

Sur le procédé

XFLEX

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

Titulaire(s) : **Société X INDUSTRIES**

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
V1	Il s'agit d'une première demande d'Avis Technique. Cette version a été examinée par le Groupe Spécialisé n° 3.2 le 26 octobre 2023.	JUNES Angel	BERNARDIN-EZRAN Roseline

Descripteur :

Le procédé de liaisonnement XFLEX est constitué des éléments suivants :

- Plats en matériaux composite comportant une couche de sable sur leur surface afin d'augmenter leur capacité d'ancrage,
- Support en plastique injecté permettant de maintenir les plats parallèles au plan du noyau et parallèle entre elles,
- Barres de confinement permettant de confiner les plats composites lorsque le noyau est supérieur à 10 cm.

Le procédé XFLEX est intégré en usine lors de la fabrication du mur à coffrage intégré avec ou sans isolant faisant l'objet d'un Avis Technique en cours de validité. Il 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 coffrage intégré (avec ou sans isolant) et à garantir la continuité mécanique entre les deux murs (monolithisme du mur).

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé.....	4
1.1.	Domaine d'emploi accepté.....	4
1.1.1.	Zone géographique.....	4
1.1.2.	Ouvrages visés.....	4
1.1.3.	Compatibilité avec les procédés MCI/MCII.....	4
1.2.	Appréciation.....	5
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé.....	5
1.2.2.	Durabilité.....	6
1.2.3.	Impacts environnementaux.....	6
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé.....	6
2.	Dossier Technique.....	7
2.1.	Mode de commercialisation.....	7
2.1.1.	Coordonnées.....	7
2.1.2.	Identification.....	7
2.2.	Description.....	7
2.2.1.	Principe.....	7
2.2.2.	Caractéristiques des composants.....	7
2.3.	Dispositions de conception.....	8
2.3.1.	Ancrage du système de liaison.....	8
2.3.2.	Transmission des efforts.....	8
2.3.3.	Résistance au cisaillement de la section transversale réduite au droit du joint.....	9
2.3.4.	Résistance au cisaillement sur le contour de liaison à l'interface entre le noyau et le voile préfabriqué.....	10
2.3.5.	Dispositions parasismiques.....	10
2.3.6.	Dispositions en cas d'incendie.....	10
2.4.	Disposition de mise en œuvre.....	11
2.4.1.	Mise en œuvre en usine.....	11
2.4.2.	Mise en œuvre sur chantier.....	11
2.5.	Maintien en service du produit ou procédé.....	11
2.6.	Traitement en fin de vie.....	11
2.7.	Assistance technique.....	11
2.8.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	12
2.8.1.	Fabrication.....	12
2.8.2.	Contrôle de fabrication du XFLEX.....	12
2.8.3.	Contrôle de fabrication des MCI ou MCII.....	12
2.9.	Mention des justificatifs.....	13
2.9.1.	Résultats Expérimentaux.....	13
2.9.2.	Références chantiers.....	15
2.10.	Annexe du Dossier Technique – Schémas de mise en œuvre.....	16
2.10.1.	Annexe 1 : Dimensions géométriques et tolérances de fabrication du procédé XFLEX.....	16
2.10.2.	Annexe 2 : Critères d'implantation géométrique du procédé XFLEX dans les MCI et MCII.....	17
2.10.3.	Annexe 3 : Transmission des efforts entre le procédé XFLEX et les armatures intégrées dans les parois préfabriquées.....	18
2.10.4.	Annexe 4 : Principe de détermination des efforts sollicitants VE_{dj} au droit du joint vertical entre murs.....	19
2.10.5.	Annexe 5 : Détails des géométries de liaison avec le procédé XFLEX pour MCI.....	20
2.10.6.	Annexe 6 : Détails des géométries de liaison avec le procédé XFLEX pour MCII.....	26
2.10.7.	Annexe 7 : Détails des associations possibles entre les liaisons XFLEX et les éléments de couture de rive (treillis raidisseurs, cadres).....	29

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre II « 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

L'Avis est formulé pour les utilisations en France métropolitaine et les DROM-COM (L'utilisation dans les DROM-COM devra également être visée par l'Avis Technique de procédé de murs à coffrage intégré (avec ou sans isolant)).

1.1.2. Ouvrages visés

Le procédé de liaisonnement XFLEX pour murs à coffrage intégré (avec ou sans isolant) est destiné à être intégré dans le noyau de béton coulé en place pour assurer la liaison mécanique au droit des joints verticaux.

Le procédé XFLEX 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 coffrage intégré (avec ou sans isolant) et à garantir la continuité mécanique entre les deux murs (monolithisme du mur).

Le procédé XFLEX est utilisable sur les murs à coffrage intégré avec ou sans isolant (MCI ou MCII) avec couture aux abouts : la liaison est ancrée au-delà des coutures de rive (raidisseurs ou armatures).

La mise en place d'une armature de couture de rive permet d'améliorer la performance de la couture de la liaison XFLEX.

Le procédé de liaisonnement XFLEX est utilisable dans les cas suivants :

- Liaisons articulées couturées (avec armature de couture de rive de panneaux)
- Liaisons en I, en L, en T et en X
- Zone de sismicité de 1 à 4
- Mur avec noyau coulé en place ayant une épaisseur minimale de 9 cm et des parois préfabriquées ayant une épaisseur minimale de 50 mm. L'espacement entre les plats composites est de 20 cm.

Le procédé de liaisonnement XFLEX n'est pas utilisable dans les cas suivants :

- Liaisons encastrées (joints soumis à de la flexion)
- Liaisons non couturées
- Liaisons de poutres voiles
- Liaisons d'acrotères

1.1.3. Compatibilité avec les procédés MCI/MCII

Le procédé XFLEX est compatible avec les procédés de murs à coffrage intégré avec ou sans isolation, dont les Avis Techniques en cours de validité sont listés ci-après :

- n°3.2/14-775, « DUOMUR® »
- n°3.2/16-845, « BETOMUR® COFFRE »
- n°3.2/16-849, « Prémur XEBEX »
- n°3.2/16-850, « MUR 2000+ »
- n°3.2/16-881, « BETOMUR® RTh COFFRE »
- n°3.2/16-884, « Inov'Mur (i) »
- n°3.2/16-898, « Prémur Rector »
- n°3.2/17-842, « PRECOFFRE TH »
- n°3.2/17-912, « Thermacoffré et Thermcoffré CPT »
- n°3.2/17-918, « Prémur A2C »
- n°3.2/17-937, « Prémur »
- n°3.2/17-949, « Armacoffré – Armacoffré®-CPT »
- n°3.2/17-922, « ISOPRE® »
- n°3.2/18-952 « PRECOFFRE »
- n°3.2/18-982, « MCI1 »
- n°3.2/19-985, « MCI² »
- n°3.2/19-996, « BILAME »
- n°3.2/19-999, « (i) Prémur A2C »
- n°3.2/19-1000, « Prémur SPL »
- n°3.2/20-1026, « DUOMUR® Isolant »
- n°3.2/21-1030, « Prémur KP1 »
- n°3.2/22-1066, « BILASTRA »
- n°3.2/23-1070, « Premur VN »

Seule l'utilisation du procédé XFLEX avec les procédés listés ci-dessus est visée par le présent Avis Technique.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

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 (avec ou sans isolant) 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 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié est possible moyennant le respect des dispositions prévues au § 2.3.5 du Dossier Technique.

1.2.1.3. Sécurité en cas d'incendie

Le procédé a fait l'objet de l'Appréciation de Laboratoire n° AL22-334 démontrant l'aptitude des procédés de murs à coffrage intégré avec ou sans isolant incorporant ce dispositif de liaisonnement à satisfaire à la réglementation. Sous condition que le système de liaisonnement XFLEX soit correctement dimensionné à froid, le procédé satisfait par défaut une durée de stabilité au feu de 60 minutes pour des joints entre prémurs de MCI ou MCII dont la largeur reste inférieure ou égale à 20 mm et qui suivent les prescriptions techniques contenues dans le CPT MCI (cahier CSTB 3690_V2) et les Avis Techniques en cours de validité des procédés MCI ou MCII dans lesquels le procédé XFLEX est 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 avec ou sans isolant 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 avec ou sans isolant 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. Étanchéité 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 avec ou sans isolant.

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.

1.2.1.9. Aspects sanitaires

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

1.2.1.10. Divers

Les procédés de murs à coffrage intégré avec ou sans isolant sont hors du domaine du traditionnel. Les dispositifs de liaisonnement ont été examinés en tant que tels et toutes les performances thermiques, acoustiques, etc. du procédé de mur doivent être déterminées par le concepteur du mur en tenant compte des considérations du présent Avis.

1.2.2. Durabilité

La non-dégradation en milieux alcalins des plats composites XFLEX a été démontrée expérimentalement. La durabilité des murs à coffrage intégré avec ou sans isolant incorporant ce procédé est donc normalement assurée.

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 (avec ou sans isolant) 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

Le procédé XFLEX 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.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le Groupe attire l'attention sur le fait que le procédé XFLEX est intégré en usine lors de la fabrication du mur à coffrage intégré avec ou sans isolant faisant l'objet d'un Avis Technique en cours de validité.

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.

Etant donné la spécificité du procédé XFLEX 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.

2. Dossier Technique

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

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Le procédé est commercialisé par le titulaire.

Titulaire : Société X INDUSTRIES

58 chemin de Foges

FR - 38300 Maubec

Email : contact@xtechnologies.fr

Internet : www.xtechnologies.fr

2.1.2. Identification

Chaque système de liaison est conditionné sur un support en thermoplastique.

L'identification du procédé se fait à l'aide d'un marquage apposée sur chaque élément et contenant les données suivantes : date de fabrication, épaisseur et largeur des plats.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Le procédé XFLEX est composé de plats composites de section 31,2 mm², 40,8 mm² et 62,4 mm² dont la longueur minimale est de 400 mm. Les plats sont reliés entre eux verticalement à l'aide d'un support plastique injecté tel que représenté à l'Annexe 1. Le support plastique a une longueur de 1 m. L'espacement des plats est de 200 mm. Les dimensions géométriques du procédé XFLEX sont illustrées à l'Annexe 1 du présent Dossier Technique. Chaque liaison XFLEX est identifiée par une couleur sur le support : bleu, jaune ou blanc.

Les plats sont ancrés au-delà des rives des murs et au-delà des coutures de rive des murs.

Le procédé XFLEX est intégré en usine lors de la fabrication du MCI ou MCII.

Afin de garantir une mise en œuvre correcte du procédé XFLEX, l'emplacement des coutures de rive (armatures en U ou treillis raidisseurs) des MCI ou MCII doivent respecter les prescriptions de l'Annexe 5 et 6.

Pour les joints verticaux en zone courante, la pénétration du système de liaison dans les abouts de mur à coffrage intégré (avec ou sans isolant) est au minimum de 200 mm (toutes tolérances de fabrication et de mise en œuvre épuisées). Pour cela, la largeur du joint vertical entre les deux murs à coffrage intégré (avec ou sans isolant) doit être au maximum de 30 mm.

Les critères d'implantation géométrique du système de liaison dans les MCI ou MCII sont illustrés à l'Annexe 2 du Dossier Technique.

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Plats composites

Les XFLEX, sont composés de plats en polymères renforcés de fibres de verre fabriqués selon le procédé de pultrusion en usine. Les conditions de fabrication des plats sont strictement contrôlées ce qui permet de garantir les caractéristiques du plat.

Les plats composites comportent une couche de sable sur leur surface afin d'augmenter leur capacité d'ancrage.

Les plats sont composés de fibres de verre noyées dans de la résine époxydique et présentent les propriétés suivantes :

- Couleur : blanche
- Pourcentage volumétrique de fibres : > 74,3 %
- Densité : 1,85
- Température de transition vitreuse 125 °C
- Résistance caractéristique en traction : 1100 MPa
- Module élastique : 60 GPa
- Revêtement : sable 0/1 mm

	XFLEX bleu	XFLEX jaune	XFLEX blanc	
Espacement des plats	200	200	200	mm
Largeur des plats	26	34	52	mm
Epaisseur des plats	1,2	1,2	1,2	mm
Section d'un plat	31,2	40,8	62,4	mm ²

2.2.2.2. Support des plats

Les supports de plats sont obtenus par injection d'un thermoplastique dans un moule en acier.

2.2.2.3. Armature de confinement

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.

2.3. Dispositions de conception

Les procédés de murs à coffrage intégré (avec ou sans isolant) employant ce dispositif de liaisonnement doivent être utilisés conformément aux Avis Techniques en cours de validité dont ils relèvent.

Le procédé XFLEX est destiné à assurer la continuité mécanique entre deux MCI ou MCII au niveau des joints verticaux entre murs. Le procédé XFLEX est dimensionné pour reprendre les sollicitations de cisaillement (contreventement, séisme, ...) agissant dans la section transversale réduite au droit du joint vertical entre deux MCI ou MCII. 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 4). 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.
- $V_{Rd,j}$: effort tranchant résistant de calcul au niveau de la section transversale réduite au droit du joint (voir le paragraphe 2.3.3)
- $V_{Rd,i}$: effort tranchant résistant de calcul sur le contour de liaison à l'interface entre le noyau et le voile préfabriqué (voir le paragraphe 2.3.4).

2.3.1. Ancrage du système de liaison

Avec une pénétration du procédé XFLEX dans les abouts de MCI ou MCII de 200 mm minimum (longueur de recouvrement de l'ordre de 180 mm en tenant compte de l'enrobage des armatures dans le voile préfabriqué), la capacité résistante en traction du système de liaison 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 tel qu'il ne se produise pas un éclatement du béton au niveau des jonctions et qu'il n'apparaisse pas de fissures ouvertes.

Les résultats expérimentaux des essais de type pull-out mentionnés au paragraphe 2.9.1 du Dossier Technique permettent de valider, pour une pénétration minimale de 20 cm de la liaison, l'ancrage parfait du système de liaison et la transmission correcte des efforts aux armatures intégrées dans les parois préfabriquées (mobilisation totale de la résistance à la traction du plat sans dégradation de l'ancrage et de l'interface noyau/paroi préfabriquée).

2.3.2. Transmission des efforts

Les équivalences de XFLEX permettant d'assurer la transmission des efforts entre panneaux en fonction des treillis sont données dans l'Annexe 3.

Pour une largeur de noyau inférieure ou égale à 100 mm, la transmission des efforts ne nécessite aucune barre de confinement complémentaire. Lorsque la largeur du noyau est supérieure à 100 mm, une armature de confinement est nécessaire pour assurer la transmission des efforts d'un mur à l'autre. Cette barre est à insérer sur chantier sur toute la hauteur de la liaison. Son emplacement géométrique est décrit en Annexe 5.

L'ancrage des liaisons XFLEX étant assuré en raison du recouvrement minimum avec les armatures intégrées dans les parois des MCI, l'effort de traction FT est déterminé comme suit, en considérant une contrainte égale à la limite d'élasticité du composite : taux de travail des plats égale à 100 % pour une longueur d'ancrage de 150 mm).

$$FT = A_s \times f_{y,comp} / \gamma_{comp}$$

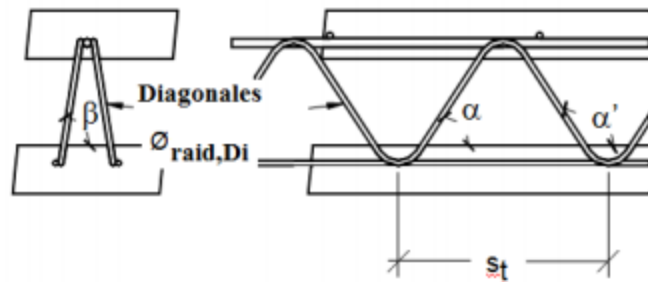
Avec :

- A_s : section d'un plat
- $f_{y,comp}$: résistance caractéristique en traction du composite égale à 1100 MPa
- $\gamma_{comp} = \gamma_m \times \gamma_{dur} \times \gamma_{adh}$
- $\gamma_m = 1,30$ (coefficient partiel de sécurité des plats composites) en situation durable et 1,15 en situation sismique
- $\gamma_{dur} = 1,00$ (coefficient de prise en compte des effets de vieillissement)
- $\gamma_{adh} = 1,18$ (coefficient de prise en compte des conditions d'adhérence)

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 cm²/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 cm²/ml et espacement des armatures compris entre 10 cm minimum et 20 cm maximum (soit par exemple : U Ø8 / e= 20 cm)
 - Treillis raidisseurs (uniquement pour les murs à coffrage intégré sans isolant) : section équivalente minimale de 2,51 cm²/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 :



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

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

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

- f_{yk} : résistance caractéristique de l'acier des armatures de fermeture en U ;
- $R_{e,Di}$: limite apparente d'élasticité de la diagonale du treillis raidisseur ;
- $A_{raid,Di}$: section de la diagonale du treillis raidisseur ;
- F_w : résistance garantie de la soudure des sinusoides sur les armatures longitudinales du treillis raidisseur ;
- β : 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 2.3.4).

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

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



Les résistances au cisaillement ont été déterminées à partir des résultats expérimentaux issus des essais de cisaillement mentionnés au chapitre 2.9.1 du Dossier Technique, en considérant la résistance de calcul à partir de la valeur caractéristique issue des essais et divisée par un coefficient de sécurité global de 3.

Les valeurs à considérer pour le dimensionnement sont les mêmes en situation courante et en situation sismique. Ces valeurs ne sont valables qu'avec un espacement entre plats de 20 cm.

Épaisseur du noyau (cm)	Effort tranchant résistant à l'ELU (kN/ml)		
	XFLEX bleu	XFLEX jaune	XFLEX blanc
≥ 9	104	136	208

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

Etant donné que le système de liaison est destiné à la réalisation de liaison verticale couturée, le noyau des murs à coffrage et isolation intégrés doit systématiquement être armé du côté extérieur. Les coutures des abouts des murs à coffrage et isolation intégrés sont réalisées à l'aide de raidisseurs ou de cage d'armature avec U de fermeture.

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 MCI ou MCII 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_{rd} est déterminé sur la base de l'expression suivante :

$$V_{rd,i} = (c \times f_{ctd,n} + \mu(\sigma_n + \rho \times f_{y,d})) \times 2 \times h$$

Avec ;

- c : le coefficient de cohésion et μ 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
μ	0,6	0,6

- σ_n : la contrainte normale à l'interface résultant d'un effort de compression ;
- $f_{ctd,n}$: 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) ;
- ρ : le pourcentage d'armatures A_{cout} traversant l'interface voile préfabriqué/noyau coulé en place sur la distance h ;
- h : la distance de l'extrémité des plats du système de liaison à l'about du voile préfabriqué (voir les schémas ci-dessus). On retiendra $h = 20$ cm (pénétration minimale du système de liaison dans les abouts de mur à coffrage intégré avec ou sans isolant : 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.

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 4.

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

2.3.5. Dispositions parasismiques

Les valeurs des efforts tranchants résistants de calcul en situation sismique se déterminent conformément aux prescriptions des paragraphes 2.3.3 et 2.3.4 en tenant compte des coefficients partiels des matériaux (acier et béton) en situation sismique et en divisant par deux le coefficient de cohésion c .

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 (avec ou sans isolant) et des contraintes de mise en œuvre (en tenant compte de l'encombrement du système de liaison).

2.3.6. Dispositions en cas d'incendie

L'incorporation, dans les murs à coffrage intégré avec ou sans isolant, du procédé XFLEX est sans influence sur l'aptitude de tels procédés de mur à satisfaire à la réglementation.

Les actions dues à la température sont déterminées suivant la norme NF EN 1992-1-2 avec son annexe nationale française (NF EN 1992-1-2/NA). Les joints entre prémurs dont la largeur reste inférieure ou égale à 20 mm sont négligés pour le calcul des températures.

Le procédé satisfait par défaut une durée de stabilité au feu de 60 minutes, conformément à l'Appréciation de Laboratoire n° AL22-334.

Pour des durées de stabilité au feu supérieures à 60 minutes, les liaisons doivent être vérifiées par le titulaire ou le bureau d'études du préfabricant.

2.4. Disposition de mise en œuvre

2.4.1. Mise en œuvre en usine

Le procédé XFLEX est mis en œuvre en usine, conformément au calepin de fabrication du MCI ou MCII établi par le bureau d'études du préfabricant. Le calepin précise : le type de liaison XFLEX (désignation/couleur), la longueur et le positionnement. Avant la mise en place du procédé, l'opérateur vérifie le bon positionnement des coutures des abouts des murs (raidisseurs ou cage d'armature avec ou sans U de fermeture) selon les prescriptions de l'Annexe 2.

L'opérateur dispose ensuite les longueurs de 1,0 m, de manière que les plats composites reposent sur la règle de coffrage et les supports plastiques sur la table, assurant ainsi la stabilité du procédé XFLEX.

L'opérateur procède ensuite au raboutage des supports (cf. Annexe 2) et coupe si besoin la dernière longueur pour s'ajuster à la hauteur du joint. Le reliquat de longueur sera utilisé pour le mur suivant.

Après avoir vérifié le bon positionnement du procédé selon les prescriptions de l'Annexe 2, l'opérateur ligature l'ensemble au treillis soudé.

2.4.2. Mise en œuvre sur chantier

Le procédé XFLEX ne nécessite aucune intervention particulière sur le chantier. Le procédé XFLEX est conçu pour se positionner naturellement en même temps que la pose du panneau.

Dans le cas où l'insertion des barres de confinement est nécessaire, elles sont mises en œuvre à partir d'une plateforme sécurisée permettant l'accès au-dessus des murs à liaisonner, en insérant les barres par le haut du mur. Les barres de confinement devront être attachées aux armatures de rive du panneau.

Dans le cas où le mur doit être déposé :

- Si aucune barre de confinement n'a été mise en place, aucune intervention particulière n'est nécessaire.
- Si des barres de confinement ont été mises en place, ces barres doivent être retirées avant de déposer le mur.

Le bétonnage du noyau coulé en place devra être obligatoirement réalisé en dehors de la zone d'emprise du procédé XFLEX, dans les conditions spécifiées dans les Avis Techniques dont relèvent les procédés de mur à coffrage intégré (avec ou sans isolant).

Il est toutefois rappelé que le béton de remplissage doit être conforme à la norme NF EN 206+A2/CN ainsi qu'aux prescriptions ci-après :

- Classe de résistance à la compression supérieure ou égale à C25/30 ;
- Dimension maximale des granulats D_{max} au plus égale à 10 mm lorsque l'espace nominal entre voiles n'excède pas 90 mm et à 16 mm dans les cas contraires ;
- Classe d'affaissement S4 ou S5 selon la norme NF EN 206+A2/CN. La classe S5 est préconisée pour des conditions de bétonnage difficile (ex. fort ferrailage).

Des prescriptions particulières peuvent être définies dans le cadre d'un projet.

2.5. Maintien en service du produit ou procédé

Moyennant le respect des dispositions de mise en œuvre décrites au § 2.4, le procédé ne requiert aucune intervention en service.

2.6. Traitement en fin de vie

Pas d'informations apportées au dossier.

2.7. Assistance technique

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

Le fabricant de MCI ou MCII intègre le procédé XFLEX dans les MCI ou MCII lors de leur fabrication.

Le dimensionnement du procédé de liaison est réalisé soit par le fabricant de procédés de MCI/MCII soit par un BET structure sous la responsabilité du fabricant de MCI/MCII 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).

Le dimensionnement et le choix de l'utilisation du procédé XFLEX est sous la responsabilité du bureau d'étude du fabricant de MCI ou MCII ou le BET Structure sous la responsabilité du fabricant de MCI/MCII. En cas de demande, la société X INDUSTRIES pourra apporter son assistance technique au bureau d'étude en charge du dimensionnement du procédé.

La mise en place sur chantier du procédé XFLEX est réalisée automatiquement et en même temps que la pose des MCI/MCII par l'entreprise. Elle ne nécessite aucune étape complémentaire.

2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.8.1. Fabrication

Le procédé de liaisonnement est fabriqué en usine par la société X INDUSTRIES ou ces sous-traitants à l'aide d'un procédé automatisé.

Une première étape consiste en la fabrication des plats à l'aide d'une machine de pultrusion. Cette étape inclue :

- La formation des profils en matériaux composite
- Le sablage des profils
- Le découpage en plats de 400 mm

Une seconde étape consiste en la fabrication du support des plats à l'aide d'une presse à injecter. Cette étape inclue :

- L'intégration des plats dans un moule en acier
- L'injection d'un thermoplastique

Le XFLEX est disponible en liaison de 1 m linéaire aboutable.

2.8.2. Contrôle de fabrication du XFLEX

La fabrication du procédé de liaisonnement fait l'objet d'un autocontrôle permanent, dont les exigences sont données dans le tableau ci-après.

Les contrôles de fabrication portent sur :

Caractéristiques	Fréquences	Méthode d'essai
Largeur et épaisseur des plats non sablés	A chaque démarrage de production	NF EN 13706-3
Granulométrie du sable	Une fois par an	NF EN 933-1
Revêtement sablé	A chaque démarrage de production puis tous les 1500 plats fabriqués	Contrôle visuel Essais d'ancrage
Largeur et épaisseur des plats sablés	A chaque démarrage de production puis tous les 1500 plats fabriqués	NF EN 13706-3
Longueur des plats	Tous les 1500 plats fabriqués	NF EN 13706-3
Résistance à la traction des plats composites	A chaque démarrage de production puis tous les 1500 plats fabriqués	NF EN ISO 527-5
Pourcentage pondéral de fibres	Comptage des fibres à chaque démarrage de production	-
Densité	Calcul sur la base des rapports pondéraux fibres / résine	-
Température de transition vitreuse	Détermination indirecte sur la base des mesures des paramètres process 1 mesure de DSC / an et par largeur de plats	ISO 11357-1

- Le contrôle visuel de la bonne injection du support

Les tolérances de fabrication du procédé XFLEX sont indiquées en Annexe 1 du Dossier Technique.

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

- Mise au rebut des plats non conforme.
- Contrôle de la machine de pultrusion.

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 lot et contenant les données suivantes : Numéro de lot et date de fabrication.

De plus, cet autocontrôle fait l'objet d'un suivi externe par un organisme tiers à raison d'une visite par an, portant entre autres sur :

- Un contrôle documentaire des rapports d'essais, des fiches de contrôle de fabrication, réclamations, etc.
- Une vérification sur produit fini :
 - Contrôle dimensionnel
 - Vérification visuelle sur la qualité du sablage.

2.8.3. Contrôle de fabrication des MCI ou MCII

Une attention particulière devra être apportée par les titulaires de procédés MCI ou MCII lors de la fabrication des murs dans lesquels est intégré le procédé XFLEX. Les contrôles suivants devront être réalisés (voir l'Annexe 2) :

- Contrôle du positionnement du procédé XFLEX selon l'Annexe 2.

- Contrôle du positionnement du treillis raidisseur ou de la cage selon l'Annexe 2.

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.

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Résultats Expérimentaux

Rapport d'essais LMC² « Essais sur composite Verre : Détermination des valeurs de transitions vitreuses des composites à fibre de verre par mesure DSC » d'octobre 2021 :

- Les essais ont été effectués par le laboratoire LMC² de l'Université de Lyon.
- Les fragments prélevés sur les plats ont été caractérisés par calorimétrie différentielle à balayage.
- La vitesse de chauffe était de 10°C/min sur une plage entre 25°C et 250°C.
- La valeur de la température de transition vitreuse des plats composites est de 125 °C.

Rapport d'essais LMC² « Essais sur plats en matériaux composites : Détermination des caractéristiques mécaniques » de juin 2021 :

- Les plats ont été caractérisés en traction simple.
- Les essais ont été effectués par le laboratoire LMC² de l'Université de Lyon.
- Les essais ont été effectués sur des corps d'épreuve de 26x1,2 mm².
- La contrainte de traction caractéristiques est de 1100 MPa.

Rapport d'essais LMC² « Essais sur plats en matériaux composites : Détermination de la résistance de l'ancrage de plats composites dans les prémurs » de juillet 2021 :

- L'ancrage du système de liaison a fait l'objet d'essais sur des MCI avec des plats de 2 x 26 x 1,2 mm² (XFLEX BLANC)
- Les essais ont été effectués par le laboratoire LMC² de l'Université de Lyon.

Les corps d'épreuves ont été testés en PULL-OUT.

Les essais ont été effectués sur des maquettes comportant 1 MCI de dimensions 100x50 cm ht m, avec :

- Noyau d'épaisseur 10 cm
- Parois préfabriquées d'épaisseur 50 mm (mur d'épaisseur totale de 20 cm).
- Béton des parois préfabriquées 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).
- 2 plats en matériaux composites de 62,4 mm² ancré de 150 mm
- Coutures de rive des murs à coffrage intégré réalisée à l'aide d'une cage d'armatures en U disposées à 10 cm des abouts des murs : HA6 / e= 20 cm

Les essais ont consisté à appliquer, à l'aide d'un vérin, un effort statique d'arrachement des plats du MCI

3 essais ont été réalisés

Rapport d'essais LM2C « Essais sur plats en matériaux composites : Détermination de la résistance en cisaillement de plats composites » de mai 2021 :

- 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 XFLEX constitué de plats de 26x1,2 mm².
- Les essais ont été effectués par le laboratoire LMC² de l'Université de Lyon.
- Les essais ont été effectués sur des maquettes comportant deux blocs de béton « superposés » de dimensions 0,40 x 0,30 ht et d'épaisseur 12 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 d'une largeur de 7 cm et traversée par le système de liaison XFLEX (2x2 plats) 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.

5 essais ont été réalisés :

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

Rapport d'essais LMC² « Essais sur plats en matériaux composites : Détermination de la durabilité en milieu alcalin » de janvier 2022 :

- Les essais ont été effectués par le laboratoire LMC² de l'Université de Lyon.

Les conditions de vieillissement correspondent à un vieillissement accéléré en immergeant les plats dans le milieu défini par la norme ISO 10406-1 (clause 11) :

- pH 13 : eau déminéralisée additionnée de 0,8 g de NaOH et de 22,4 g de KOH pour 1 litre (correspondant à la solution interstitielle dans les bétons) ;
- Température de 60°C ;

- Durée d'immersion : 9 mois.
- Rapport d'essais LMC² « Caractérisation mécanique de l'ancrage de plats composites et de barres HA dans des prémurs avec noyau de 7 cm » de novembre 2022.
- Appréciation de laboratoire n° AL22-334 relative au comportement au feu du procédé XFLEX.
- Rapport d'essais LMC² « Caractérisation mécanique en cisaillement de type « push out » (arc de triomphe) du procédé de liaisonnement XFLEX » de février 2023.
- Rapport « Synthèse des chantiers réalisés avec la liaison XFLEX pour validation de la mise en œuvre » de septembre 2023.
- Rapport « Rapport des essais pour validation de la mise en œuvre du procédé de liaison XFLEX » de décembre 2023.

2.9.2. Références chantiers

Chantiers	Localisation	Année	Quantité (ml)
Logements	Carnac	2021	400
Bureaux	Guidel	2021	50
Bâtiment industriel	Gandin	2021	170
Bâtiment industriel	Bonvillard	2021	50
Complexe sportif	Les Belleville	2021	300
Centre culturel	Lyon	2021	350
Hôtel	Saint-Marcel	2021	30
Logements	Menthon St Bernard	2021	30
Logements	Bonson	2021	2400
Logements	Marseille	2021	200
Bât industriel + Bureaux	Clisson	2022	720
Ecole de formation	Cognac - Chateaubernard	2022	560
Logements	Vallet	2023	90
Centre commercial	Saint-Sylvain d'Anjou	2023	83
Bâtiment industriel	Châteaubernard	2023	372
Bâtiment tertiaire	La Rochelle	2023	20
Bâtiment tertiaire	Soullans	2023	90
Bureaux	Cholet	2023	40
Bâtiment industriel	Cerqueux de Maulevrier	2023	70
Lycée	Morlaix	2023	22
Bureaux et Bâtiment tertiaire	Goustrainville	2023	135
Bureaux	Cherbourg	2023	196
Logements	Ceillac	2023	72
Bâtiment industriel	Chantepie	2023	45

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

2.10.1. Annexe 1 : Dimensions géométriques et tolérances de fabrication du procédé XFLEX

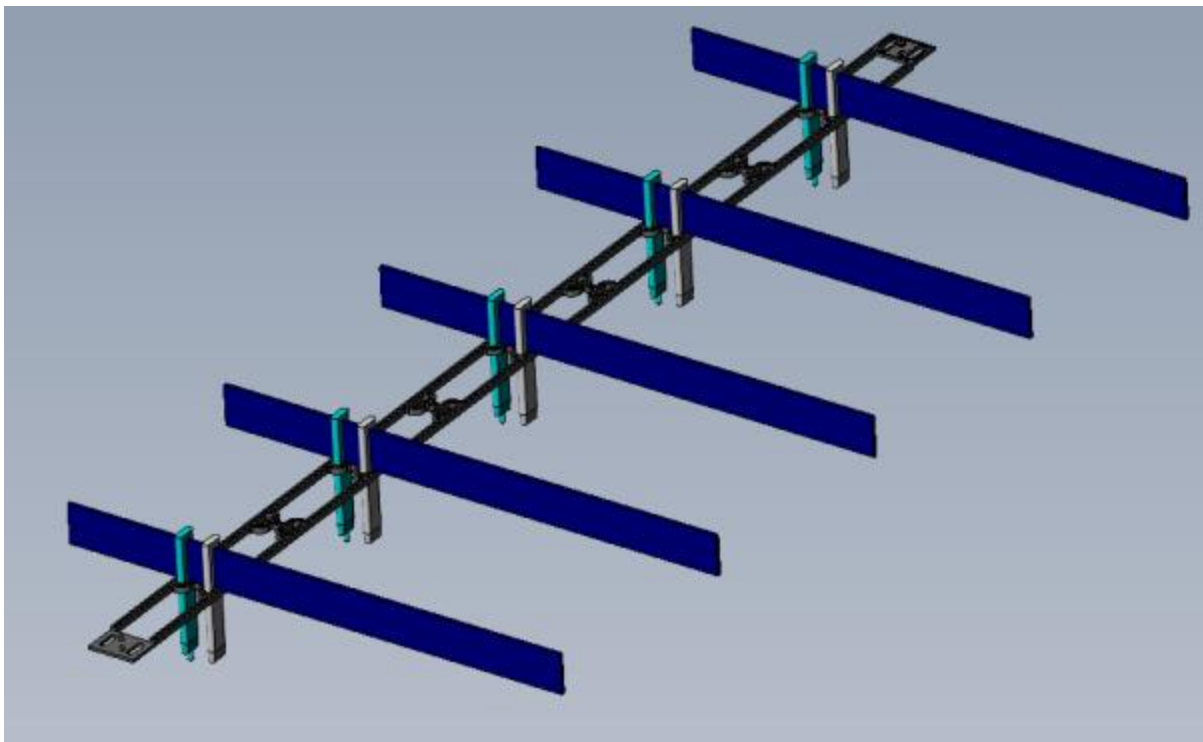
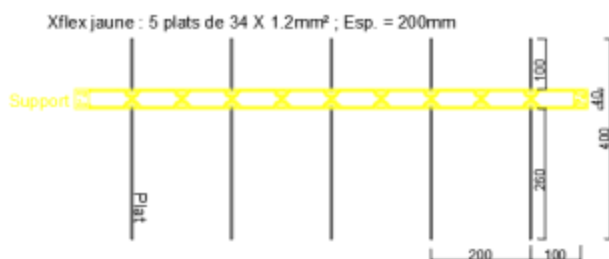
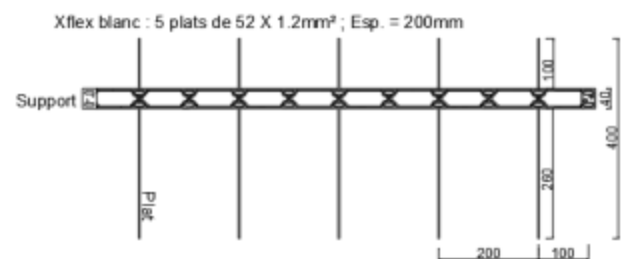
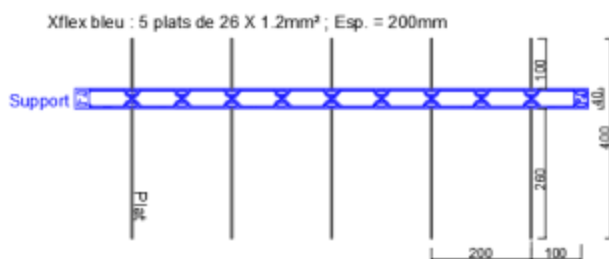
Dimensions et tolérances de fabrication des XFLEX :

- Longueur des plats = 400 mm $-0/+10$ mm
- Epaisseur des plats : 1,2 mm $-0,1/+0$ mm
- Largeur des plats : 26 mm $-0,2/+0$ mm

34 mm $-0,3/+0$ mm

52 mm $-0,4/+0$ mm

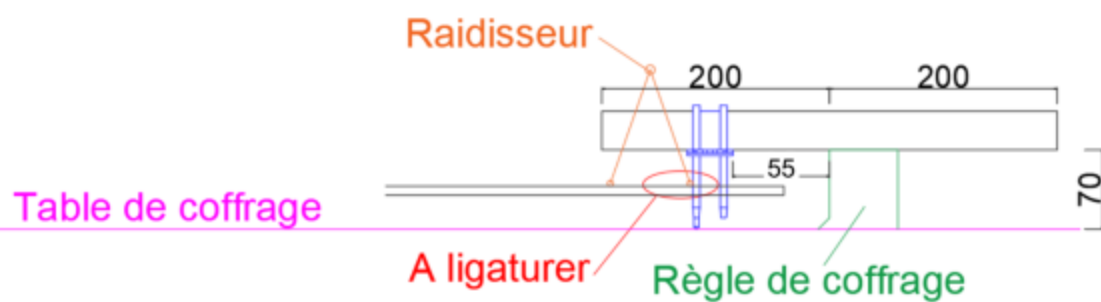
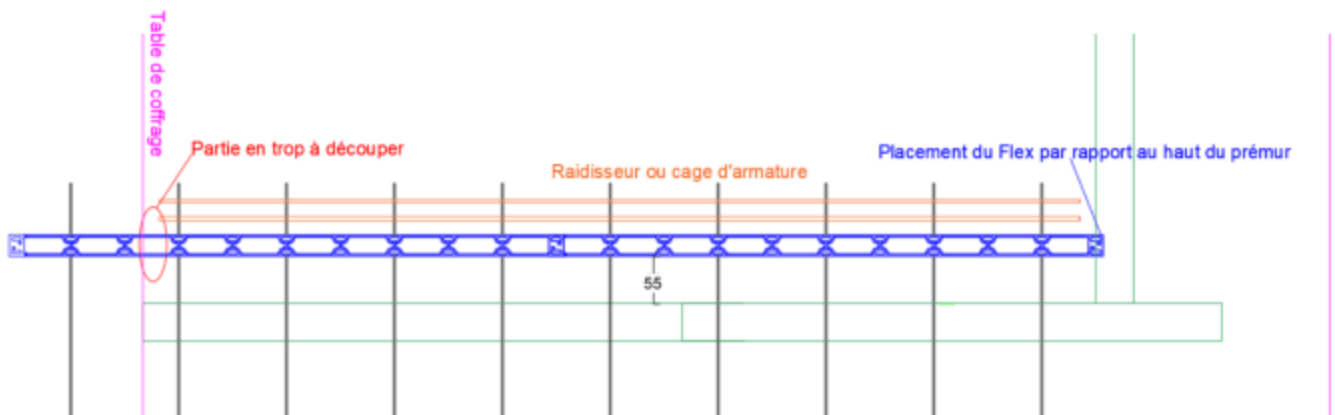
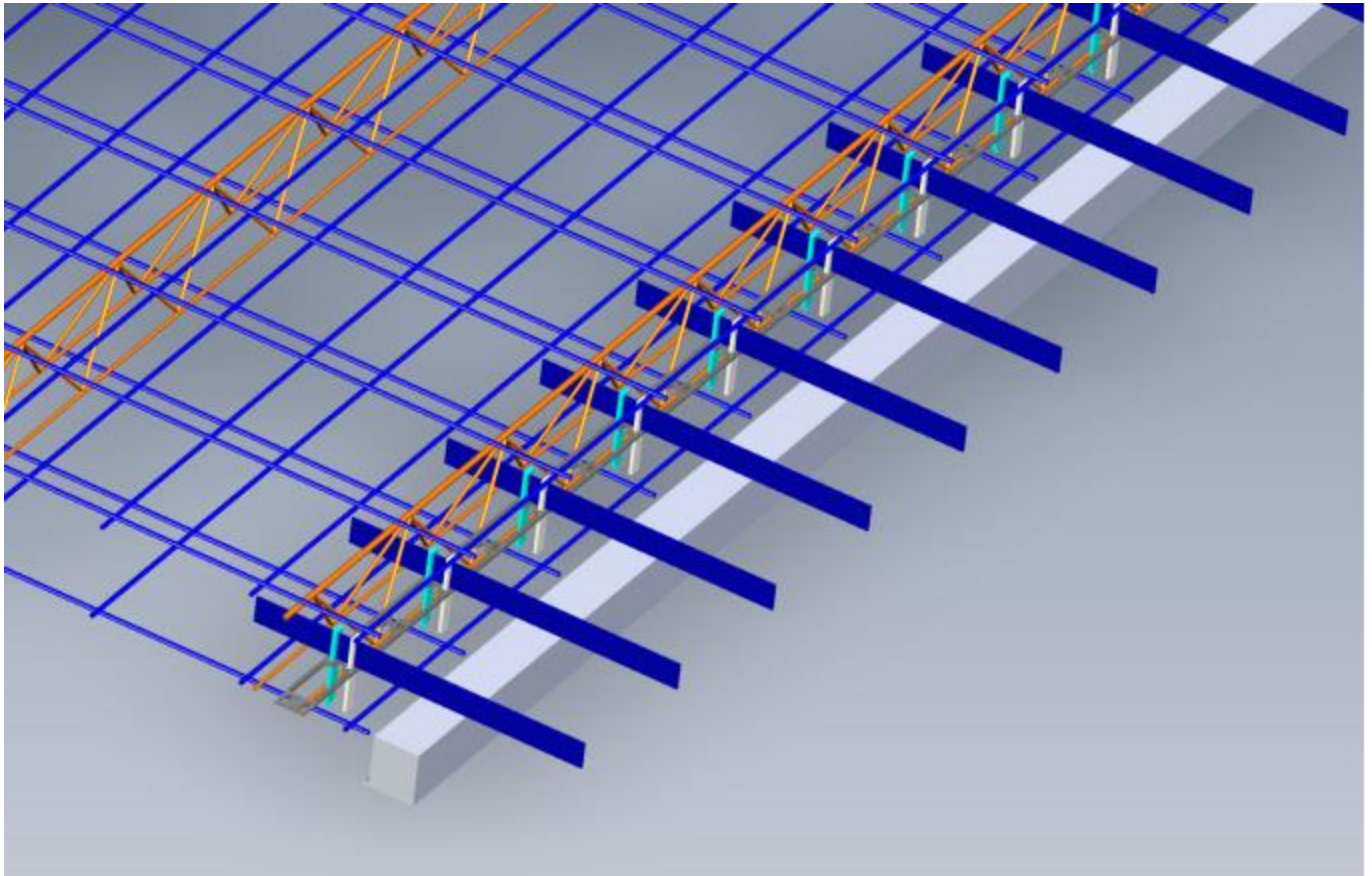
- Placement des plats sur le support : 100 mm ± 1 mm
- Longueur du support : 1000 mm ± 1 mm
- Espacement des plats : 200 mm ± 1 mm



2.10.2. Annexe 2 : Critères d'implantation géométrique du procédé XFLEX dans les MCI et MCII

Critères d'implantation :

- Espacement entre le support et l'about du MCI ou MCII = 55 mm -5/+5 mm
- Espacement entre le raidisseur et l'about du MCI ou MCII = 130 mm -5/+5 mm



2.10.3. Annexe 3 : Transmission des efforts entre le procédé XFLEX et les armatures intégrées dans les parois préfabriquées

(Sections de treillis soudé couvertes par le procédé XFLEX)

CHOIX DU XFLEX EN FONCTION DES TREILLIS : ZONE NON SISMIQUE

Treillis soudés				
Désignation	Diamètre acier transversal	Espacement transversal	Section transversale	Résistance de calculs
	mm	mm	cm ² /ml	kN/ml
PAF10	5.5	200	1.19	52
ST20	7	300	1.28	56
ST25	7	300	1.28	56
ST35	7	300	1.28	56
ST15C	6	200	1.41	61
ST40	8	300	1.68	73
ST50	8	300	1.68	73
ST60	9	250	2.54	111
ST25C	7	150	2.57	112

XFLEX					
Largeur	Epaisseur	Section	Espacement	Section transversale	Résistance de calculs
mm	mm	mm ²	mm	cm ² /ml	kN/ml
26	1.2	31.2	200	1.56	57
34	1.2	40.8	200	2.04	75
52	1.2	62.4	200	3.12	114

CHOIX DU XFLEX EN FONCTION DES TREILLIS : ZONE SISMIQUE

Treillis soudés				
Désignation	Diamètre acier transversal	Espacement transversal	Section transversale	Résistance de calculs
	mm	mm	cm ² /ml	kN/ml
PAF10	5.5	200	1.19	59
ST20	7	300	1.28	64
ST25	7	300	1.28	64
ST35	7	300	1.28	64
ST15C	6	200	1.41	71
ST40	8	300	1.68	84
ST50	8	300	1.68	84
ST60	9	250	2.54	127
ST25C	7	150	2.57	128

XFLEX					
Largeur	Epaisseur	Section	Espacement	Section transversale	Résistance de calculs
mm	mm	mm ²	mm	cm ² /ml	kN/ml
34	1.2	40.8	200	2.04	86
52	1.2	62.4	200	3.12	132

2.10.4. Annexe 4 : Principe de détermination des efforts sollicitants $V_{Ed,j}$ 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 où le MCI ou le MCII 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) ;

On distingue deux cas :

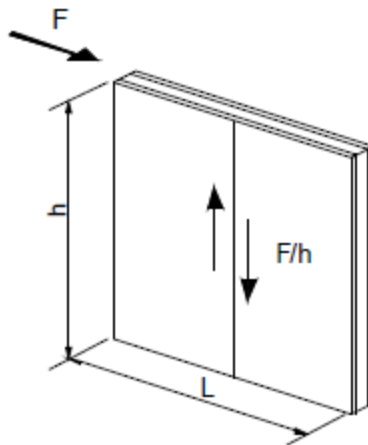
Cas 1 : reprise d'une charge ponctuelle horizontale F sur un mur développant une bielle de compression

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

$$V_{Ed,j} = F/h$$

Avec :

- F : la charge ponctuelle horizontale sur le mur ;
- h : la hauteur du mur ;
- $V_{Ed,j}$: 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 :

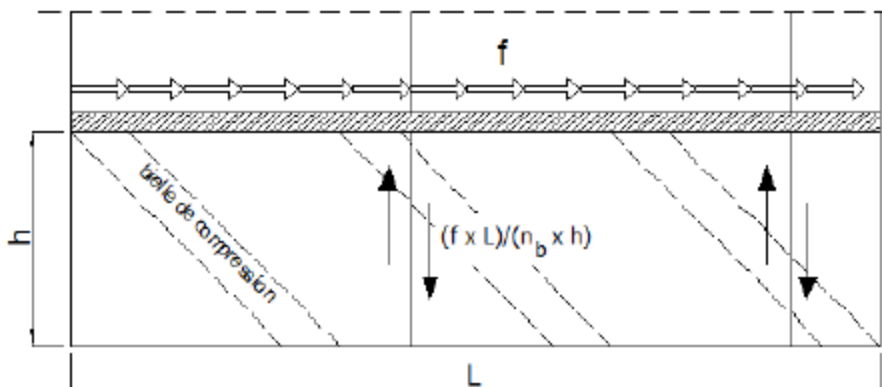
$$V_{Ed,j} = (f \times L) / (n_b \times h)$$

Avec :

- f : la charge linéaire horizontale sur le mur ;
- $V_{Ed,j}$: 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.

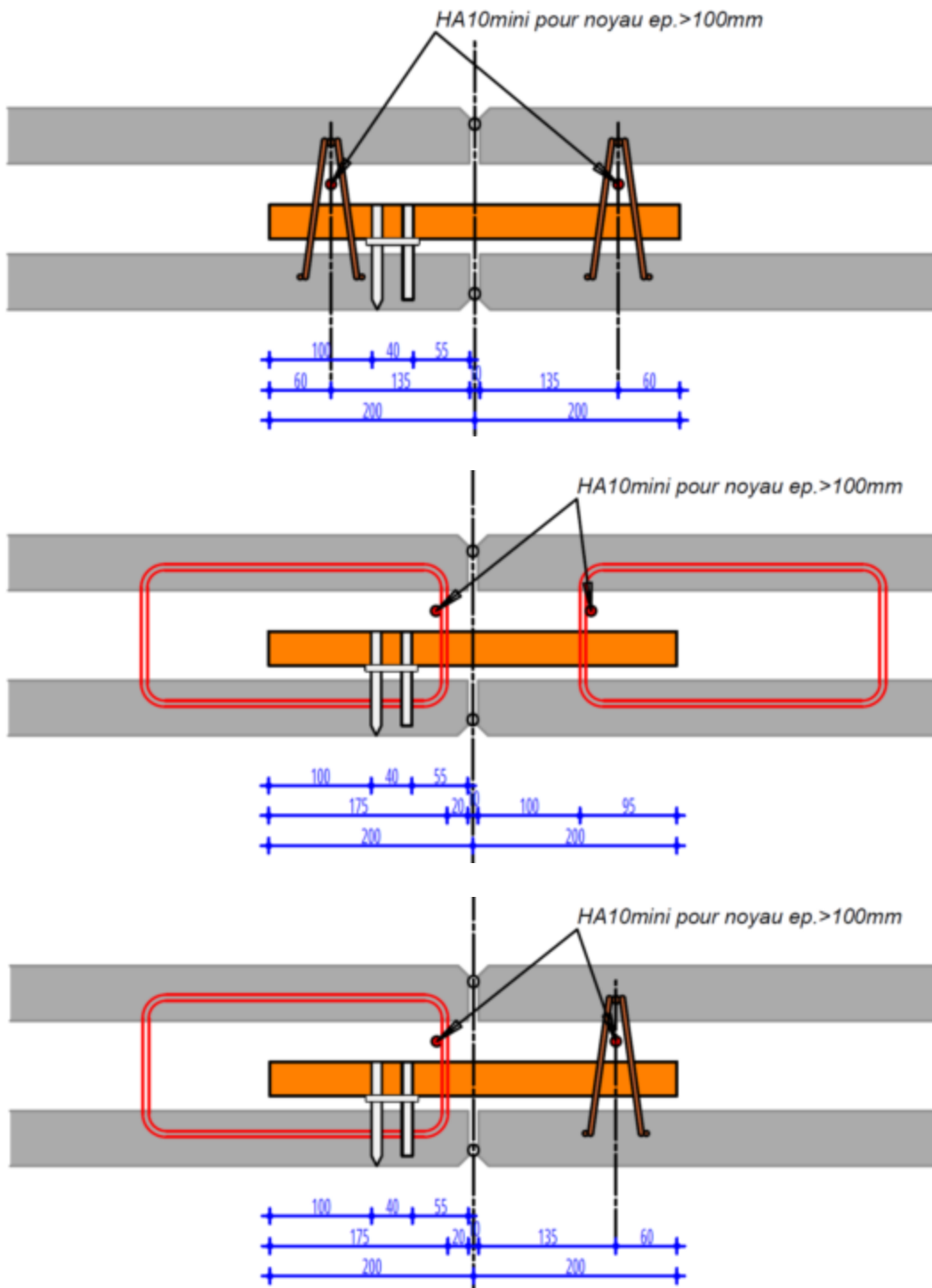
Le nombre de bielles mobilisables n_b , en supposant une inclinaison des bielles à 45° , est égal au nombre réel défini par :

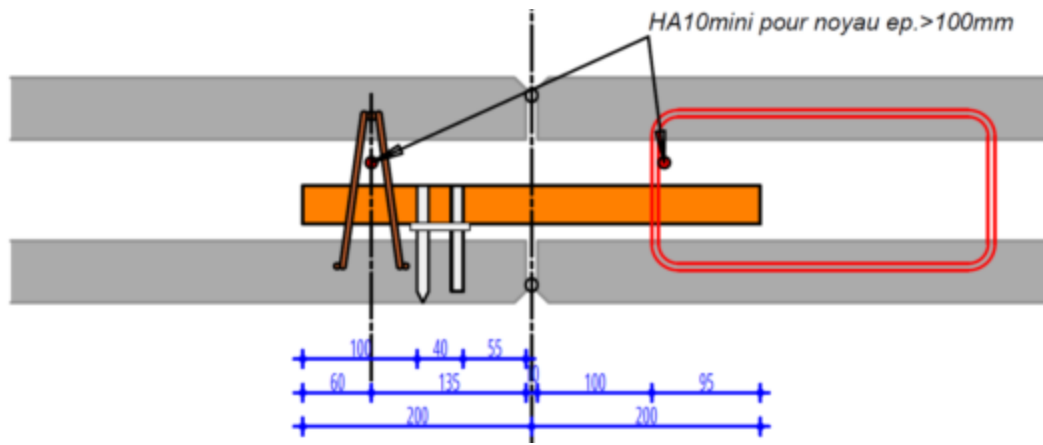
$$N_b = (L - h) / h$$



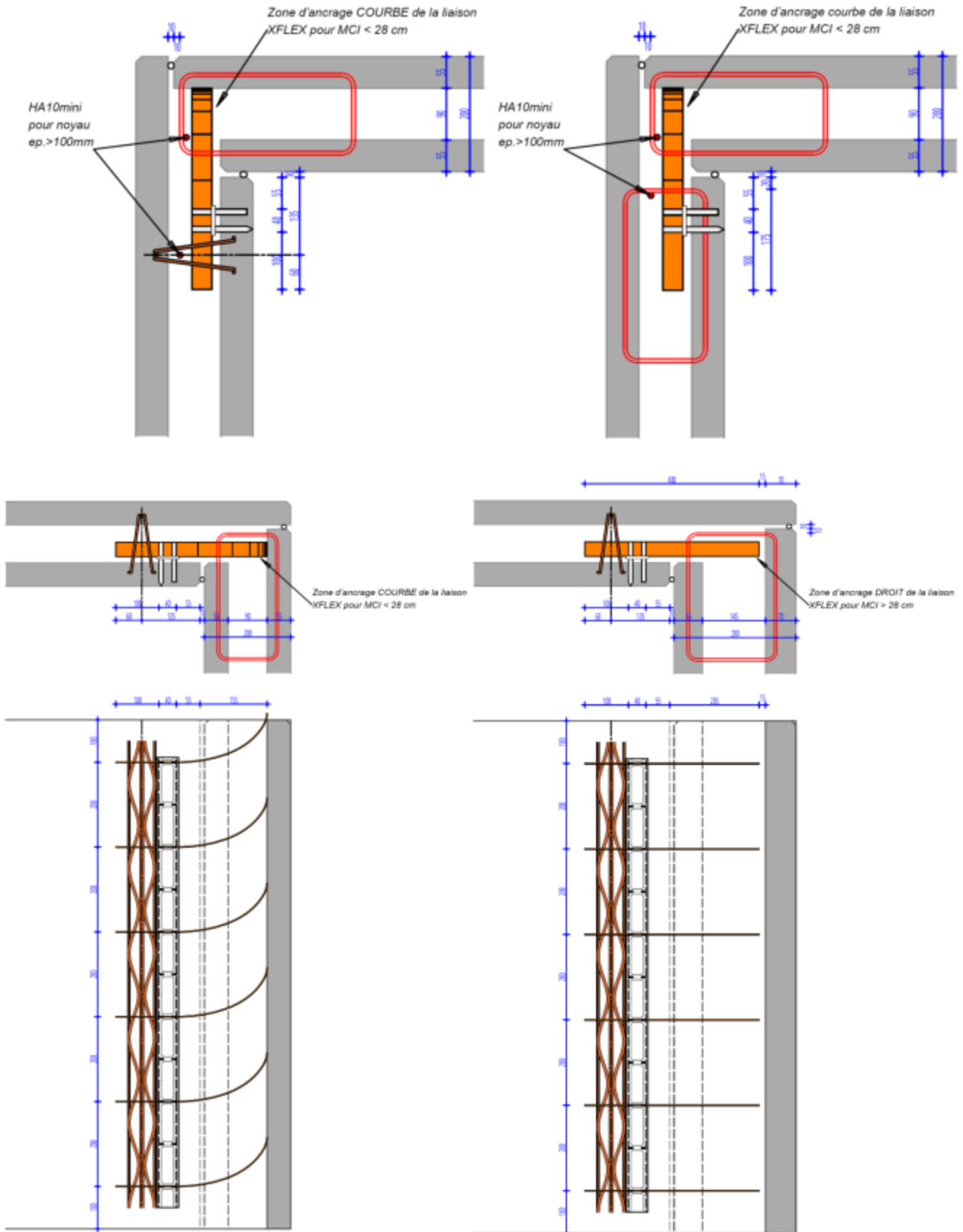
2.10.5. Annexe 5 : Détails des géométries de liaison avec le procédé XFLEX pour MCI

Liaison en I couturée

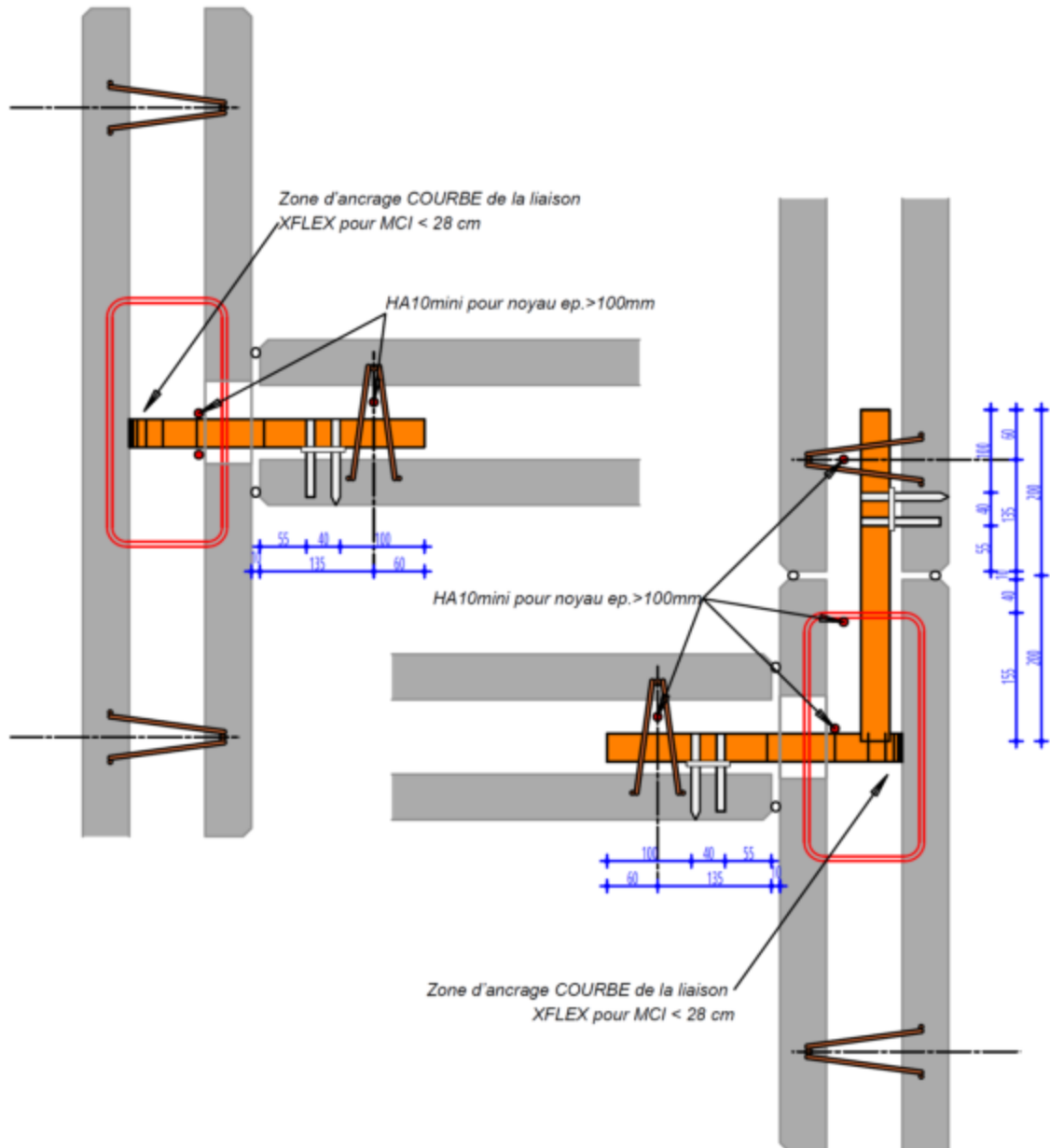




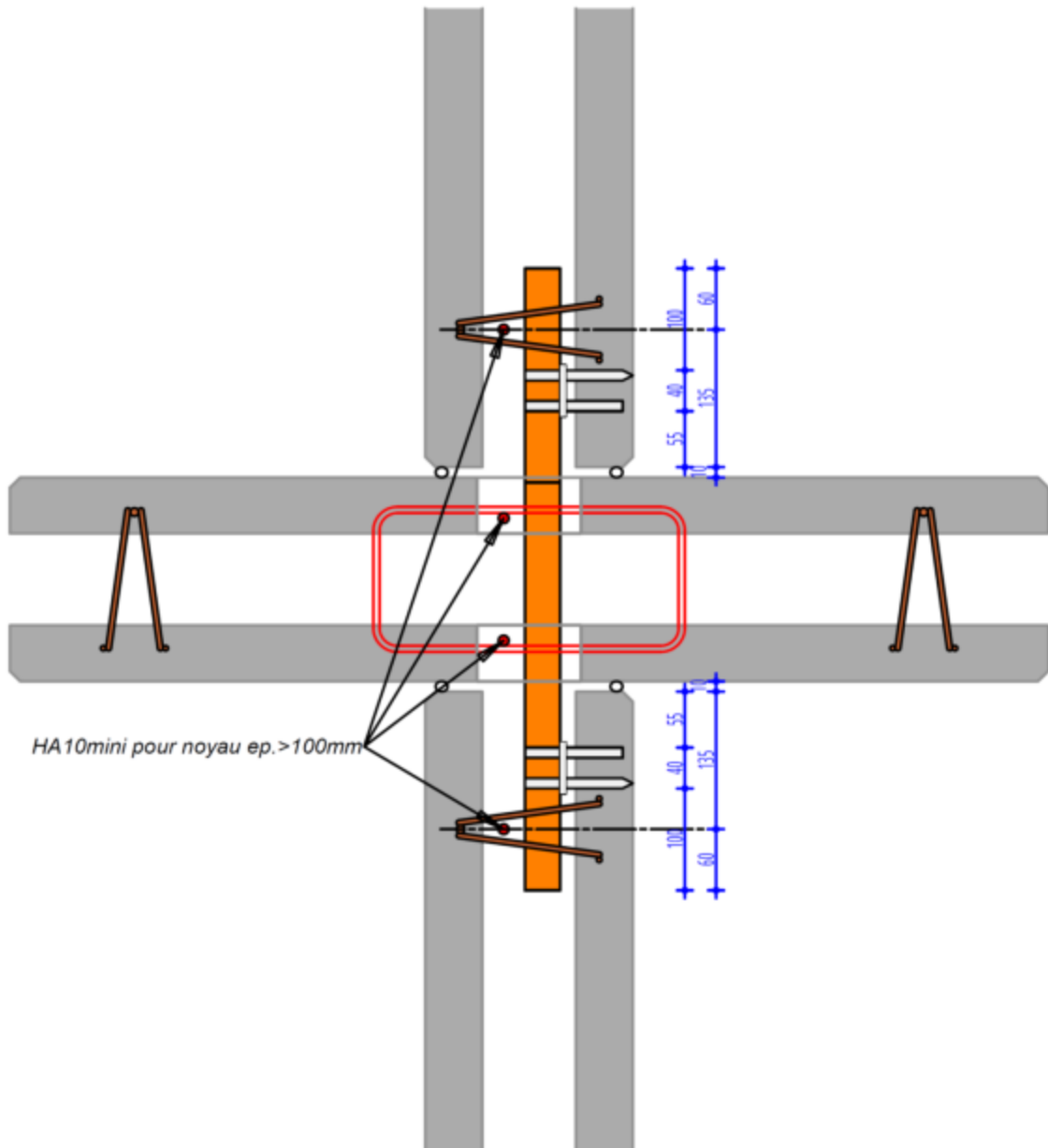
Liaison en L couturée avec cadres espacement ≥ 150 mm



Liaison en T couturée avec cadres espacement ≥ 150 mm

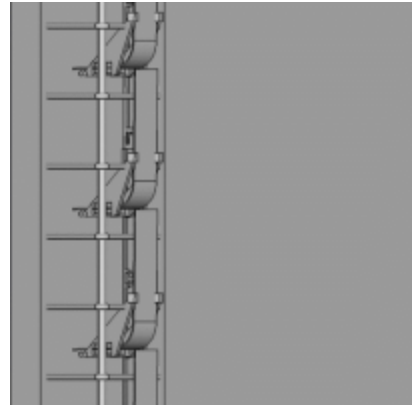
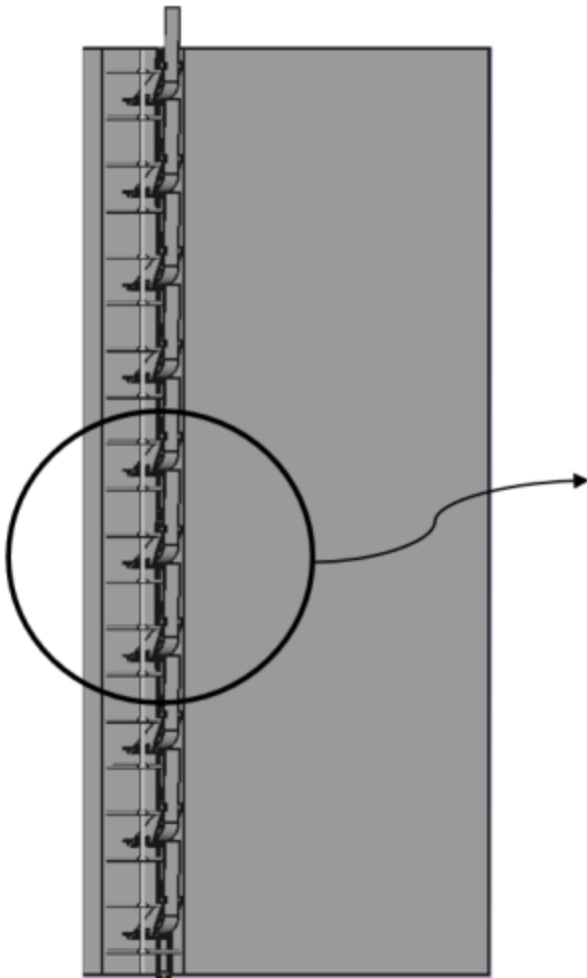


Liaison en X couturée avec cadres espacement ≥ 150 mm

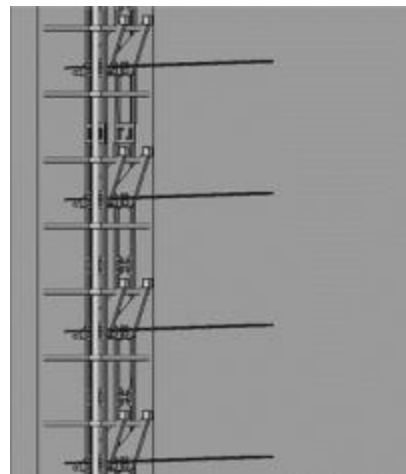


Liaison en L, T et X couturée avec cadres espacement < 150 mm

Dans le cas où l'espacement des cadres est inférieur à 150 mm (100 mm en général en zone sismique), le système de liaison XFLEX peut être directement fixé aux cadres et maintenu en position plié. Une fois le MCI (ou MCII) livré sur le chantier, le système de liaison est déplié manuellement avant la mise en place du mur.



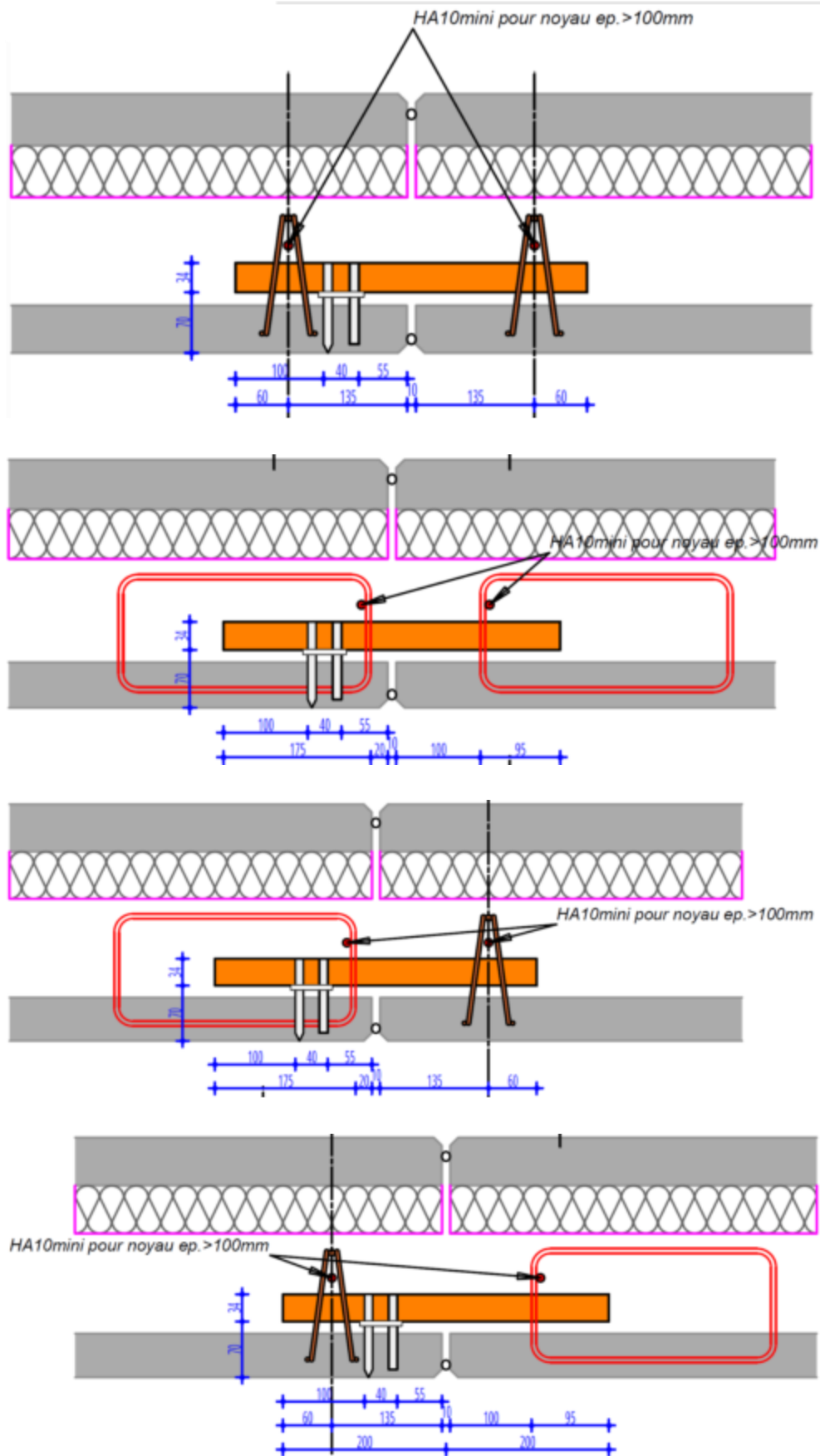
Zoom : Lamelles fixées aux cadres et pliées



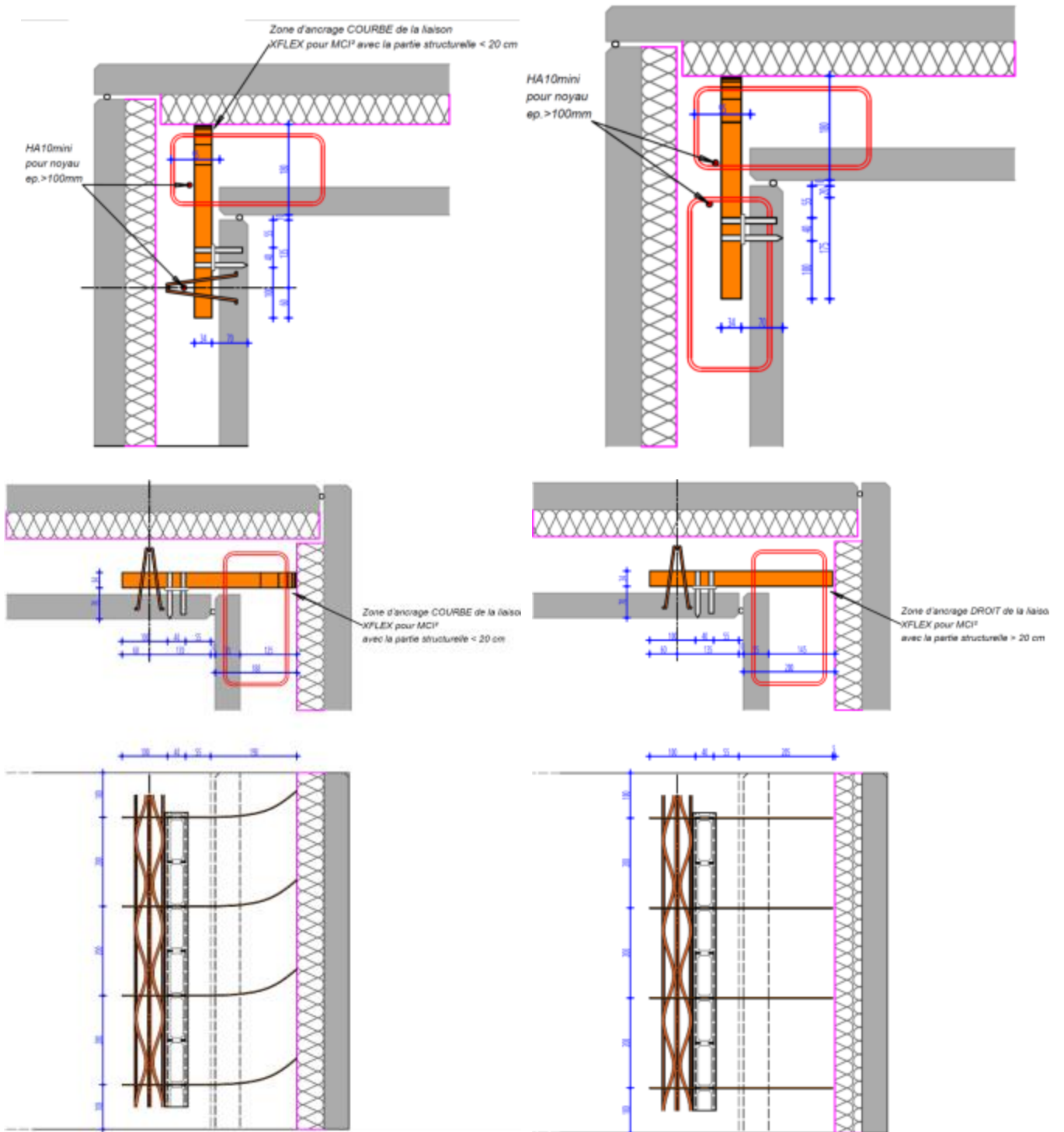
Zoom : Lamelles dépliées avant la mise en place du mur

2.10.6. Annexe 6 : Détails des géométries de liaison avec le procédé XFLEX pour MCII

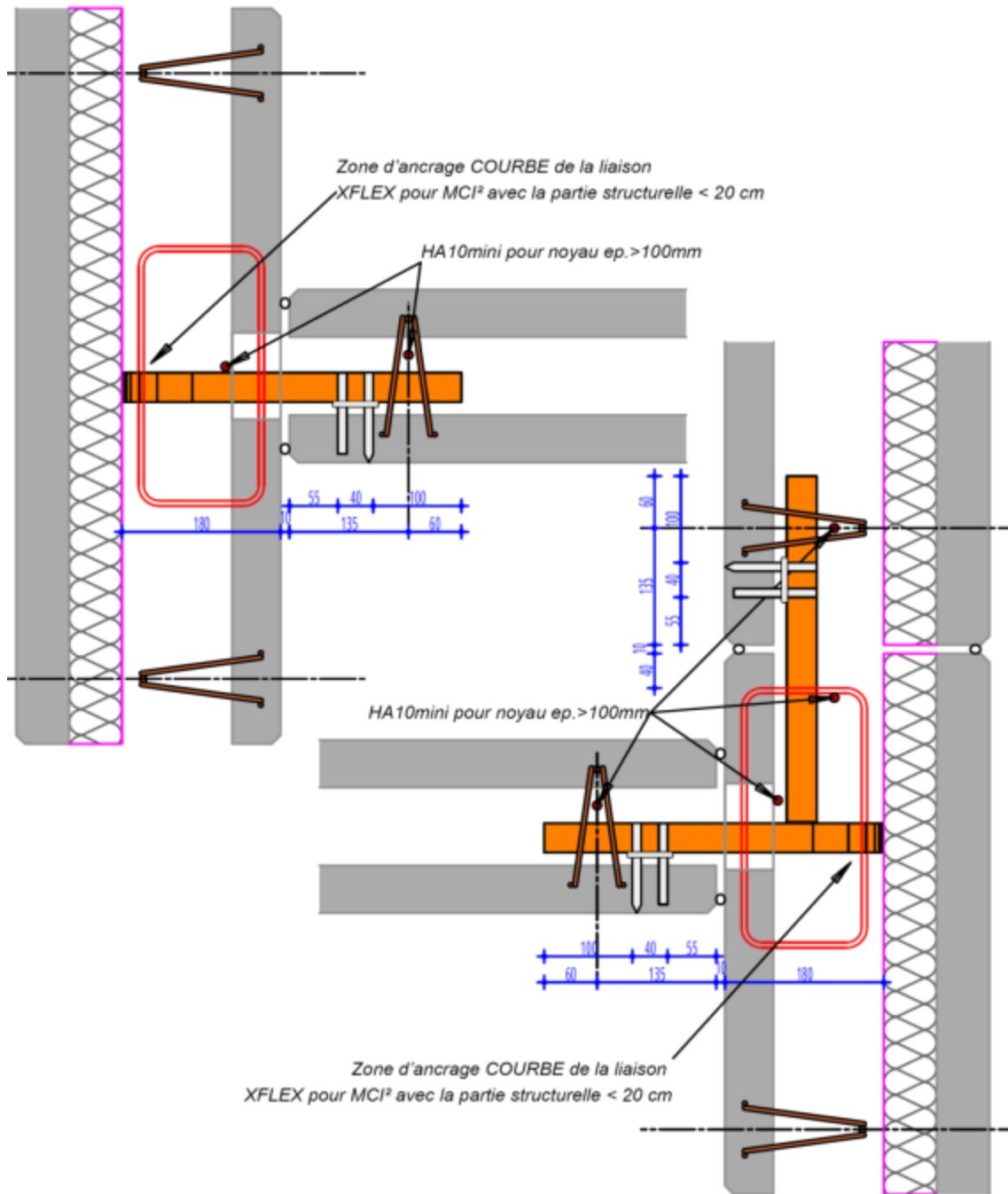
Liaison en I couturée



Liaison en L couturée avec cadres espacement ≥ 150 mm

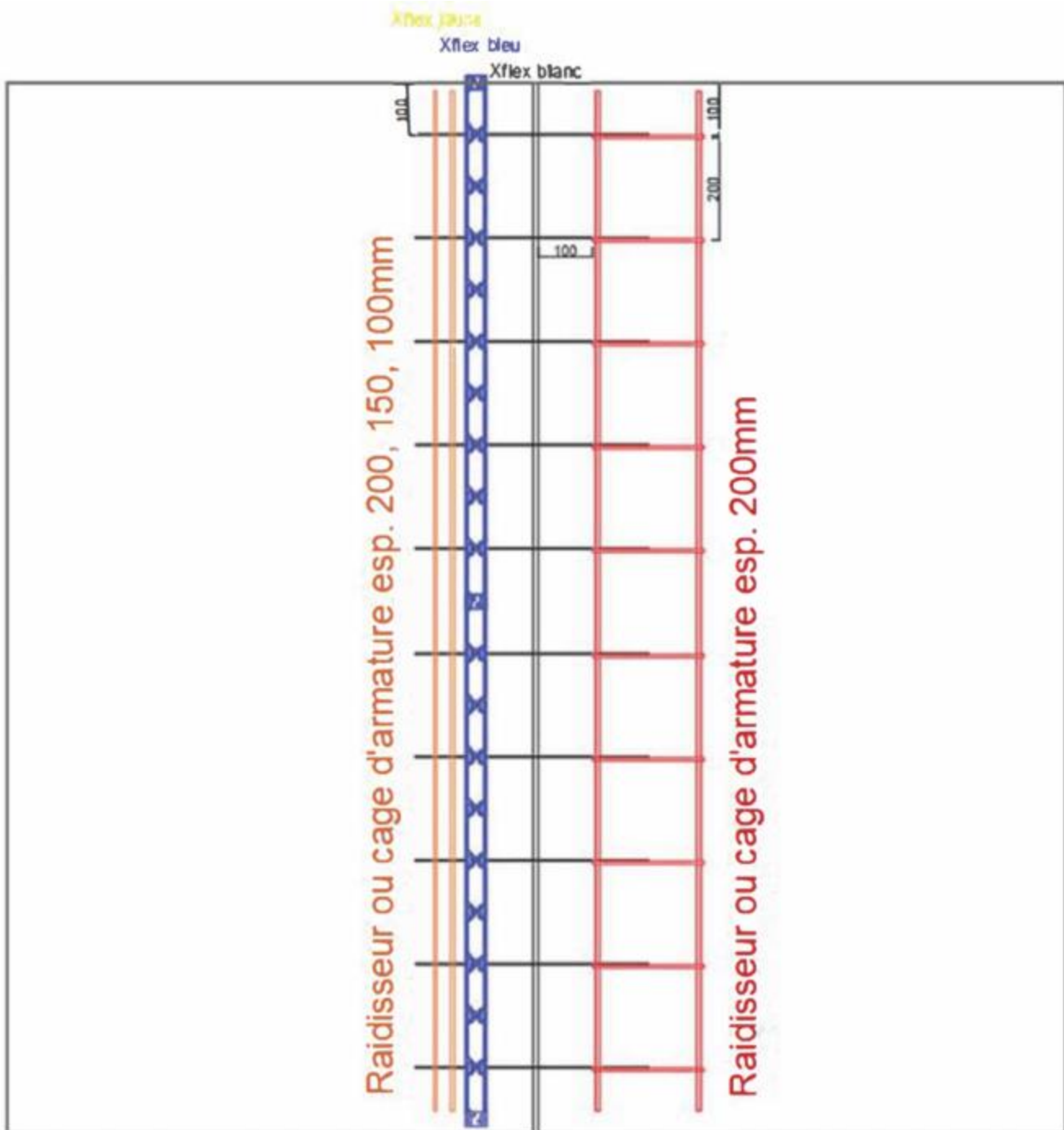


Liaison en T couturée avec cadres espacement ≥ 150 mm

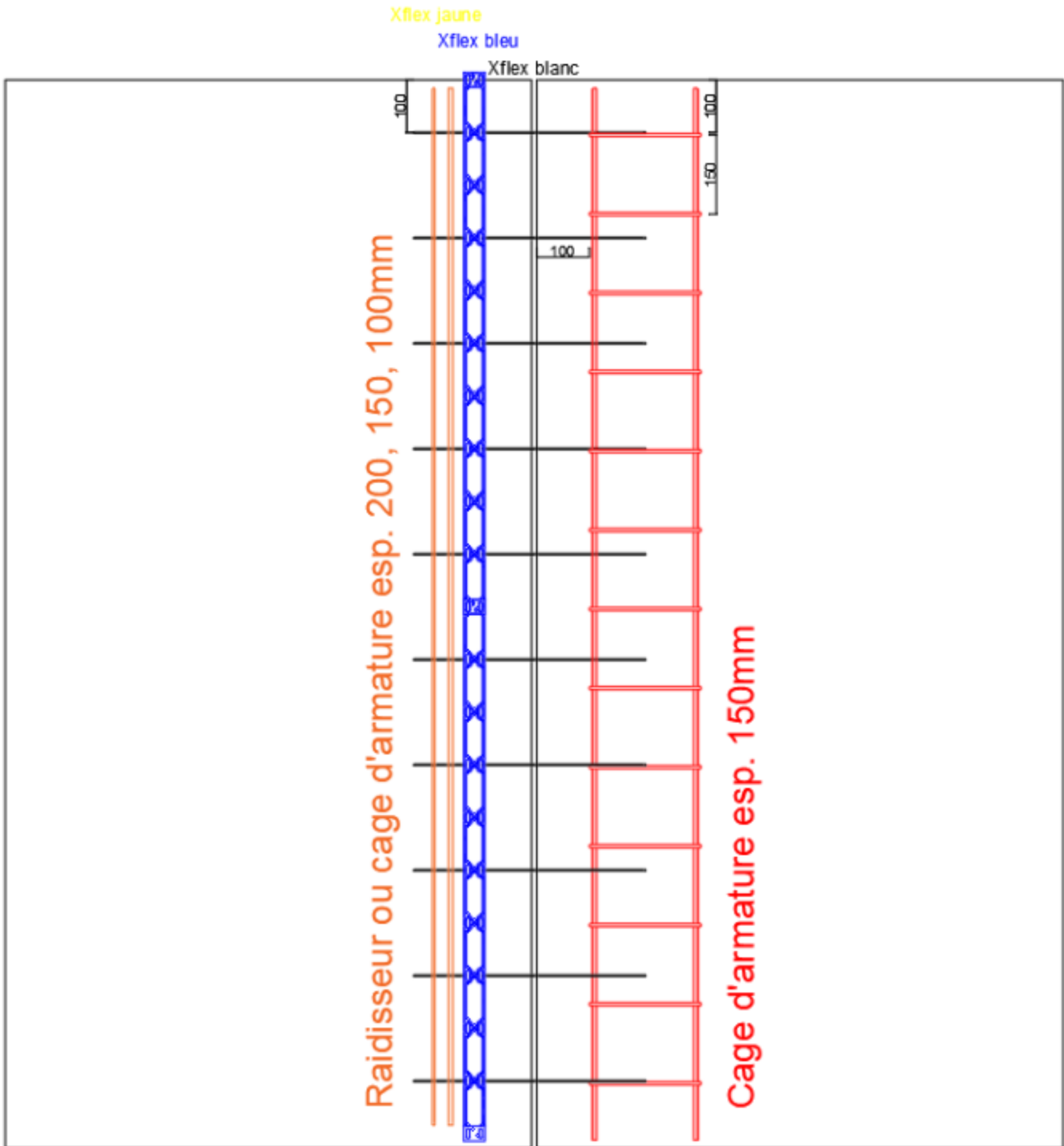


2.10.7. Annexe 7 : Détails des associations possibles entre les liaisons XFLEX et les éléments de couture de rive (treillis raidisseurs, cadres)

Cage d'armatures ou Treillis raidisseur - Espacement 200 mm

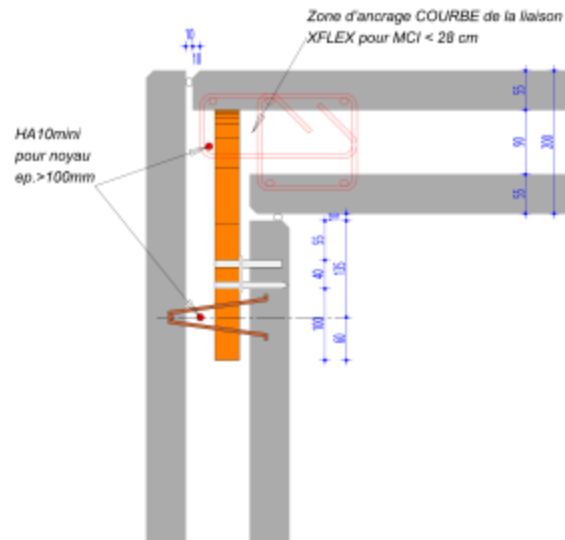


Cage d'armatures espacement cadres 150 mm



Pour les liaisons d'angle avec des cages dont les cadres sont espacés tous les 100 mm, il convient d'adapter la liaison selon une des dispositions suivantes :

- Soit les lamelles sont du côté du raidisseur (cas de base), et dans ce cas la cage est composée de cadres type « bouteille »



- Soit les lamelles sont du côté de la cage d'armatures, et dans ce cas la cage est composée des cadres « normaux ». Dans le cas où le procédé de liaison XFLEX ne serait pas plié dans les cadres, il faudra veiller à la position des MCI/MCII dans le rack de transport.

Cage d'armatures espacement 100 mm

Xflex jaune

Xflex bleu

Xflex blanc

