

Sur le procédé

## ZIPBOX

**Famille de produit/Procédé** : Système de liaison entre panneaux de murs préfabriqués

**Titulaire(s)** : **Société TPR**

### AVANT-PROPOS

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

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

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

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

**Groupe Spécialisé n° 3.2 - Murs et accessoires de mur**

## Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V2	<p>Cette version de l'Avis Technique, examinée le 19 avril 2023, annule et remplace l'Avis Technique 3.2/17-919_V1 et sa prorogation. Elle intègre les modifications suivantes</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mise à jour selon la nouvelle trame des Avis Techniques ;</li> <li>- Suppression de l'utilisation du procédé ZIPBOX dans des murs à coffrage et isolation intégré (MCII) ;</li> <li>- Modification des caractéristiques du câble principal (résistance, diamètre...) ;</li> <li>- Modification des conditions d'ancrage du procédé ZIPBOX ;</li> <li>- Remplacement des cales d'enrobage linéaires par des manchons en plastique.</li> </ul> <p>Modification de la position des coutures dans les liaisons en I.</p>	JUNES Angel	BERNARDIN-EZRAN Roseline

### Descripteur :

Dispositif de liaisonnement pour murs à coffrage intégré destiné à être incorporé dans le noyau de béton coulé en place des murs à coffrage intégré pour assurer la réalisation des liaisons articulées couturées au droit des joints verticaux entre deux panneaux de mur.

Ce dispositif de liaisonnement est destiné à assurer la reprise des sollicitations de cisaillement agissant dans la section transversale réduite au droit du joint vertical entre deux murs à coffrage intégré et à garantir la continuité mécanique entre les deux panneaux de mur.

Le système de liaison est constitué d'un câble principal  $\Phi 5$  ou  $\Phi 6$  mm de structure en acier sous forme de boucles continues formant une spirale, d'un câble secondaire en acier reliant chaque boucle et permettant de guider et d'espacer le câble principal (maintien de l'écartement entre les boucles de la spirale) et des manchons en plastique permettant de relier les 2 câbles à mi-longueur du système de liaison, ces manchons jouent le rôle de cale en maintenant un écartement minimum de 15 mm entre le système de liaison et les parois préfabriquées.

Les câbles principaux et secondaires du système de liaison sont en acier galvanisé. Les boucles du système de liaison sont ancrées au-delà des coutures de rive des panneaux (raidisseurs ou cage d'armature de fermeture en U) avec interposition d'une armature verticale en acier HA à chaque extrémité de la liaison (entre la boucle et les coutures des abouts des murs). La mise en œuvre du système de liaison sur toute la hauteur du joint est réalisée à l'aide d'une perche.

Le présent Avis ne vise que le dispositif de liaisonnement pour des murs à coffrage intégré. Il ne vise pas les procédés de mur qui le mettent en œuvre, et ne constitue donc pas un Avis Technique sur les procédés de murs dans lesquels il est intégré.

## Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé.....	5
1.1.	Domaine d'emploi accepté.....	5
1.1.1.	Zone géographique.....	5
1.1.2.	Ouvrages visés.....	5
1.1.3.	Identification.....	5
1.2.	Appréciation sur le dispositif.....	5
1.2.1.	Satisfaction aux lois et règlements en vigueur et autres qualités d'aptitude à l'emploi.....	5
1.2.2.	Durabilité - Entretien.....	6
1.2.3.	Impacts environnementaux.....	6
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé.....	6
2.	Dossier Technique.....	7
2.1.	Mode de commercialisation.....	7
2.2.	Description.....	7
2.2.1.	Principe.....	7
2.2.2.	Matériaux utilisés.....	7
2.2.3.	Eléments.....	8
2.3.	Conception et dimensionnement.....	9
2.3.1.	Ancrage du système de liaison et principe de transmission des efforts.....	9
2.3.2.	Résistance au cisaillement de la section transversale réduite au droit du joint.....	11
2.3.3.	Résistance au cisaillement sur le contour de liaison à l'interface entre le noyau et le voile préfabriqué.....	11
2.3.4.	Dispositions parasismiques.....	12
2.3.5.	Cas des poutres-cloisons.....	12
2.4.	Mise en œuvre.....	13
2.5.	Conditions d'exploitation du procédé.....	14
2.6.	Fabrication.....	14
2.6.1.	Contrôle de fabrication.....	14
2.6.2.	Contrôle de fabrication des murs à coffrage intégrés :.....	15
2.7.	Résultats expérimentaux.....	15
2.7.1.	Essais de flexion 4 points sur mur à coffrage intégré assemblés par une liaison ZIPBOX = essais de type BEAM-TEST. 15	
2.7.2.	Essais de cisaillement sur un joint de reprise de bétonnage assemblé par une liaison ZIPBOX.....	16
2.8.	Références.....	16
	ANNEXE 1 : Dimensions géométriques du système de liaison et tolérances de fabrication.....	17
	ANNEXE 2 : Critères d'implantation géométrique du système de liaison dans les murs.....	18
	ANNEXE 3 : Dimensions géométriques des manchons d'assemblage et tolérances de fabrication.....	19
	ANNEXE 4 : Transmission des efforts entre le système de liaison et les armatures intégrées dans les parois préfabriquées (sections de treillis soudé couvertes par ZIPBOX).....	20
	ANNEXE 5 : Principe de détermination des efforts sollicitants $VE_{dj}$ au droit du joint vertical entre murs.....	21
	a Dans le cas d'un contreventement.....	21
	a Dans le cas d'une poutre-cloison.....	22
	ANNEXE 6 : Efforts tranchants résistants de calcul au droit du joint.....	23
	ANNEXE 7 : Détails et configurations des liaisons avec le système ZIPBOX.....	27
	Liaisons en I couturées.....	27
	Liaisons en T couturées.....	28
	Liaison en I consécutive à une liaison en T.....	28
	ANNEXE 8 : Principe de mise en œuvre du système de liaison.....	29
	Chronologie générale de pose.....	29
	Mode opératoire de déploiement des ZIPBOX.....	30

ANNEXE 9 : Perche de mise en œuvre ..... 32  
ANNEXE 10 : Fiche d'autocontrôle type..... 33

# 1. Avis du Groupe Spécialisé

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

---

## 1.1. Domaine d'emploi accepté

---

### 1.1.1. Zone géographique

Le présent Avis est émis pour une utilisation en France Européenne et dans les DROM-COM.

Possibilité d'emploi en zones de sismicité 1 à 5 (selon l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié) moyennant les dispositions spécifiques définies dans le Dossier Technique.

### 1.1.2. Ouvrages visés

Dispositif de liaisonnement destiné à la réalisation des liaisons articulées couturées au droit des joints verticaux entre murs à coffrage intégré dont l'épaisseur nominale du noyau coulé en place varie de 7 à 14 cm.

Il est aussi possible d'utiliser le procédé pour la réalisation des liaisons articulées couturées au droit des joints verticaux entre panneaux constituant une poutre-cloison.

Le système de liaison est uniquement utilisable sur les murs à coffrage intégré munis de couture aux abouts.

Le procédé n'est pas destiné à la réalisation des liaisons articulées (absence de couture des abouts), des liaisons encastrees entre murs ainsi qu'à la réalisation des liaisons entre joints d'acrotères.

L'utilisation du procédé de liaison sur des murs inclinés n'est pas autorisée.

L'utilisation du procédé pour la réalisation des liaisons horizontales entre panneaux de mur superposés ou entre panneaux et plancher n'est pas visée dans le cadre du présent Avis Technique.

### 1.1.3. Identification

Chaque système de liaison est conditionné dans une boîte.

L'identification du procédé se fait à l'aide d'une étiquette apposée sur chaque élément et contenant les données suivantes : lieu et date de fabrication, diamètre du câble principal et hauteur totale de la liaison.

---

## 1.2. Appréciation sur le dispositif

---

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

#### 1.2.1.1. Stabilité

Le rétablissement du monolithisme du mur au droit des joints verticaux est assuré par l'adjonction du système de liaison entre panneaux.

La stabilité propre des murs à coffrage intégré dans lesquels est incorporé ce dispositif de liaison peut être normalement assurée moyennant l'application des prescriptions du Dossier Technique.

Les procédés de murs dans lesquels est incorporé ce système de liaison doivent être conçus et vérifiés suivant les prescriptions des Avis Techniques en cours de validité dont ils relèvent.

#### 1.2.1.2. Utilisation en zone sismique

Pour les constructions nécessitant la prise en compte d'efforts sismiques, le rétablissement du monolithisme du mur au droit des joints verticaux entre panneaux est assuré par l'adjonction du système de liaison.

L'utilisation en zones sismiques 1 à 5 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié est possible moyennant le respect des dispositions prévues au § 2 du dossier technique.

#### 1.2.1.3. Sécurité au feu

L'incorporation, dans les murs à coffrage intégré, de ce dispositif de liaisonnement est sans influence sur l'aptitude de tels procédés de mur à satisfaire à la réglementation.

Cette aptitude, qui dépend essentiellement de l'organisation des panneaux de mur, fait l'objet d'appréciations dans les Avis Techniques en cours de validité dont relèvent les procédés de murs à coffrage intégré.

#### 1.2.1.4. Prévention des accidents lors de la mise en œuvre du dispositif

Elle peut être normalement assurée moyennant l'application des dispositions du Dossier Technique (utilisation de plateforme de travail sécurisée, ...).

#### 1.2.1.5. Isolation thermique

L'utilisation de ce dispositif de liaisonnement est sans influence sur les performances thermiques des procédés de mur dans lesquels il est incorporé. L'aptitude des procédés de murs à coffrage intégré vis-à-vis de l'isolation thermique fait l'objet d'appréciations dans les Avis Techniques en cours de validité dont ils relèvent.

#### 1.2.1.6. Isolation acoustique

L'utilisation de ce dispositif de liaisonnement est sans influence sur les performances acoustiques des procédés de mur dans lesquels il est incorporé. L'aptitude des procédés de murs à coffrage intégré vis-à-vis de l'isolation acoustique fait l'objet d'appréciations dans les Avis Techniques en cours de validité dont ils relèvent.

#### 1.2.1.7. Etanchéité des murs extérieurs

L'utilisation de ce dispositif de liaisonnement est sans influence sur l'étanchéité des procédés de mur dans lesquels il est incorporé. Cette aptitude, qui dépend essentiellement du choix de l'organisation du dispositif d'étanchéité des joints et des conditions de bétonnage (en particulier au voisinage des raccordements entre panneaux) fait l'objet d'appréciations dans les Avis Techniques en cours de validité dont relèvent les procédés de mur à coffrage intégré.

#### 1.2.1.8. Finitions-Aspect

L'utilisation du système de liaison n'influence pas le comportement des finitions prévues à l'extérieur et à l'intérieur des procédés de murs dans lesquels il est incorporé.

Il ne peut être cependant totalement exclu que, malgré la présence du dispositif de liaisonnement au droit des joints verticaux, de fines fissures, sans autre inconvénient que leur aspect, se manifestent au droit de certains joints entre panneaux de coffrage non revêtus.

### 1.2.2. Durabilité - Entretien

Etant donné que les câbles sont en acier galvanisé et qu'ils présentent un enrobage minimum de 15 mm au droit du joint, la liaison verticale entre murs à coffrage intégré réalisée par ce dispositif est considérée comme durable et sans influence sur la durabilité des procédés de murs dans lesquels elle est incorporée.

Le traitement des joints verticaux devra être réalisé conformément aux prescriptions des Avis Techniques en cours de validité dont relèvent les murs à coffrage intégré dans lesquels est incorporé le système de liaison. Le système de liaison n'a pas d'influence sur les conditions de traitement des joints entre panneaux de mur.

### 1.2.3. Impacts environnementaux

#### 1.2.3.1. Données environnementales

Le procédé ZIPBOX ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

#### 1.2.3.2. Aspects sanitaires

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

---

## 1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

---

Etant donné la spécificité du système de liaison et de ses conditions de fabrication, le Groupe Spécialisé n°3.2 a jugé nécessaire d'imposer la réalisation d'un suivi par un organisme tiers des conditions de fabrication et de contrôle.

Cet avis ne dispense pas d'un calcul de stabilité et de résistance des murs, des calculs de liaisons des panneaux de murs avec l'ouvrage ainsi que de l'intégrité des procédés de murs.

## 2. Dossier Technique

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

---

### 2.1. Mode de commercialisation

---

Le procédé est commercialisé par le titulaire.

Titulaire : TPR

1 Rue Pierre et Marie Curie,

38230 Tignieu-Jamezieu

E-mail : tpr@groupe-tph.fr

---

### 2.2. Description

---

#### 2.2.1. Principe

Le dispositif de liaisonnement ZIPBOX pour murs à coffrage intégré est destiné à être incorporé dans le noyau de béton coulé en place des murs pour assurer la liaison mécanique au droit des joints verticaux entre deux murs à coffrages intégrés.

Le système de liaison ZIPBOX est destiné à assurer la reprise des sollicitations de cisaillement (contreventement, séisme, ...) agissant dans la section transversale réduite au droit du joint vertical entre deux murs à coffrages intégrés et à garantir la continuité mécanique entre les deux murs (monolithisme du mur).

Le système de liaison ZIPBOX est uniquement utilisable sur les murs à coffrage intégré munis de couture aux abouts : la liaison est ancrée au-delà des coutures de rive (raidisseurs ou armatures en U). La mise en place de couture en abouts des panneaux permet de garantir un coutrage optimal de la liaison ZIPBOX avec les cages d'armature (ou les raidisseurs).

Le dispositif de liaison permet de couvrir les cas suivants :

- Liaisons articulées couturées (armature de couture en bord de chaque panneau) ;
- Liaisons en I, en L et en T ;
- Liaisons au droit des joints verticaux entre panneaux de mur constituant une poutre-cloison ;
- Utilisation en zone de sismicité 1 à 5 ;
- Noyau coulé en place ayant une épaisseur nominale comprise entre 7 cm et 14 cm ;

Le système de liaison n'est pas destiné à la réalisation des liaisons encastrées (joints soumis à la flexion pour assurer la continuité du moment) ainsi qu'à la réalisation des liaisons entre joints d'acrotère.

Le système de liaison est constitué par les 3 éléments suivants :

- Un câble principal de structure en acier galvanisé sous forme de boucles continues (spirale) qui s'introduit dans les cages d'armatures ou les poutrelles positionnées aux abouts des murs à coffrage intégré ;
- Un câble secondaire en acier galvanisé reliant chaque boucle et permettant de guider et d'espacer le câble principal (maintien de l'écartement entre les boucles de la spirale) ;
- Des manchons permettant de relier les 2 câbles à mi-longueur du système de liaison. Les manchons sont constitués de plastique injecté lors de la fabrication de la liaison. Ces manchons permettent également de maintenir un écartement (enrobage) entre le système de liaison et les parois préfabriquées et/ou les plaques d'isolant au droit du joint vertical entre deux panneaux.

Les boucles du système de liaison sont ancrées au-delà des coutures de rive des panneaux avec interposition d'une armature de « clavage » verticale en acier HA à chaque extrémité de la liaison (entre la boucle et la couture de rive).

Le système de liaison est accompagné d'une barre ou d'un câble de tirage en acier permettant de garantir la mise en œuvre du procédé dans le noyau des murs à coffrage intégré comme indiqué au paragraphe 2.4.

Chaque système de liaison est conditionné dans une boîte.

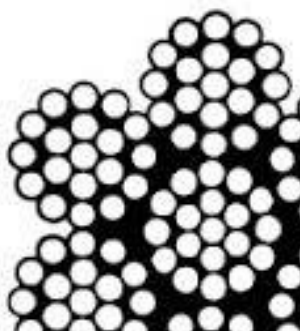
#### 2.2.2. Matériaux utilisés

##### 2.2.2.1. Câble principal de structure

Câble principal structural de 5 ou 6 mm de diamètre en acier galvanisé uniquement (tous les fils sont galvanisés). Le câble est constitué de 7 torons de 19 fils.

- Classe de résistance : 1960 MPa.
- Classe conventionnelle d'élasticité : 1764 MPa (0,9 x 1960 MPa). Le dimensionnement est réalisé en tenant compte de la classe conventionnelle d'élasticité tel que décrit au § 2.3.
- Module de Young : 140 000 MPa.

Section efficace : 0,1045 cm<sup>2</sup> (Φ5 mm) ou 0,1505 cm<sup>2</sup> (Φ6 mm).



Câble – 7 torons de 19 fils

#### 2.2.2.2. Câble secondaire de guidage

Câble secondaire de guidage de 1,0 mm à 2,0 mm de diamètre en acier galvanisé uniquement (tous les fils sont galvanisés). Ce câble n'a pas de fonction structurale ; il s'agit d'un élément de guidage de la liaison lors de la mise en œuvre et maintien de l'espacement entre boudes.

#### 2.2.2.3. Armature de clavage

Armature HA de diamètre minimum de 10 mm, de nuance B500, conforme aux prescriptions de la norme NF EN 10080. La classe de ductilité de l'acier (A, B ou C) sera adaptée en fonction de la zone de sismicité et de la destination de l'ouvrage.

### 2.2.3. Eléments

#### 2.2.3.1. Système de liaison : câble principal et câble de guidage

Le système de liaison comporte un câble principal en acier  $\Phi 5$  mm ou  $\Phi 6$  mm ayant la forme d'une spirale (plusieurs boudes continues) dont la longueur minimale des demi-spires est de 48 cm (longueur de la liaison). L'ensemble des demi-spires (situées sur des faces opposées) du système de liaison sont reliées entre elles verticalement à l'aide du câble secondaire en acier  $\Phi 1$  mm à  $\Phi 2$  mm (câble d'espacement et de guidage) disposé à mi-longueur du système de liaison, soit à 24 cm.

L'espacement des demi-spires entre faces opposées est de 10 cm.

L'espacement des demi-spires sur chaque face est de 20 cm.

Les dimensions géométriques du système de liaison sont illustrées à l'Annexe 1 du dossier technique.

Chaque liaison est identifiée par une couleur de boîtes indiquant le diamètre du câble principal et sa hauteur totale (jaune pour un câble de 5 mm et blanche pour un câble de 6 mm).

La transmission des efforts du système de liaison aux coutures de rives des murs se fait par l'intermédiaire d'une barre de « clavage » en acier HA, de diamètre supérieur ou égal à 10 mm, disposée entre les boudes d'extrémité du système et les coutures de rive des murs. A chaque extrémité du système de liaison, les boudes se trouvent ancrées au-delà des coutures de rive des panneaux.

Afin de garantir l'efficacité et une mise œuvre correcte du système de liaison en forme de spirale (voir le paragraphe 2.4), les coutures de rive (armatures en U ou raidisseurs) des murs doivent être situées à 12cm de l'about pour les liaisons droites selon la géométrie de liaison choisie, 20 cm dans le cas d'intersection entre les murs (angles, ...) où les dispositions de l'Annexe 7 doivent être respectées.

Pour les joints verticaux en zone courante, la pénétration du système de liaison dans les abouts de mur à coffrage intégré est au minimum de 15 cm (toutes tolérances de fabrication et de mise en œuvre épuisées). Pour cela, la largeur du joint vertical entre les deux murs à coffrage intégré doit être au maximum de 2 cm.

L'enrobage minimal du câble principal de la liaison au niveau de la section réduite au droit du joint est quant à lui de 1,5 cm.

Etant donné que les conditions d'insertion du système de liaison dans le noyau des murs à coffrage intégré conduisent à un enrobage minimal de 15 mm du câble principal au droit du joint vertical ou 20 mm, et afin d'être compatible avec les conditions d'exposition auxquelles sont soumis les procédés de mur dans lesquels il est incorporé, le câble principal du système de liaison doit obligatoirement être en acier galvanisé.

La galvanisation du câble principal du système de liaison doit être réalisée conformément aux prescriptions de la norme NF EN 12385-1 : un revêtement de qualité B tel que défini par la norme NF EN 10244-2 doit être utilisé sur l'ensemble des fils constituant le câble.

Les critères d'implantation géométrique du système de liaison dans les murs à coffrage intégré sont illustrés à l'Annexe 2 du dossier technique.

#### 2.2.3.2. Manchons d'assemblage

L'assemblage du câble principal et du câble secondaire du système de liaison est réalisé à l'aide d'un manchon en plastique injecté dans un moule en acier après positionnement géométrique des deux câbles.

Le manchon enrobe le câble principal sur une longueur de 33 mm. Au niveau de l'intersection des deux câbles, le manchon est constitué d'une boule de liaison d'un diamètre de 11 mm qui permet d'assurer l'assemblage des deux câbles. Cette pièce plastique est positionnée à mi-longueur des demi-spires du système de liaison afin de se retrouver centrée avec l'axe du joint vertical séparant les deux murs à coffrage intégré.



Le manchon en plastique présente une excoissance de 16 mm à ses deux extrémités afin de garantir un enrobage minimal de 15 mm entre les câbles et les parois préfabriquées et/ou les plaques d'isolant au droit du joint vertical entre deux panneaux de mur (enrobage minimal de 15 mm par rapport à la surface exposée au droit du joint vertical).

Afin de contrôler la mise en œuvre du système de liaison sur la hauteur du joint vertical entre les deux panneaux de mur (notamment pour les joints verticaux en zone courante), les manchons d'assemblage sont facilement identifiables grâce à leur couleur rouge ou orange.

Les dimensions géométriques des manchons d'assemblage sont illustrées à l'Annexe 3 du Dossier Technique.

## 2.3. Conception et dimensionnement

Le système de liaison ZIPBOX est destiné à assurer la continuité mécanique entre deux murs à coffrage intégré au niveau des joints verticaux entre panneaux (y compris les panneaux constituant une poutre-cloison).

Le système de liaison est dimensionné pour reprendre les sollicitations de cisaillement (contreventement, séisme, ...) agissant dans la section transversale réduite au droit du joint vertical entre deux murs à coffrage intégré.

Afin de garantir une profondeur d'ancrage minimale du système de liaison d'une longueur minimale de 15 cm pour les liaisons en I et 12,5 cm pour les liaisons en L et T au-delà des joints verticaux en zone courante, la largeur maximale des joints entre panneaux de murs devra être de 20 mm. Le calcul des largeurs de joints devra prendre en compte les tolérances de pose et de fabrication des murs conformément aux prescriptions des Avis Techniques en cours de validité dont relèvent les procédés de murs à coffrage intégré.

Les vérifications à mener sont les suivantes :

- Vérification de la résistance au cisaillement de la section transversale réduite au droit du joint ;
- Vérification du monolithisme du mur : transmission des efforts entre le système de liaison et les armatures intégrées dans les voiles préfabriqués ; résistance au cisaillement sur le contour de liaison à l'interface entre le noyau et le voile préfabriqué.

On doit vérifier que  $V_{Edj} \leq V_{Rd} = \min\{V_{Rd,j} ; V_{Rd,i}\}$  avec :

- $V_{Edj}$  : effort tranchant sollicitant de calcul au droit du joint (voir l'Annexe 5) :
  - En situation sismique, la détermination des actions sismiques devra être réalisée conformément aux prescriptions de la norme NF EN 1998-1 et de son annexe nationale ;
  - Les efforts de vent (contreventement) à prendre en compte pour le dimensionnement du système de liaison devront être déterminés conformément aux prescriptions de la norme NF EN 1991-1-4 et de son Annexe Nationale NF EN 1991-1-4/NA ;
- $V_{Rd,j}$  : effort tranchant résistant de calcul au niveau de la section transversale réduite au droit du joint (voir le paragraphe §2.3.2) ;
- $V_{Rd,i}$  : effort tranchant résistant de calcul sur le contour de liaison à l'interface entre le noyau et le voile préfabriqué (voir le paragraphe §2.3.3).

Des valeurs de l'effort tranchant résistant  $V_{Rd}$  sont données à l'Annexe 6 pour différentes épaisseurs de noyau et pour des hypothèses de calcul sécuritaires.

La résistance caractéristique à la compression sur cylindre du béton du noyau coulé en place des murs à coffrage intégré doit être au moins égale à 25 MPa (béton de classe de résistance C25/30).

Le béton du noyau coulé en place devra être de classe de consistance S4 ou S5 conformément à la norme NF EN 206+A2/CN.

Afin d'assurer un bétonnage et un remplissage correct du noyau (notamment au droit de la liaison verticale), le diamètre nominal supérieur du plus gros granulat, noté  $D_{max}$ , doit satisfaire les conditions suivantes :

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

La résistance caractéristique à la compression sur cylindre du béton des parois préfabriquées des murs à coffrage intégré doit être au moins égale à 40 MPa (béton de classe de résistance C40/50).

### 2.3.1. Ancrage du système de liaison et principe de transmission des efforts

L'ancrage du système de liaison de part et d'autre du joint vertical entre panneaux de mur (en zone courante) sur une longueur minimale de 15 cm pour les liaisons en I et 12,5 cm pour les liaisons en L et T, avec ancrage au-delà des coutures de rive des panneaux et interposition systématique d'une armature de clavage entre les boucles et les coutures de rive, permet d'assurer une bonne transmission des forces d'adhérence au béton et de mobiliser totalement la capacité résistante en traction du câble principal en évitant toute fissuration ainsi que tout éclatement du béton.

La transmission des efforts entre le système de liaison et les armatures intégrées dans les voiles préfabriquées des murs s'effectue par l'intermédiaire de l'armature de clavage en acier HA disposée systématiquement entre les boucles d'extrémité du système de liaison et les coutures de rive des murs (voir Annexes 7 et 8) : cette armature permet une meilleure répartition des contraintes dans l'acheminement des efforts du câble aux treillis des parois préfabriquées. L'armature de clavage permet de répartir l'effort de traction du câble dans le béton et d'augmenter la résistance de l'ancrage par confinement du béton. Il est indispensable de mettre systématiquement cette armature de clavage afin de répartir et d'assurer la transmission des efforts entre les deux panneaux. Les coutures de rive (cage d'armature en U ou raidisseur) ont également un effet de confinement de l'ancrage en empêchant l'écartement des parois préfabriquées.

Avec une pénétration du système de liaison dans les abouts de mur à coffrage intégré de 15 cm minimum pour les liaisons en I et 12,5 cm minimum pour les liaisons en L et T, la capacité résistante en traction du système de liaison n'est complètement mobilisée et le recouvrement du système avec les armatures intégrées dans les voiles préfabriqués des murs permet d'assurer correctement la transmission des efforts de la liaison aux armatures intégrées tels qu'il ne se produise pas un éclatement du béton au niveau des jonctions et qu'il n'apparaisse pas de fissures ouvertes.

Etant donné que la longueur d'ancrage minimale de 15 cm pour les liaisons en I et 12,5 cm pour les liaisons en L et T est réputée suffisante pour ancrer l'effort de traction,  $FT$ , qui règne dans le câble et pour assurer la transmission de cet effort vers les armatures intégrées dans les parois préfabriquées (taux de travail des armatures à 100% pour cette longueur d'ancrage).

$$FT = A_s \times f_{yd}$$

Avec :

- $A_s$  : section de câble
- $f_{yd}$  : limite d'élasticité du câble égale à  $0,9 \times R_r / \gamma_s$ 
  - $R_r$  : classe de résistance du câble (MPa)
  - $\gamma_s$  : coefficient partiel de sécurité associé à l'acier

On en déduit que le système de liaison pour un espacement de 20 cm est capable de recouvrir les sections d'armatures (intégrées dans les parois) suivantes :

#### Liaison avec câble principal de 6 mm

La résistance à la traction pour une section  $0,753 \text{ cm}^2/\text{ml}/\text{face}$  et une contrainte de calcul  $f_{yd}$  de 1533 MPa (1764 MPa/1,15), est de 115 kN/ml. Cela correspond donc à une section équivalente de  $2,65 \text{ cm}^2/\text{ml}$  pour des armatures HA B500.

La section couverte par le système de liaison est par conséquent de  $2,65 \text{ cm}^2/\text{ml}/\text{face}$ .

Les treillis soudés couverts par le système de liaison sont répertoriés à l'Annexe 4 du dossier technique.

#### Liaison avec câble principal de 5 mm

La résistance à la traction pour une section  $A_s$  de  $0,523 \text{ cm}^2/\text{ml}/\text{face}$  et une contrainte de calcul  $f_{yd}$  de 1533 MPa (1764 MPa/1,15), est de 80 kN/ml. Cela correspond donc à une section équivalente de  $1,85 \text{ cm}^2/\text{ml}$  pour des armatures HA B500.

La section couverte par le système de liaison est par conséquent de  $1,85 \text{ cm}^2/\text{ml}/\text{face}$ .

Les treillis soudés couverts par le système de liaison sont répertoriés à l'Annexe 4 du dossier technique.

#### Ferraillage minimum et équivalent

Les sections équivalentes d'armatures HA B500 couvertes par le système de liaison permettent de respecter la mise en place au droit des joints d'un ferraillage minimum conforme à l'article 9.6.3 de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale.

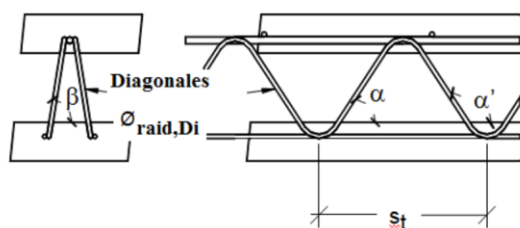
Les dispositions constructives minimales suivantes doivent être respectées :

- Ferraillage minimum des parois préfabriquées: chaque voile préfabriqué comprend au minimum  $1,2 \text{ cm}^2/\text{ml}$  d'armatures dans les deux directions, avec un espacement maximum des armatures inférieur ou égal à 33 cm.
- Ferraillage minimum des coutures des abouts :

Cage d'armature avec U de fermeture : section minimale de  $2,51 \text{ cm}^2/\text{ml}$  et espacement des armatures compris entre 10 cm minimum et 20 cm maximum (soit par exemple : U  $\Phi 8$  / e = 20 cm)

Treillis raidisseurs : section équivalente minimale de  $2,51 \text{ cm}^2/\text{ml}$  (pas du treillis compris entre 10 et 20 cm)

La section d'armature équivalente du treillis raidisseur se détermine à partir de l'effort résistant  $F_s$  au niveau du plan de cisaillement oblique :



$$A_{s,eq} = 4 \times \frac{F_s}{f_{yk}} \times \frac{\sin \alpha \cdot \sin \beta}{s_t}$$

Avec :

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

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

- $R_{e,Di}$  : limite apparente d'élasticité de la diagonale du treillis raidisseur ;
- $A_{raid,Di}$  : section de la diagonale du treillis raidisseur ;
- $F_w$  : résistance garantie de la soudure des sinusoïdes sur les armatures longitudinales du treillis raidisseur ;
- $f_{yk}$  : limite caractéristique d'élasticité de l'acier des armatures de fermeture en U ;

- $\beta$  : angle d'inclinaison des diagonales dans le plan transversal.

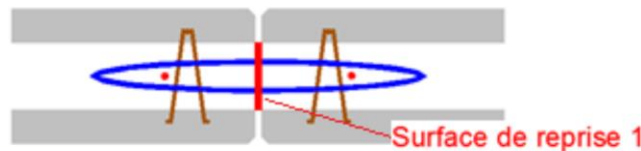
La vérification du monolithisme du mur se résume donc à :

- Vérifier que les sections d'armatures disposées dans les parois préfabriquées sont couvertes par le système de liaison (section équivalente d'armature HA B500) ;
- Vérifier la résistance au cisaillement sur le contour de liaison à l'interface entre le noyau et le voile préfabriqué (voir le paragraphe 2.3.3).

### 2.3.2. Résistance au cisaillement de la section transversale réduite au droit du joint

Les résultats expérimentaux des essais de cisaillement mentionnés au paragraphe 2.7 ont permis de valider la méthode de calcul suivante :

La section réduite au droit du joint traversée par le câble principal du système de liaison est assimilée à une reprise de bétonnage verticale (surface de reprise 1 des schémas ci-dessous).



L'article 6.2.5 de la norme NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale s'applique. La vérification au cisaillement est alors menée en considérant l'hypothèse suivante : les valeurs des deux coefficients  $c$  et  $\mu$  dépendant de la rugosité de l'interface sont égales respectivement à 0,5 et à 0,9. Sous charges dynamiques ou de fatigue, il convient de diviser par deux les valeurs du coefficient  $c$ , conformément à l'article 6.2.5 (5) de la norme NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale :  $c = 0,25$ .

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

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

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. Le béton de remplissage du noyau doit présenter une résistance caractéristique minimale à la compression de 25 MPa (classe de résistance minimale C25/30), le béton du noyau coulé en place devra être de classe de consistance S4 ou S5 conformément à la norme NF EN 206+A2/CN ;
- $f_{ctd,n}$  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 ;
- $f_{y\Box}$  la limite d'élasticité de l'armature du système de liaison telle que définie au § 4.1.
- $\gamma_s$  le coefficient partiel de sécurité de l'acier du câble principal. On retiendra  $\gamma_s = 1,15$  en situation durable et  $\gamma_s = 1,10$  en situation sismique.
- $v$  le coefficient de réduction de la résistance du béton est donné par l'expression suivante :

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

- $\sigma_n$  la 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  $A_{lj}/A_j$  ( $A_{lj}$  étant la section d'armatures de liaison traversant l'interface et  $A_j$  l'aire du joint).
- $\alpha$  l'angle d'inclinaison des armatures de liaison au droit du joint. On retiendra  $\alpha = 90^\circ$ .

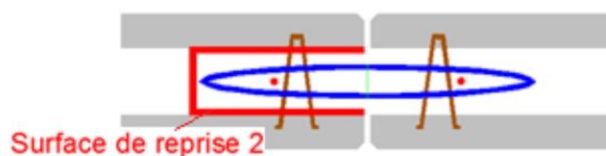
Les efforts résistants de calcul au cisaillement  $V_{Rdj}$  au droit du joint sont donnés à l'Annexe 6 pour différentes épaisseurs de noyau en considérant  $\sigma_n = 0$  et un béton du noyau coulé en place de classe de résistance C25/30.

L'effort tranchant résistant de calcul  $V_{Rdj}$  au droit du joint calculé comme mentionné ci-dessus est comparé à l'effort tranchant sollicitant de calcul  $V_{Edj}$  au droit du joint. Le calcul de l'effort tranchant sollicitant de calcul  $V_{Edj}$  au droit du joint est détaillé à l'Annexe 5.

On doit vérifier que  $V_{Edj} \leq V_{Rdj}$ .

### 2.3.3. Résistance au cisaillement sur le contour de liaison à l'interface entre le noyau et le voile préfabriqué

Le contour de liaison au droit du joint à prendre en compte dans la vérification correspond donc à la surface de reprise 2 des schémas ci-dessous :



Dans le cas le plus courant où les armatures des coutures des abouts des murs à coffrage intégré présentent des sections d'armatures identiques sur les deux plans de couture (surface de reprise 2 des schémas ci-dessus), l'effort tranchant résistant de calcul  $V_{Rdi}$  est déterminé sur la base de l'expression suivante :

$$V_{Rd,i} = [c \times f_{ctd,n} + \mu(\sigma_n + \rho \times f_{yd})] \times 2x \times 1$$

Avec :

- $c$  le coefficient de cohésion et  $\mu$  le coefficient de frottement dont les valeurs sont présentées dans le tableau ci-dessous (cas d'une surface de reprise de type « lisse » au sens de l'article 6.2.5 de la NF EN 1992-1-1) :

Combinaisons à l'ELU	Situations durable ou transitoire	Situation sismique
c	0,2	0,1
$\mu$	0,6	0,6

- $\sigma_n$  la contrainte normale à l'interface résultant d'un effort de compression ;
- $f_{ctd,n}$  la résistance de calcul en traction du béton du noyau coulé en place ;
- $f_{yd}$  la limite d'élasticité de calcul de l'acier de béton armé (couture des abouts) ;
- $\rho$  le pourcentage d'armatures  $A_{cout}$  traversant l'interface voile préfabriqué/noyau coulé en place sur la distance  $x$  ;
- $x$  la distance de l'extrémité de la boucle du système de liaison à l'about du voile préfabriqué (voir les schémas ci-dessus). On retiendra  $x = 15$  cm (pénétration minimale du système de liaison dans les abouts de mur à coffrage intégré : voir l'Annexe 2).

Note : Dans l'expression de l'effort résistant ci-dessus, l'influence du retrait du béton coulé en place est négligée.

Les efforts résistants de calcul au cisaillement  $V_{Rdi}$  sur le contour de liaison à l'interface entre le noyau et le voile préfabriqué sont donnés à l'Annexe 6 en considérant le ferrailage minimum des coutures des abouts pris égal à  $2,51 \text{ cm}^2/\text{ml}$  (sections d'acier identiques sur les deux plans de couture) et un béton du noyau coulé en place de classe de résistance C25/30.

L'effort tranchant résistant de calcul  $V_{Rd,i}$  calculé comme mentionné ci-dessus est comparé à l'effort tranchant sollicitant de calcul  $V_{Edj}$  au droit du joint. Le calcul de l'effort tranchant sollicitant de calcul  $V_{Edj}$  au droit du joint est détaillé à l'Annexe 5.

On doit vérifier que  $V_{Edj} \leq V_{Rd,i}$ .

### 2.3.4. Dispositions parasismiques

Les valeurs des efforts tranchant résistant de calcul  $V_{Rdi}$  et  $V_{Rd,i}$  en situation sismique se déterminent conformément aux prescriptions des paragraphes 2.3.2 et 2.3.3 en tenant compte des coefficients partiels des matériaux (acier et béton) en situation sismique et en divisant par deux le coefficient de cohésion  $c$ .

La détermination des efforts induits par les actions sismiques sur un voile réalisé en mur à coffrage intégré peut se baser sur la section homogène équivalente au voile banché substitué. L'effort tranchant sollicitant le système de liaison au droit des joints verticaux doit être déterminé suivant la méthode de calcul présentée en Annexe 5 du Dossier Technique.

Des valeurs de l'effort tranchant résistant  $V_{Rd}$  en situation sismique sont données à l'Annexe 6 pour différentes épaisseurs de noyau et pour des hypothèses de calcul sécuritaires.

Dans les éléments primaires, il ne peut être employé d'armature du type B500 A pour les coutures des abouts des murs et pour le « clavage » du système de liaison par interposition d'une barre verticale entre les boucles d'extrémité et les coutures des abouts.

Les intersections de murs nécessitent systématiquement la mise en œuvre d'un chaînage vertical. Ce chaînage peut être incorporé dans le mur à coffrage intégré ou mis en œuvre par le biais des armatures de couture. Le choix entre ces deux solutions sera fonction de la section du tirant, de l'épaisseur du mur à coffrage intégré et des contraintes de mise en œuvre (en tenant compte de l'encombrement du système de liaison). Les dispositions minimales de la norme NF EN 1998-1 et de son Annexe Nationale doivent être respectées, notamment les dispositions de l'article 5.4.3.5.3 (4) de la norme NF EN 1998-1/NA. Il conviendra notamment de tenir compte de l'encombrement du système de liaison et des dispositions de ferrailage minimales en zones sismiques qui devront être compatibles avec l'épaisseur du noyau.

### 2.3.5. Cas des poutres-cloisons

La vérification des joints verticaux entre panneaux constituant la poutre-cloison consiste à s'assurer de leur aptitude à transmettre les cisaillements (efforts tranchants) qui transitent dans la poutre voile vers les appuis.

La vérification de la résistance du système de liaison disposé au droit des joints verticaux entre les murs à coffrage intégré constituant une poutre-cloison est réalisée conformément aux prescriptions des paragraphes 2.3.2 et 2.3.3. L'effort tranchant sollicitant les joints verticaux entre panneaux est déterminé conformément aux prescriptions de l'Annexe 5.

Les sections équivalentes d'armatures HA B500 couvertes par le système de liaison (voir le paragraphe 2.3.1) permettent de respecter la mise en place au droit des joints d'un ferraillement minimum conforme à l'article 9.7 de la NF EN 1992-1-1 et son Annexe Nationale.

La section équivalente d'armature HA B500 couverte par le système de liaison devra au moins être égale à la section d'armatures horizontales nécessaire pour la poutre voile.

Dans le cas des poutres-voiles, le procédé ne peut pas être utilisé pour le recouvrement des tirants et il doit être positionné au-dessus du tirant porteur.

---

## 2.4. Mise en œuvre

---

La mise en œuvre des systèmes de liaison est réalisée par l'entreprise qui a à sa charge la pose des murs à coffrage intégré et en liaison dès la phase de conception avec le fabricant qui leur livre les panneaux de coffrage accompagnés du plan de pose complet, elle nécessite du soin et de la précision. Elle ne présente pas de difficultés particulières à condition que soit fourni un cahier des charges de montage et que le système de liaison soit bien repéré sur le plan de pose des procédés de mur à coffrage intégré.

Les dispositions définies lors de la conception des procédés de murs doivent être strictement appliquées, notamment celles concernant la section, le positionnement et l'espacement des coutures des abouts ainsi que la réalisation d'une réservation en pied de mur.

Le bétonnage du noyau coulé en place s'effectue dans les conditions de vitesse et de hauteur de chute spécifiées dans les Avis Techniques dont relèvent les procédés de mur à coffrage intégré.

Dans le cas des liaisons couturées présentant une forte densité d'armatures, les parties, au droit des joints verticaux, bétonnées en place doivent être vibrées.

La Notice de mise en œuvre des ZIPBOX est directement imprimés sur la boîte de conditionnement.

Le système de liaison est accompagné d'une perche (voir Annexe 9) qui permet de déployer et de mettre en œuvre le système de liaison, depuis le sommet, sur toute la hauteur du joint vertical entre les murs.

Les boucles du système de liaison sont ancrées au-delà des coutures de rive des panneaux avec interposition d'une armature de « clavage » verticale en acier HA (de diamètre supérieur ou égal à 10 mm) à chaque extrémité de la liaison (entre la boucle et la couture de rive) : voir l'Annexe 8.

La chronologie de mise en œuvre est la suivante (voir l'Annexe 8) :

1. Mise en place et stabilisation de l'ensemble des murs à coffrage intégré devant être liaisonnés.
2. Mise en place de la boîte ZIPBOX au droit du joint vertical au sommet du mur.
3. Disposer la perche sur le câble principal de la dernière spire en fond de boîte et enfoncer la perche pour faire descendre le câble.
4. Retirer la perche et la boîte après avoir atteint le plancher bas.
5. Secouer le câble de haut en bas pour assurer son bon déploiement entre les coutures d'about.
6. Mise en place des barres de « clavage » entre les boucles d'extrémité du système de liaison et les coutures des abouts de mur (voir Annexe 8).
7. Couper le surplus de liaison en tête de mur en conservant au maximum deux pas de demi-spire en surplus sur le haut du joint vertical (voir Annexe 8).

Les systèmes de liaison ZIPBOX ne sont pas destinés à être empilés entre eux.

Dans le cas où il serait nécessaire de retirer la liaison (erreur de positionnement des murs, défaut de mise en œuvre, hauteur de la liaison insuffisante, ...), il convient de retirer les barres de « clavage » et de tirer très fortement sur la liaison en tête de mur à l'aide de moyens adaptés (grues, ...). Lorsque la liaison a été retirée, elle n'est plus utilisable et doit être restituée à la société ZIPBOX pour mise au rebut.

Le système de liaison ZIPBOX est conditionné en boîte. Il ne comporte aucune contre-indication de stockage ou de transport.

Les liaisons ZIPBOX mises en boîtes sont stockées sur des palettes comportant 140 liaisons. Ces palettes peuvent, par exemple, être disposées sur le col de cygne des camions de transport des procédés de murs à coffrage intégré.

La mise en œuvre du système de liaison doit faire l'objet des contrôles suivants :

- Contrôle préalable à la mise en œuvre du système de liaison : positionnement des coutures des abouts des murs (raidisseur ou cage d'armatures en U) qui doivent être conformes aux dispositions de l'Annexe 7 avec une tolérance de +/- 2 cm des rives des panneaux.

Vérification de l'absence d'obstacles (armatures, ...) pouvant s'opposer à la bonne mise en place de la liaison ZIPBOX ;

- Après insertion de la liaison, contrôle visuel de la présence et du positionnement (centrage) du système de liaison sur toute la hauteur du joint vertical concerné ;
- Pour les joints verticaux en zone courante, ce contrôle est réalisé par simple visualisation des manchons d'assemblage, au travers du joint entre les murs. La liaison doit être positionnée de façon que les manchons d'assemblage soient visibles au travers du joint, c'est-à-dire alignées au joint ;

Le contrôle de la présence et du positionnement du système de liaison en pied et en tête de mur est quant à lui réalisé à partir des réservations en pied des panneaux de mur et des plateformes de travail permettant l'accès en tête de mur ;

- Contrôle visuel de la présence des barres de « clavage » entre les boucles d'extrémité du système de liaison et les coutures des abouts des murs ;
- L'ensemble des contrôles ci-dessus seront consignés dans une fiche d'autocontrôle renseignée par le fabricant du MCI et par l'entreprise de pose sur le modèle de la fiche en Annexe 10.

Les différentes configurations de mise en œuvre du système de liaison ZIPBOX sont illustrées à l'Annexe 7.

---

## 2.5. Conditions d'exploitation du procédé

---

Le procédé ZIPBOX est fabriqué par la société TPR. Le procédé ZIPBOX est fourni par TPR à l'ensemble des fabricants de MCI sous réserve d'acceptation des conditions d'utilisation et du respect des prescriptions du présent Dossier Technique. Le fabricant du procédé de mur MCI doit respecter les prescriptions figurant dans le présent Avis Technique. Une formation est délivrée par TPR aux fabricants de procédés de murs à coffrage intégré : cette formation porte sur le dimensionnement et la mise en œuvre du procédé ZIPBOX.

Le dimensionnement et choix d'utilisation du procédé ZIPBOX est réalisé soit par le fabricant de procédés de MCI soit par un BET structure suivant les prescriptions du présent Avis Technique et sur la base d'une étude de stabilité de l'ensemble de l'ouvrage (étude d'ensemble et détermination des sollicitations réalisée par le BET structure du chantier ou par le fabricant de procédés de murs). Dans ce dernier cas, le BET structure est sous la responsabilité du fabricant des MCI.

En cas de demande, la société TPR pourra apporter son assistance technique au bureau d'étude en charge du dimensionnement du procédé.

La mise en place sur chantier du procédé ZIPBOX est réalisée après la pose des MCI par l'entreprise. Elle ne nécessite aucune étape complémentaire.

---

## 2.6. Fabrication

---

Les systèmes de liaison doivent être fabriqués avec précision pour respecter les exigences de pénétration minimale dans les abouts de murs et pour assurer la couture entre les deux panneaux de mur.

Le système de liaison est réalisé en usine par la société ZIPBOX à l'aide d'un outil automatisé disposé à plat. Les opérations se déroulent sur un même support dans l'ordre suivant :

- Déploiement et enroulage du câble principal de structure sur l'outil de fabrication. L'espacement entre les demi-spires est fixé à l'aide de piques de calage ;
- Pliage du câble principal de structure (formation des boucles d'extrémités de la liaison) ;
- Mise en place du câble secondaire de pas et de guidage ;
- Après le positionnement géométrique du câble principal et du câble secondaire, assemblage des deux câbles par une pièce en plastique injecté dans un moule en acier ;
- Compactage, mise en boîte du système de liaison et identification (marquage à l'aide d'une étiquette).

La liaison ZIPBOX est disponible en conditionnement de 3,00 à 6,00 ml de longueur de joint.

### 2.6.1. Contrôle de fabrication

Le système qualité mise en place sur le site de production consiste en un contrôle permanent exécuté par les ouvriers de production, notamment de la qualité d'assemblage des deux câbles et des dimensions géométriques du système assemblé.

Les contrôles portent sur :

- Les câbles en acier :

Les dimensions du câble principal, le revêtement par galvanisation ( $\geq 30 \text{ g/m}^2$ ) et la résistance en traction des câbles sont garanties pour chaque bobine par un certificat transmis par le fournisseur. Les contrôles sont réalisés suivant les prescriptions des normes NF EN 12385-1 et NF EN 12385-10. Les certificats sont vérifiés pour chaque bobine.

- La fabrication du produit : vérification des réglages de l'outil de production.
- Le produit fini : Les contrôles sur le produit fini sont réalisés toutes les 100 liaisons fabriquées.

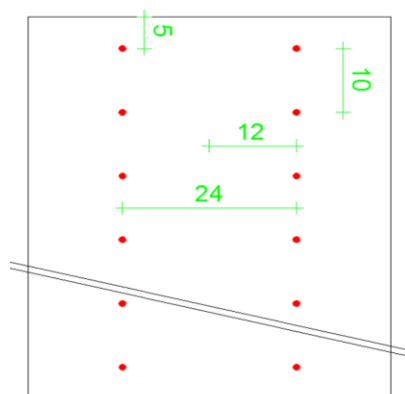
Les contrôles effectués sur le produit fini sont les suivants :

- Longueur du pas entre demi-spire ;
- Longueur de la demi-spire ;
- La hauteur totale de la liaison ;
- Positionnement du câble de guidage par rapport au câble principal ;
- Dimensions des manchons d'assemblage (par sondage).

Les tolérances de fabrication du système de liaison et des manchons d'assemblage sont indiquées aux Annexes 1 et 3 du dossier technique.

Pour finir, la liaison est éprouvée sur un mur test d'une hauteur de 3 mètres conçu pour cet effet (mur test constitué de plaques en plexiglass permettant d'observer la mise en œuvre et le déploiement du système de liaison). Ce test est réalisé conformément aux conditions réelles de mise en œuvre du procédé (voir le § 2.4).

Le mur test en plexiglass est représenté dans le schéma ci-dessous (armatures de couture des abouts représentées en rouge):



Dans le cas où les contrôles énumérés ci-dessus donnent lieu à des non-conformités (dimensions hors tolérances, test non concluant sur le mur, ...), la procédure suivante est adoptée :

- Mise au rebut du système de liaison non conforme ;
- Réalisation des contrôles énumérés ci-dessus sur 3 autres liaisons de l'échantillon de 100 liaisons ;
- Contrôle de l'ensemble des organes machines.

Les résultats de contrôle sont enregistrés dans des fiches d'autocontrôle.

Tous les éléments sont identifiés à l'aide d'une étiquette apposée sur chaque élément (sur les boîtes) et contenant les données suivantes : lieu et date de fabrication, diamètre du câble principal et hauteur totale de la liaison.

Un suivi de fabrication est organisé annuellement et est réalisé par un organisme tiers (CSTB) sur la base des éléments du Dossier Technique.

### 2.6.2. Contrôle de fabrication des murs à coffrage intégrés :

Une attention particulière devra être apportée par les titulaires de procédés de murs à coffrage intégré lors de la fabrication des murs dans lesquels est incorporé le système de liaison sur chantier. Les contrôles suivants devront être réalisés (voir l'Annexe 2 du dossier technique) :

- Positionnement du raidisseur ou de la cage d'armature en U : les coutures des abouts doivent être positionnées conformément à l'annexe 7. Nécessité d'utiliser un système de calage permettant de positionner avec une tolérance de  $\pm 2$  cm les U ou raidisseurs placés aux abouts des voiles.
- Espacement des armatures des coutures des abouts de mur : 10 cm minimum et 20 cm maximum.

D'une façon générale, dès la conception du procédé de mur, il conviendra de s'assurer de l'absence d'armatures et/ou obstacles pouvant s'opposer à la bonne mise en place du système de liaison.

---

## 2.7. Résultats expérimentaux

---

### 2.7.1. Essais de flexion 4 points sur mur à coffrage intégré assemblés par une liaison ZIPBOX = essais de type BEAM-TEST.

#### RAPPORT N°1\_2013\_FACE

L'ancrage du système de liaison a fait l'objet d'essais en flexion 4 points centrés sur deux murs à coffrage intégré assemblés entre eux par le système de liaison ZIPBOX constitué d'un câble principal de diamètre 6 mm.

Les essais ont été effectués par le laboratoire LGCIE de l'Université de Lyon. Les corps d'épreuves ont été testés en flexion 4 points sur une portée de 1,80 m.

Les essais ont été effectués sur des maquettes comportant :

- Deux murs à coffrage intégré de dimensions 1,10 x 0,55ht m, avec un noyau d'épaisseur 7 cm et des parois préfabriquées d'épaisseur 6,5 cm (mur d'épaisseur totale de 20 cm).
- Le béton des parois préfabriquées est de classe de résistance C40/50. Le ferrailage des parois préfabriquées est réalisé avec un PAF10. Le béton du noyau coulé en place est de classe de résistance C25/30 (classe de consistance S4).
- Désolidarisation du noyau au droit du joint vertical entre les deux murs par interposition d'une plaque et mise en place d'une rotule en tête du joint vertical entre les deux murs. Le joint vertical séparant les deux murs est situé au centre de la portée de l'essai de flexion.
- Liaison des deux murs en partie basse du joint vertical réalisée par insertion du câble de liaison dans l'épaisseur du noyau : ancrage d'une boucle sur 20 cm d'un côté (géométrie de la boucle identique à celle du système de liaison ZIPBOX) et ancrage droit sur 1,10 m de l'autre côté. Le câble est constitué d'un manchon d'assemblage en plastique disposé au droit du joint.
- Coutures de rive des murs à coffrage intégré réalisées à l'aide d'une cage d'armatures en U disposées à 10 cm des abouts des murs : HA8 /  $e = 20$  cm
- Introduction d'une barre HA10 de clavage entre la boucle de la liaison et la couture de rive des murs.

Les essais ont consisté à appliquer, à l'aide d'un vérin, des efforts statiques en deux points situés de part et d'autre du joint séparant les deux murs à coffrage intégré (flexion des deux murs et mise en traction de la liaison). Le déplacement vertical des deux murs au droit du joint ainsi que le déplacement horizontal au droit de la liaison ont été mesurés.

3 essais ont été réalisés :

- 2 essais avec câble de liaison ancré sur 20 cm
- 1 essai de référence avec liaison par armatures HA (scellement avec ancrage courbe de part et d'autre).

#### **RAPPORT N°1\_2014\_ZIPBOX- Version 2**

L'ancrage du système de liaison a fait l'objet d'essais en flexion 4 points centrés sur deux murs à coffrage intégré assemblés entre eux par le système de liaison ZIPBOX constitué d'un câble principal de diamètre 6 mm.

Les essais ont été effectués par le laboratoire LGCIE de l'Université de Lyon. Les corps d'épreuves ont été testés en flexion 4 points sur une portée de 1,80 m.

Les essais ont été effectués sur des maquettes comportant :

- Deux murs à coffrage intégré de dimensions 1,10 x 0,55ht m, avec un noyau d'épaisseur 7 cm et des parois préfabriquées d'épaisseur 6.5 cm (mur d'épaisseur totale de 20 cm).
- Le béton des parois préfabriquées est de classe de résistance C40/50. Le ferrailage des parois préfabriquées est réalisé avec un PAF10. Le béton du noyau coulé en place est de classe de résistance C25/30 (classe de consistance S4).
- Désolidarisation du noyau au droit du joint vertical entre les deux murs par interposition d'un polyane sauf en tête du joint où le noyau est continu sur une hauteur de 15 cm. Le joint vertical séparant les deux murs est situé au centre de la portée de l'essai de flexion.
- Liaison des deux murs en partie basse du joint vertical réalisée par insertion du câble de liaison dans l'épaisseur du noyau : ancrage d'une boucle sur 15 cm d'un côté (géométrie de la boucle identique à celle du système de liaison ZIPBOX) et ancrage droit sur 1m10 de l'autre côté. Le câble est constitué d'un manchon d'assemblage en plastique disposé au droit du joint.
- Coutures de rive des murs à coffrage intégré réalisées à l'aide d'un treillis raidisseur (KT811) disposé à 10 cm des abouts des murs.
- Introduction d'une barre HA10 de clavage entre la boucle de la liaison et la couture de rive des murs.

Les essais ont consisté à appliquer, à l'aide d'un vérin, des efforts statiques en deux points situés de part et d'autre du joint séparant les deux murs à coffrage intégré (flexion des deux murs et mise en traction de la liaison). Le déplacement vertical des deux murs au droit du joint ainsi que le déplacement horizontal au droit de la liaison ont été mesurés

3 essais ont été réalisés avec le câble de liaison ancré sur 15 cm.

### **2.7.2. Essais de cisaillement sur un joint de reprise de bétonnage assemblé par une liaison ZIPBOX**

#### **RAPPORT N°1\_2014\_ZIPBOX- Version 1**

La résistance au cisaillement du système de liaison a fait l'objet d'essais de type Pull-Out sur deux éléments béton assemblés entre eux par une reprise de bétonnage traversée par le système de liaison ZIPBOX constitué d'un câble principal de diamètre 6 mm.

Les essais ont été effectués par le laboratoire LGCIE de l'Université de Lyon.

Les essais ont été effectués sur des maquettes comportant :

- Deux blocs de béton « superposés » de dimensions 0.40x 0.30ht et d'épaisseur 20 cm.
- Le béton des corps d'épreuve est de classe de résistance C25/30.
- Les deux blocs béton sont assemblés entre eux par une reprise de bétonnage (corps d'épreuve coulé à 3 jours d'intervalle sur surface lisse) d'une largeur de 7 cm et traversée par le système de liaison ZIPBOX (4 demi-spires et barre de « clavage »). Le câble est constitué d'un manchon d'assemblage en plastique disposé au droit du joint de reprise.

Les essais ont consisté à appliquer, à l'aide d'un vérin, des efforts sur la section transversale de l'un des deux blocs (effort appliqué au droit du joint de reprise) tandis que le déplacement de l'autre bloc est complètement bloqué (cisaillement du joint de reprise). Le déplacement vertical entre les deux blocs au droit du joint (écartement du joint) ainsi que le déplacement horizontal entre les deux blocs au droit du joint (glissement du joint) ont été mesurés.

6 essais ont été réalisés :

- 3 essais avec un chargement monotone croissant
- 3 essais avec un chargement cyclique

---

## **2.8. Références**

---

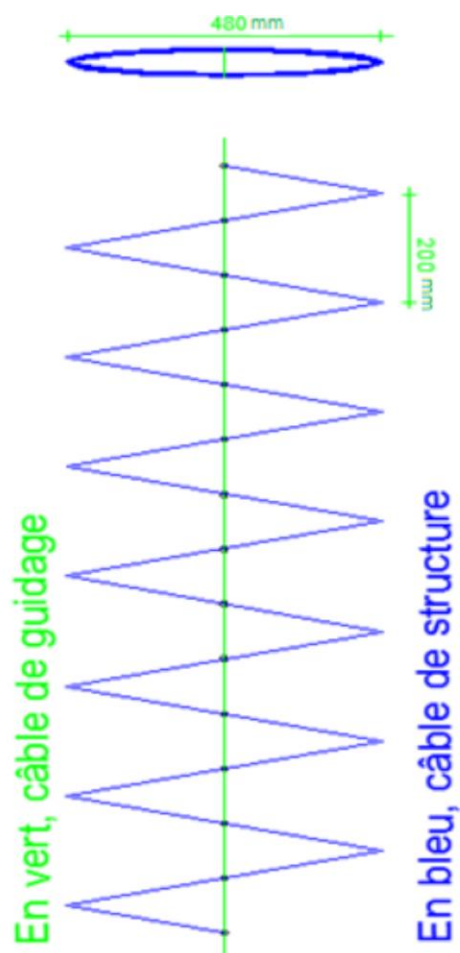
Plus de 150 000 ml de ZIPBOX posée depuis 2016.



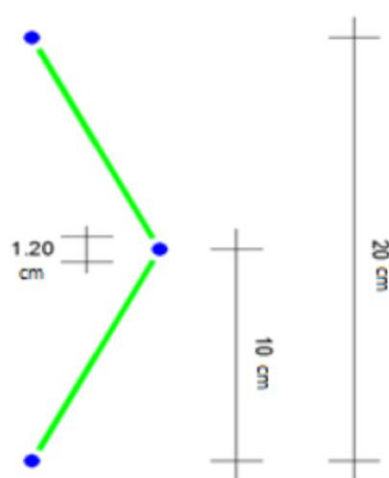
## Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre

**ANNEXE 1 : Dimensions géométriques du système de liaison et tolérances de fabrication**

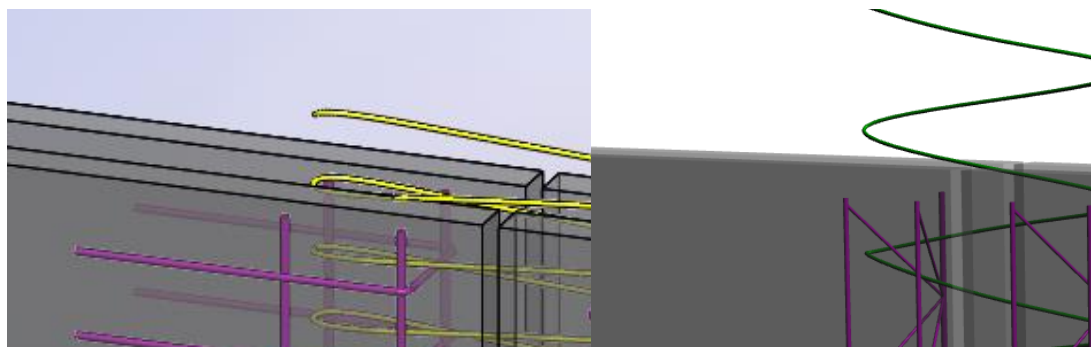
- Longueur d'une demi-spire : 480 mm +/- 10mm
- Espacement du câble principal sur chaque face : 200 mm +/- 10mm
- Placement du câble d'espacement et de guidage sur le câble principal : 240 mm +/-10mm
- Hauteur totale : 3 m +/- 5 cm ;4, 5 et 6 m +/- 10 cm
- Diamètre de la boule de liaison au niveau de l'assemblage des deux câbles : 12 mm +/- 2 mm



ZIPBOX déployé et dimensions principales



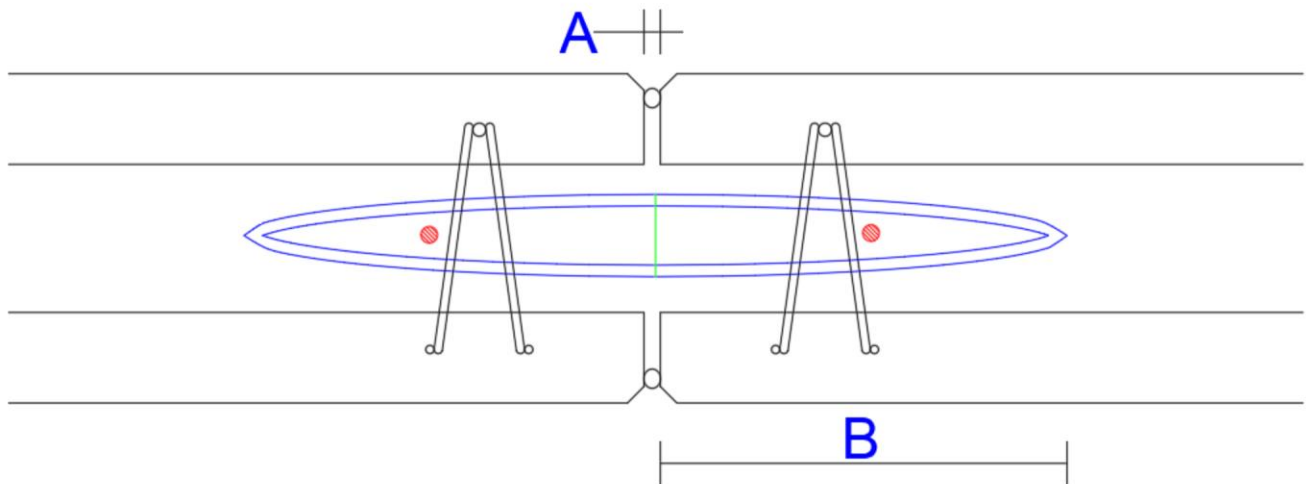
Coupe verticale sur un pas de la spire (câble de guidage en vert)



Vue en perspective du système de liaison

**ANNEXE 2 : Critères d'implantation géométrique du système de liaison dans les murs**

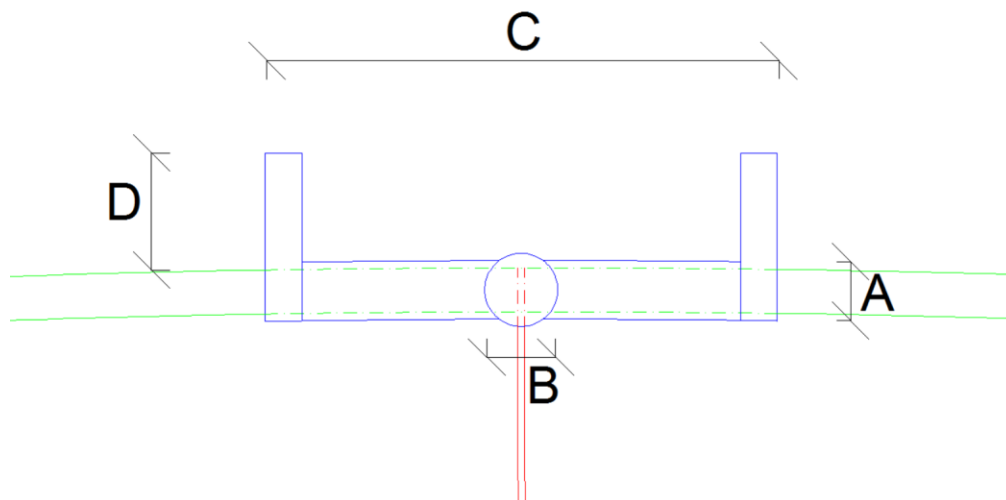
- A : Espacement entre MCI : 20 mm maximum
- B : Pénétration dans les bouts de la ZIPBOX pour les liaisons en I : 15 cm minimum (12,5cm pour les liaisons en L et T)



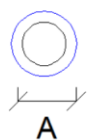
**Schéma de la géométrie du système à la mise en œuvre**

**ANNEXE 3 : Dimensions géométriques des manchons d'assemblage et tolérances de fabrication**

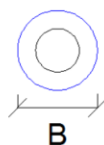
- Diamètre du manchon au niveau du câble principal (A) : 9 mm +/- 2 mm
- Diamètre de la boule de liaison au niveau de l'assemblage des deux câbles (B) : 11 mm +/- 2 mm
- Longueur du manchon (C) : 33 mm +/- 2 mm
- Excroissance enrobage (D) : 16 mm +/- 1 mm



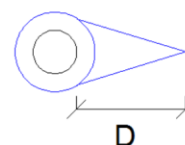
Coupe sur manchon



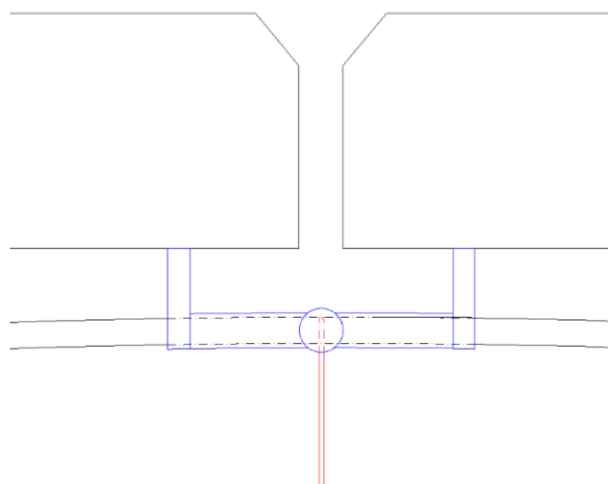
Coupe sur sphère



Coupe sur excroissance



**Schémas de la géométrie du manchon en matière plastique**



**Vue du manchon après mise en œuvre de la liaison**

**ANNEXE 4 : Transmission des efforts entre le système de liaison et les armatures intégrées dans les parois préfabriquées (sections de treillis soudé couvertes par ZIPBOX)**

Treillis soudés					câble 7 torons x 19 fils, classe de résistance : 1960 Mpa				
Désignation	Diamètre acier transversal	Espacement transversal	Section transversale	Résistance	Diamètre	Section	Espacement transversal	Section transversale	Résistance
	mm	mm	cm <sup>2</sup> /ml	KN/ml					
PAF10	5,5	200	1,19	52	5	0,1045	200	0,523	80
ST20	7	300	1,28	56					
ST25	7	300	1,28	56	6	0,1505	200	0,753	115
ST35	7	300	1,28	56					
ST15C	6	200	1,41	61	6	0,1505	200	0,753	115
ST40	8	300	1,68	73					
ST50	8	300	1,68	73	6	0,1505	200	0,753	115
ST60	9	200	2,53	110					
ST25C	7	150	2,57	112	6	0,1505	200	0,753	115

**ANNEXE 5 : Principe de détermination des efforts sollicitants  $V_{Edj}$  au droit du joint vertical entre murs**

Cette annexe décrit le principe de détermination de l'effort sollicitant au droit du joint dans les cas suivants :

- Le mur à coffrage intégré est soumis à une force horizontale ponctuelle perpendiculaire à l'épaisseur du mur ou à une charge linéaire horizontale agissant en partie supérieure du mur (cas d'un contreventement) ;
- Le mur à coffrage intégré est soumis à un chargement réparti en tête sur toute sa longueur (cas d'une poutre-cloison).

**a Dans le cas d'un contreventement**

On distingue deux cas :

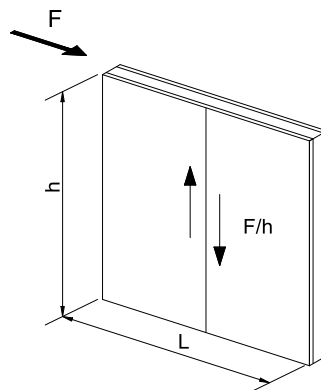
Cas 1 : reprise d'une charge ponctuelle horizontale  $F$  sur un mur développant une bielle de compression

La valeur de calcul de l'effort tranchant sollicitant au niveau du joint est telle que :

$$V_{Edj} = \frac{F}{h}$$

Avec :

- $F$  : la charge ponctuelle horizontale sur le mur ;
- $h$  : la hauteur du mur ;
- $V_{Edj}$  : l'effort tranchant sollicitant de calcul au niveau du joint  $j$ .



Cas 2 : reprise d'une charge linéaire horizontale  $f$  sur un mur développant  $n_b$  bielles de compression

La valeur de calcul de l'effort tranchant sollicitant au niveau du joint  $j$  est telle que :

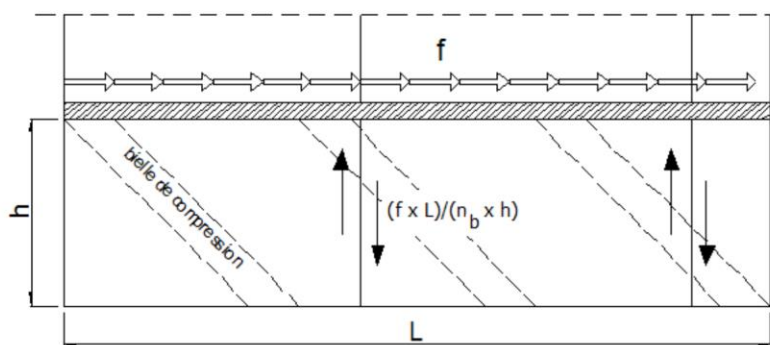
$$V_{Edj} = \frac{f \times L}{n_b \times h}$$

Avec :

- $f$  : la charge linéaire horizontale sur le mur ;
- $V_{Edj}$  : l'effort tranchant sollicitant de calcul au niveau du joint  $j$  ;
- $L$  : la longueur du mur ;
- $h$  : la hauteur du mur ;
- $n_b$  : le nombre de bielles de compression développées dans le mur sous l'action de la charge linéaire  $f$  sur le mur.

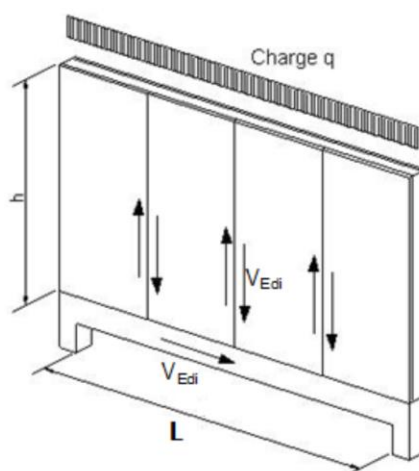
Le nombre de bielles mobilisables  $n_b$ , en supposant une inclinaison des bielles à  $45^\circ$ , est égal au nombre réel défini par :

$$n_b = \frac{L - h}{h}$$



### a Dans le cas d'une poutre-cloison

Dans le cas général, l'effort tranchant sollicitant de calcul  $V_{Ed,j}$  au droit du joint est déterminée en considérant la valeur maximale de l'effort tranchant sollicitant de calcul  $V_{Ed,max}$ , indépendamment de la position du joint. En conséquence, l'effort tranchant sollicitant de calcul au niveau des joints des poutres-cloisons est donc majoré.



L'effort tranchant sollicitant de calcul au niveau du joint j est tel que :

$$V_{Ed,j} = \frac{V_{Ed,max}}{\min(h;L)} = \frac{qL/2}{\min(h;L)}$$

**ANNEXE 6 : Efforts tranchants résistants de calcul au droit du joint**

$$V_{Rd} = \min \{V_{Rd,j}; V_{Rd,i}\}$$

- $V_{Rd}$  : effort tranchant résistant de calcul
- $V_{Rd,j}$  : effort tranchant résistant de calcul au niveau de la section transversale réduite au droit du joint.
- $V_{Rd,i}$  : effort tranchant résistant de calcul sur le contour de liaison à l'interface entre le noyau et le voile préfabriqué.

Les efforts tranchants résistants de calcul  $V_{Rd,j}$  et  $V_{Rd,i}$  renseignés dans les tableaux ci-dessous sont calculés suivant les prescriptions des para-graphes 2.3.2 et 2.3.3 du dossier technique en considérant les hypothèses suivantes :

- Classe de résistance minimale du béton du noyau : C25/30
- Contrainte normale  $\sigma_n$  à l'interface résultant d'un effort de compression :  $\sigma_n = 0$
- Le ferrailage minimum des coutures des abouts pour la définition des tableaux est pris égal à :
  - 3,93 cm<sup>2</sup>/ml pour les câbles Ø6 mm (sections d'acier identiques sur les deux plans de couture)
  - 2,51 cm<sup>2</sup>/ml pour les câbles Ø5 mm (sections d'acier identiques sur les deux plans de couture)
- $\gamma_s$  le coefficient partiel de sécurité de l'acier du câble principal:  $\gamma_s = 1,15$  en situation durable et  $\gamma_s = 1,10$  en situation sismique.
- $\gamma_s$  le coefficient partiel de sécurité de l'acier des armatures de couture des abouts :  $\gamma_s = 1,15$  en situation durable et  $\gamma_s = 1$  en situation sismique.
- $\gamma_c$  le coefficient partiel de sécurité du béton :  $\gamma_c = 1,5$  pour les situations durables et  $\gamma_c = 1,3$  en situation sismique.

**Efforts tranchants résistants VRd au droit du joint (les calculs sont donnés pour une pénétration de la ZIPBOX dans le MCI de 15 cm.)**

<b>Zipbox blanche (6mm), durable, raidisseur esp.=10cm, HA6</b>			
Ep. du noyau	VRd,j	Vrd,i	VRd
[m]	[kN/ml]	[kN/ml]	[kN/ml]
0,070	250	219	<b>219</b>
0,075	253	219	<b>219</b>
0,080	256	219	<b>219</b>
0,090	262	219	<b>219</b>
0,095	265	219	<b>219</b>
0,100	268	219	<b>219</b>
0,105	271	219	<b>219</b>
0,110	274	219	<b>219</b>
0,115	277	219	<b>219</b>
0,120	280	219	<b>219</b>
0,125	283	219	<b>219</b>
0,130	286	219	<b>219</b>
0,135	289	219	<b>219</b>
0,140	292	219	<b>219</b>

<b>Zipbox blanche (6mm), sismique, raidisseur esp.=10cm, HA6</b>			
Ep. du noyau	VRd,j	Vrd,i	VRd
[m]	[kN/ml]	[kN/ml]	[kN/ml]
0,070	243	199	<b>199</b>
0,075	245	199	<b>199</b>
0,080	247	199	<b>199</b>
0,090	251	199	<b>199</b>
0,095	253	199	<b>199</b>
0,100	255	199	<b>199</b>
0,105	257	199	<b>199</b>
0,110	258	199	<b>199</b>
0,115	260	199	<b>199</b>
0,120	262	199	<b>199</b>
0,125	264	199	<b>199</b>
0,130	266	199	<b>199</b>
0,135	268	199	<b>199</b>
0,140	270	199	<b>199</b>

<b>Zipbox jaune (5mm), durable, raidisseur esp.=10cm, HA6</b>			
Ep. du noyau	VRd,j	Vrd,i	VRd
[m]	[kN/ml]	[kN/ml]	[kN/ml]
0,070	186	219	<b>186</b>
0,075	189	219	<b>189</b>
0,080	192	219	<b>192</b>
0,090	198	219	<b>198</b>
0,095	201	219	<b>201</b>
0,100	204	219	<b>204</b>
0,105	207	219	<b>207</b>
0,110	210	219	<b>210</b>
0,115	213	219	<b>213</b>
0,120	216	219	<b>216</b>
0,125	219	219	<b>219</b>
0,130	222	219	<b>219</b>
0,135	225	219	<b>219</b>
0,140	228	219	<b>219</b>

<b>Zipbox jaune (5mm), sismique, raidisseur esp.=10cm, HA6</b>			
Ep. du noyau	VRd,j	Vrd,i	VRd
[m]	[kN/ml]	[kN/ml]	[kN/ml]
0,070	177	199	<b>177</b>
0,075	179	199	<b>179</b>
0,080	181	199	<b>181</b>
0,090	185	199	<b>185</b>
0,095	186	199	<b>186</b>
0,100	188	199	<b>188</b>
0,105	190	199	<b>190</b>
0,110	192	199	<b>192</b>
0,115	194	199	<b>194</b>
0,120	196	199	<b>196</b>
0,125	198	199	<b>198</b>
0,130	200	199	<b>199</b>
0,135	201	199	<b>199</b>
0,140	203	199	<b>199</b>



<b>Zipbox blanche (6mm), durable, raidisseur esp.=20cm, HA8</b>			
Ep. du noyau	VRd,j	Vrd,i	VRd
[m]	[kN/ml]	[kN/ml]	[kN/ml]
0,070	250	203	<b>203</b>
0,075	253	203	<b>203</b>
0,080	256	203	<b>203</b>
0,090	262	203	<b>203</b>
0,095	265	203	<b>203</b>
0,100	268	203	<b>203</b>
0,105	271	203	<b>203</b>
0,110	274	203	<b>203</b>
0,115	277	203	<b>203</b>
0,120	280	203	<b>203</b>
0,125	283	203	<b>203</b>
0,130	286	203	<b>203</b>
0,135	289	203	<b>203</b>
0,140	292	203	<b>203</b>

<b>Zipbox blanche (6mm), sismique, raidisseur esp.=20cm, HA8</b>			
Ep. du noyau	VRd,j	Vrd,i	VRd
[m]	[kN/ml]	[kN/ml]	[kN/ml]
0,070	243	182	<b>182</b>
0,075	245	182	<b>182</b>
0,080	247	182	<b>182</b>
0,090	251	182	<b>182</b>
0,095	253	182	<b>182</b>
0,100	255	182	<b>182</b>
0,105	257	182	<b>182</b>
0,110	258	182	<b>182</b>
0,115	260	182	<b>182</b>
0,120	262	182	<b>182</b>
0,125	264	182	<b>182</b>
0,130	266	182	<b>182</b>
0,135	268	182	<b>182</b>
0,140	270	182	<b>182</b>

<b>Zipbox jaune (5mm), durable, raidisseur esp.=20cm, HA8</b>			
Ep. du noyau	VRd,j	Vrd,i	VRd
[m]	[kN/ml]	[kN/ml]	[kN/ml]
0,070	186	203	<b>186</b>
0,075	189	203	<b>189</b>
0,080	192	203	<b>192</b>
0,090	198	203	<b>198</b>
0,095	201	203	<b>201</b>
0,100	204	203	<b>203</b>
0,105	207	203	<b>203</b>
0,110	210	203	<b>203</b>
0,115	213	203	<b>203</b>
0,120	216	203	<b>203</b>
0,125	219	203	<b>203</b>
0,130	222	203	<b>203</b>
0,135	225	203	<b>203</b>
0,140	228	203	<b>203</b>

<b>Zipbox jaune (5mm), sismique, raidisseur esp.=20cm, HA8</b>			
Ep. du noyau	VRd,j	Vrd,i	VRd
[m]	[kN/ml]	[kN/ml]	[kN/ml]
0,070	177	182	<b>177</b>
0,075	179	182	<b>179</b>
0,080	181	182	<b>181</b>
0,090	185	182	<b>182</b>
0,095	186	182	<b>182</b>
0,100	188	182	<b>182</b>
0,105	190	182	<b>182</b>
0,110	192	182	<b>182</b>
0,115	194	182	<b>182</b>
0,120	196	182	<b>182</b>
0,125	198	182	<b>182</b>
0,130	200	182	<b>182</b>
0,135	201	182	<b>182</b>
0,140	203	182	<b>182</b>

<b>Zipbox blanche (6mm), durable, raidisseur esp.=20cm, HA10</b>			
Ep. du noyau	VRd,j	Vrd,i	VRd
[m]	[kN/ml]	[kN/ml]	[kN/ml]
0,070	250	277	<b>250</b>
0,075	253	277	<b>253</b>
0,080	256	277	<b>256</b>
0,090	262	277	<b>262</b>
0,095	265	277	<b>265</b>
0,100	268	277	<b>268</b>
0,105	271	277	<b>271</b>
0,110	274	277	<b>274</b>
0,115	277	277	<b>277</b>
0,120	280	277	<b>277</b>
0,125	283	277	<b>277</b>
0,130	286	277	<b>277</b>
0,135	289	277	<b>277</b>
0,140	292	277	<b>277</b>

<b>Zipbox blanche (6mm), durable, raidisseur esp.=20cm, HA10</b>			
Ep. du noyau	VRd,j	Vrd,i	VRd
[m]	[kN/ml]	[kN/ml]	[kN/ml]
0,070	243	259	<b>243</b>
0,075	245	259	<b>245</b>
0,080	247	259	<b>247</b>
0,090	251	259	<b>251</b>
0,095	253	259	<b>253</b>
0,100	255	259	<b>255</b>
0,105	257	259	<b>257</b>
0,110	258	259	<b>258</b>
0,115	260	259	<b>259</b>
0,120	262	259	<b>259</b>
0,125	264	259	<b>259</b>
0,130	266	259	<b>259</b>
0,135	268	259	<b>259</b>
0,140	270	259	<b>259</b>

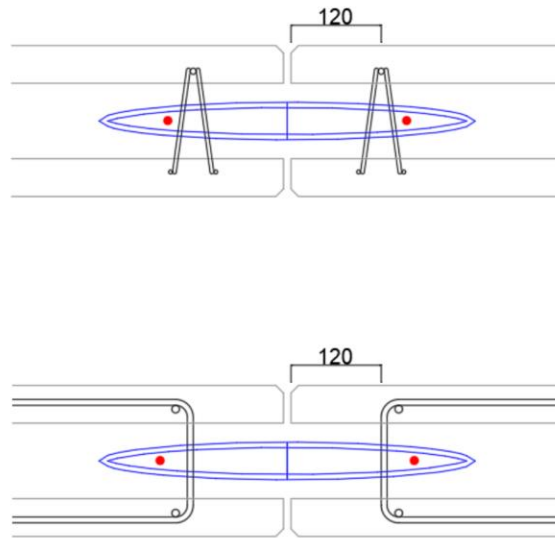
<b>Zipbox jaune (5mm), durable, raidisseur esp.=20cm, HA10</b>			
Ep. du noyau	VRd,j	Vrd,i	VRd
[m]	[kN/ml]	[kN/ml]	[kN/ml]
0,070	186	277	<b>186</b>
0,075	189	277	<b>189</b>
0,080	192	277	<b>192</b>
0,090	198	277	<b>198</b>
0,095	201	277	<b>201</b>
0,100	204	277	<b>204</b>
0,105	207	277	<b>207</b>
0,110	210	277	<b>210</b>
0,115	213	277	<b>213</b>
0,120	216	277	<b>216</b>
0,125	219	277	<b>219</b>
0,130	222	277	<b>222</b>
0,135	225	277	<b>225</b>
0,140	228	277	<b>228</b>

<b>Zipbox jaune (5mm), sismique, raidisseur esp.=20cm, HA10</b>			
Ep. du noyau	VRd,j	Vrd,i	VRd
[m]	[kN/ml]	[kN/ml]	[kN/ml]
0,070	177	259	<b>177</b>
0,075	179	259	<b>179</b>
0,080	181	259	<b>181</b>
0,090	185	259	<b>185</b>
0,095	186	259	<b>186</b>
0,100	188	259	<b>188</b>
0,105	190	259	<b>190</b>
0,110	192	259	<b>192</b>
0,115	194	259	<b>194</b>
0,120	196	259	<b>196</b>
0,125	198	259	<b>198</b>
0,130	200	259	<b>200</b>
0,135	201	259	<b>201</b>
0,140	203	259	<b>203</b>

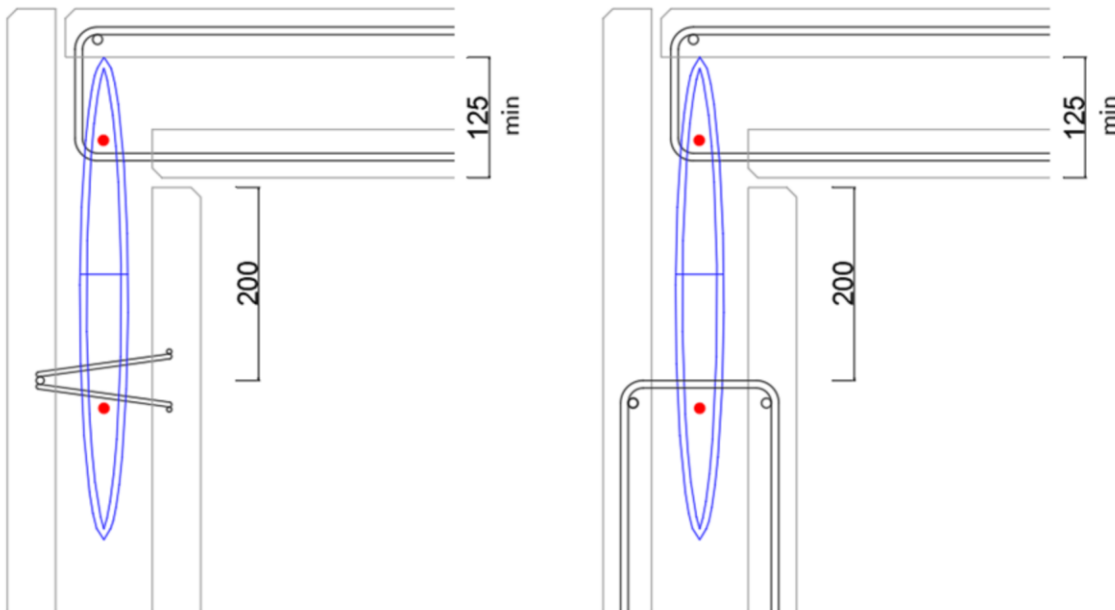
**ANNEXE 7 : Détails et configurations des liaisons avec le système ZIPBOX**

***Liaisons en I couturées***

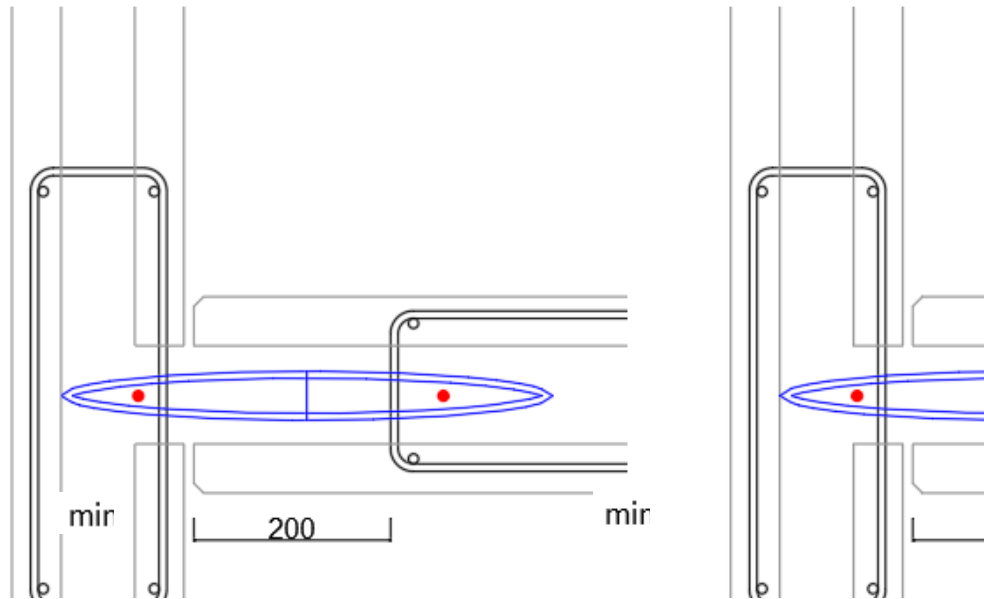
**Positionnement du raidisseur dans une liaison en I : 120 mm +20 /-0mm**



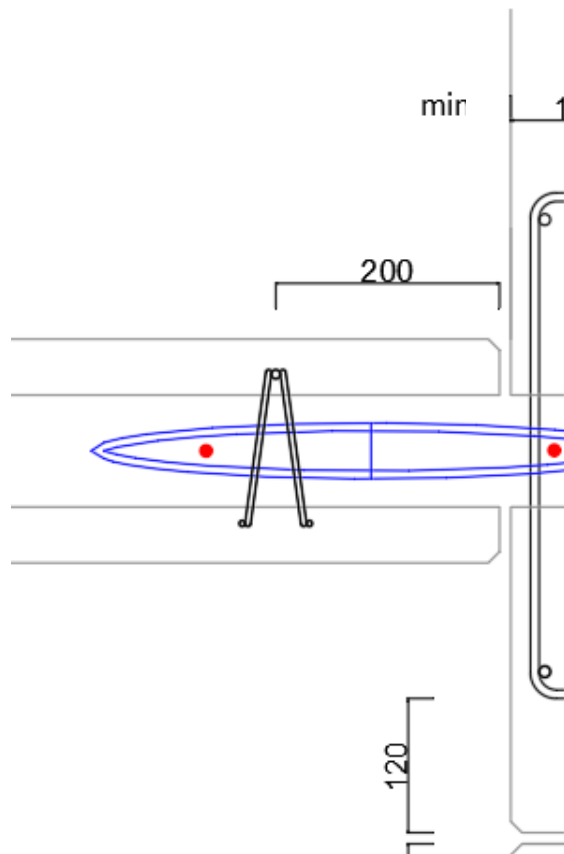
**Liaisons en L couturées**



**Liaisons en T couturées**



**Liaison en I consécutive à une liaison en T**



**ANNEXE 8 : Principe de mise en œuvre du système de liaison**

*Chronologie générale de pose*

Pose du 1er MCI



Pose du 1er MCI



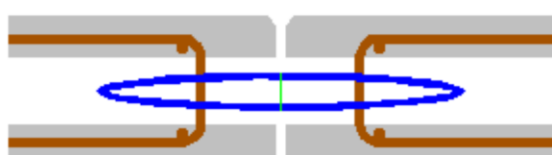
Pose du 2ème MCI



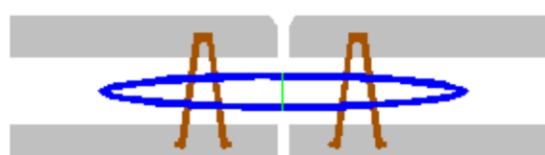
Pose du 2ème MCI



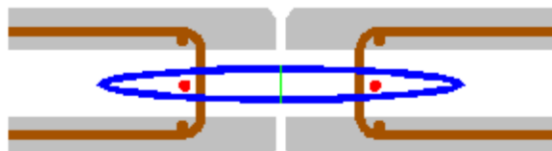
Introduction de la ZIPBOX



Introduction de la ZIPBOX



Introduction des barres de clavage



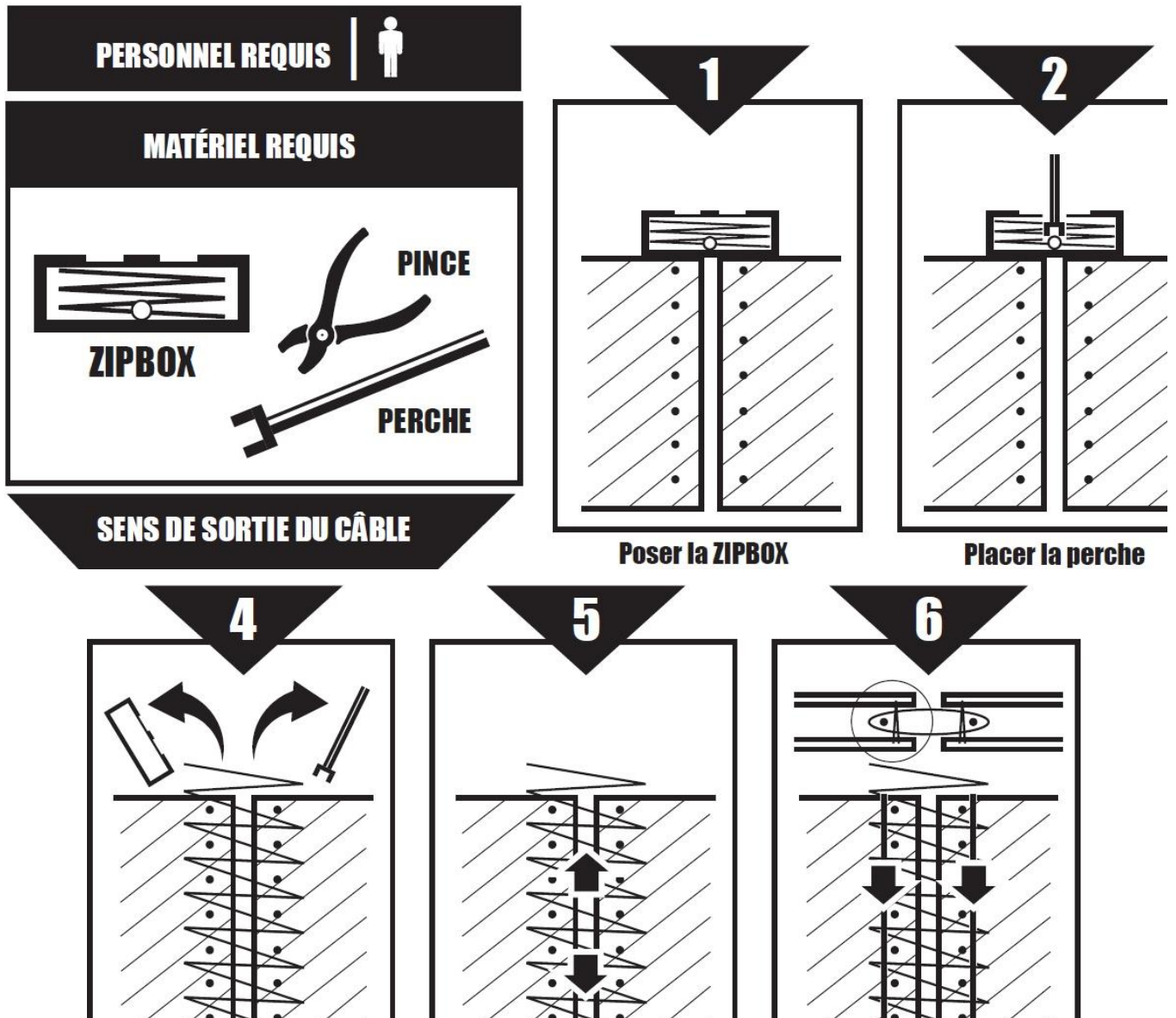
Introduction des barres de clavage



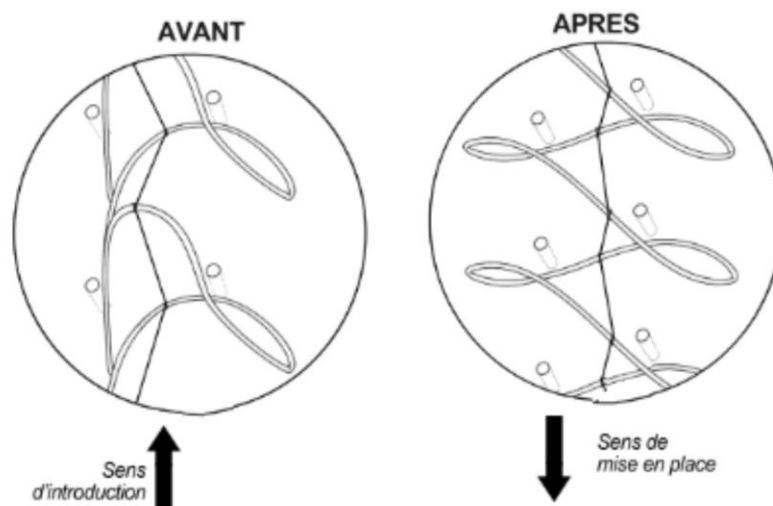
Le « clavage » est à réaliser avec les barres préconisées par le fabricant de mur à coffrage intégré. Le diamètre des barres de clavage doit être au minimum de 10 mm.

**Mode opératoire de déploiement des ZIPBOX**

**ZIPBOX en tête en de mur**

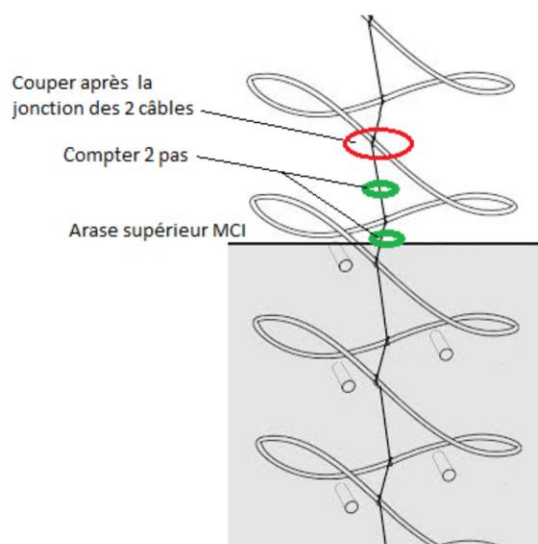


**Schéma de la mise en place du câble de la liaison au travers des armatures de couture des abouts des murs à coffrage intégré**



Tirer la liaison de 10 cm environ dans le sens opposé à sa mise en place pour obtenir la position finale.

**Principe de découpage de la liaison en surplus (sur le haut ou sur le bas du mur)**

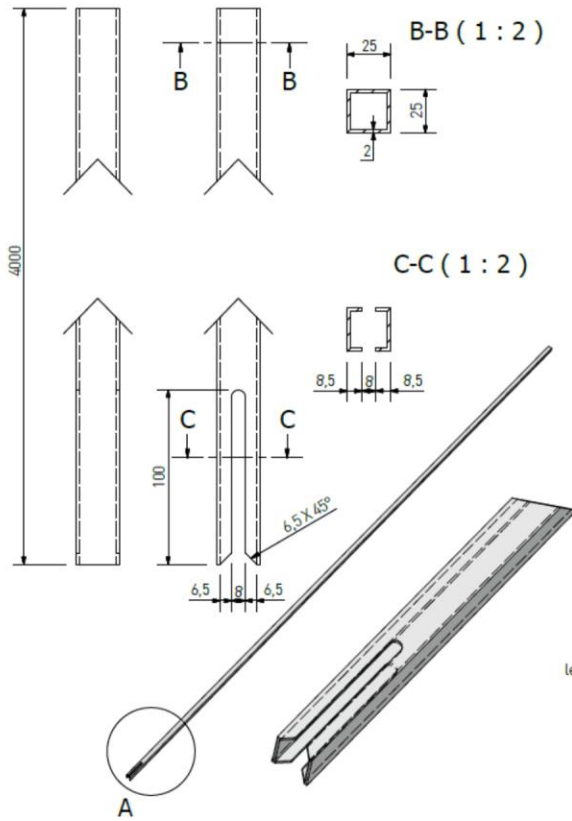


NOTA : Le schéma représente un découpage de surplus en tête de mur. Le principe de découpage du surplus en pied de mur est identique.

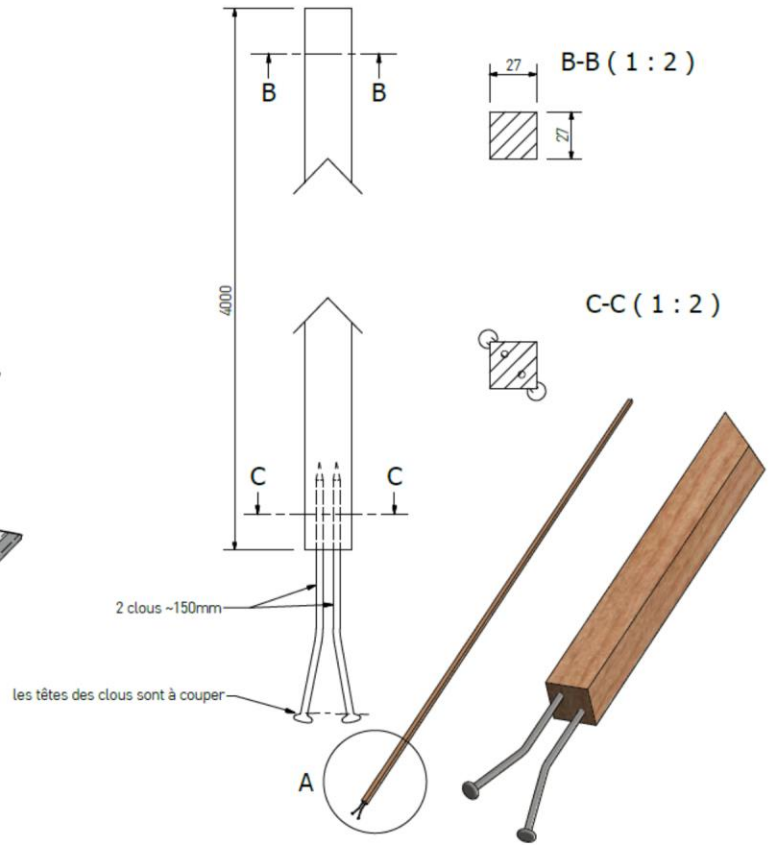
Introduire la boucle en « surplus » sur le haut ou sur le bas du mur à coffrage intégré.

**ANNEXE 9 : Perche de mise en œuvre**

Perche en tube creux ALU  
25x25x2mm



Perche section bois  
tasseau 27x27mm





**ANNEXE 10 : Fiche d'autocontrôle type**

Fiche d'autocontrôle de la mise en œuvre ZIPBOX
---

<b>Localisation du chantier et numéro de plan fabricant :</b>
---

<b>Localisation de la liaison (numéro des murs à coffrage intégré) :</b>
--

<b>Contrôlé par :</b>
-----------------------

<b>Date :</b>
---------------

<b>Visa :</b>
---------------

**Contrôles avant mise en œuvre de la ZIPBOX**

	Contrôlé
<p><u>Contrôle de la position des raidisseurs ou cages d'armatures.</u>            En zone courante : position à 10cm +/- 2cm des rives du panneau.            Dans le cas de panneaux d'angle ou d'intersection de panneaux : se référer aux plans d'exécution et à l'Annexe 7 de l'Avis Technique.  <i>NOTA : ce point doit faire l'objet d'un contrôle de production de la part du fabricant des murs à coffrage intégré. Il devra être consigné dans les registres de contrôle du fabricant.</i></p>	
<p><u>Contrôle des obstacles</u> pouvant s'opposer à la mise en place de la ZIPBOX (armatures...)</p>	

**Contrôles après mise en œuvre de la ZIPBOX**

	Contrôlé
<p><u>Contrôle visuel de la présence et du positionnement (centrage) de la ZIPBOX sur toute la hauteur du joint vertical concerné</u>            La liaison doit être positionnée de façon à ce que les manchons d'assemblage soient visibles au travers du joint, c'est-à-dire aligné au joint.</p>	
<p><u>Contrôle visuel de la présence des barres de « clavage »</u> entre les boucles d'extrémité du système de liaison et les coutures des abouts des murs.</p>	
<p><u>Contrôle de la présence et de la bonne position des cales d'enrobage</u> l'enrobage des ZIPBOX au droit des joints doit être celui prévu par les plans.</p>	