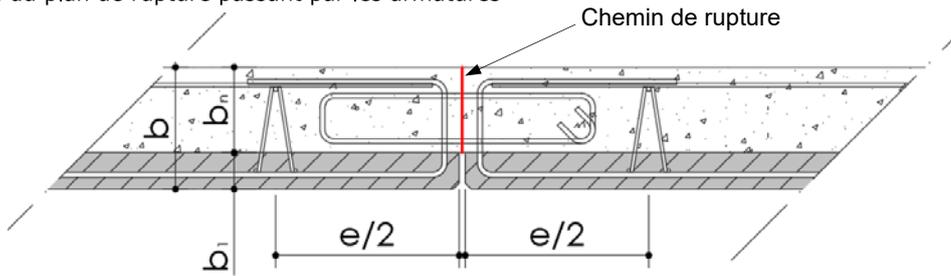
$c_1$  : coefficient de cohésion du béton cisailé pleine masse selon la même hypothèse que la vérification en section réduite au droit du joint.

$c_2$  : coefficient de cohésion du béton cisailé à l'interface noyau/paroi préfabriquée supposée « lisse ».

$\mu$  : coefficient de frottement

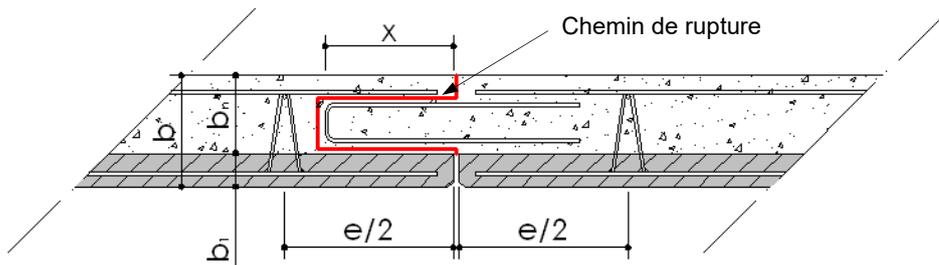
## 2.2. EXEMPLE DE LIAISON

### 1. Résistance du plan de rupture passant par les armatures



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

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

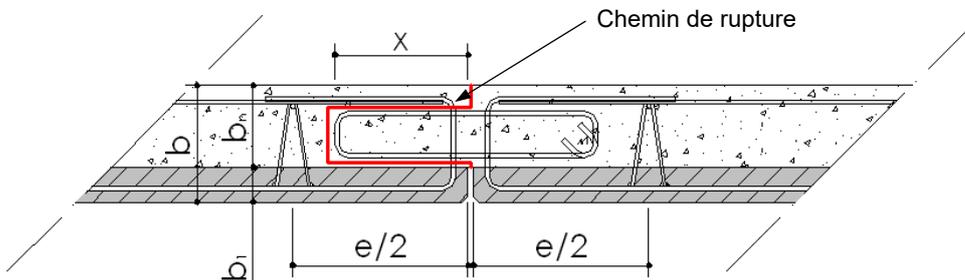


$$V_{Rd,2} = [c_1 \cdot f_{ctd,n} \cdot (b_n + x) + c_2 \cdot f_{ctd,n} \cdot x + \mu \cdot \sigma_n \cdot b_n] \cdot l$$

Avec :

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

### 3. Cas de la liaison avec couture aux abouts



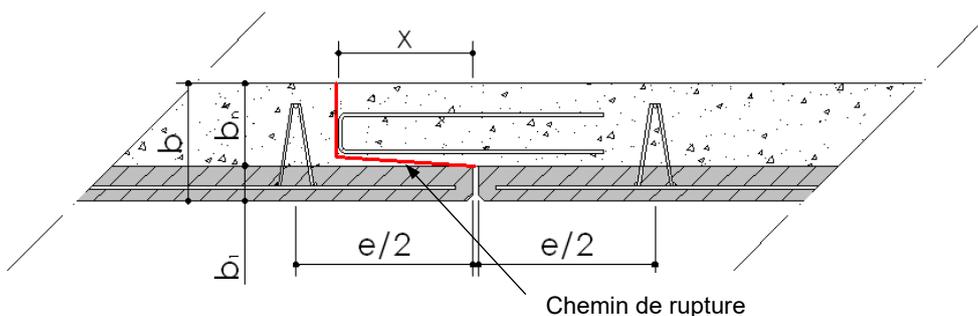
$$V_{Rd,3} = [c_1 \cdot f_{ctd,n} \cdot (b_n + x) + c_2 \cdot f_{ctd,n} \cdot x + \mu \cdot (\sigma_n + \rho \cdot f_{yd}) \cdot b_n] \cdot l$$

Avec :

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

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 :



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

Avec :

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