

# Avis Technique 16/10-607

Annule et remplace l'Avis Technique 16/06-513

Mur à coffrage intégré

## Coffrage – Structural Coffor

**Titulaire :** Société Polyfinance Coffor Holding SA  
5 Rue Faucigny  
CH-1705 Fribourg

**Usine :** Société Coffor Construction Technology Private Limited  
Chandan Metal Compound, Gorwa Road  
IN-390016 Vadodara

**Distributeur :** Société Coffor France  
1 Place du 18 juin 1940  
FR-74940 Annecy le vieux  
E-mail : [info@coffor.com](mailto:info@coffor.com)  
Internet : [www.coffor.com](http://www.coffor.com)

Commission chargée de formuler des Avis Techniques  
(arrêté du 2 décembre 1969)

**Groupe Spécialisé n° 16**

Produits et procédés spéciaux pour la maçonnerie

Vu pour enregistrement le 05 novembre 2010



Secrétariat de la commission des Avis Techniques  
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2  
Tél. : 01 64 68 82 82 - Fax : 01 60 05 70 37 - Internet : [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**Le Groupe Spécialisé n° 16 de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné le 1<sup>er</sup> juillet 2010 le procédé spécial de mur « Coffrage Structural COFFOR » présenté par la Société COFFOR FRANCE. Il a formulé, sur ce procédé, l'Avis Technique ci-après. Cet Avis annule et remplace l'Avis Technique n°16/06-513. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France Européenne et DOM-TOM.**

---

## 1. Définition succincte

---

### 1.1 Description succincte

Le système se caractérise par un coffrage intégré, à parements drainants, autostables vis-à-vis de la poussée du béton frais.

Le coffrage est constitué de deux panneaux, à ossature verticale raidisseuse en profilés de tôle pliée et peau en métal déployé, reliés entre eux par des connecteurs métalliques. Les panneaux sont fabriqués et assemblés en usine.

Par sa constitution et sa mise en œuvre, le procédé de Coffrage-Structural COFFOR permet la réalisation de murs verticaux, droits ou courbes, porteurs ou non porteurs, extérieurs ou intérieurs.

Les armatures complémentaires peuvent être mises en place sur chantier.

Revêtements :

Extérieur : enduit projeté ou vêtue.

Intérieur : enduit projeté ou parement en plaques collé ou vissé.

### 1.2 Identification des éléments

Les éléments du Coffrage-Structural COFFOR sont identifiables d'après leur aspect extérieur et portent une fiche d'identification attachée à chaque élément avant son départ d'usine.

---

## 2. AVIS

---

### 2.1 Domaine d'emploi accepté

Murs d'immeubles d'habitation, de bureaux et d'établissements publics, dans les limites résultant des vérifications nécessaires cas par cas (stabilité, thermique, acoustique...).

### 2.2 Appréciation sur le procédé

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

#### Stabilité

La stabilité des bâtiments réalisés selon ce procédé peut être normalement assurée moyennant l'application de la méthode de justification par le calcul définie dans le Cahier des Prescriptions Techniques.

#### Utilisation en zone sismique

L'utilisation du procédé en zone de sismicité non nulle est possible moyennant le respect des règles PS 92 s'appliquant aux ouvrages traditionnels en béton armé et sans qu'il puisse être dérogé à aucune d'entre elles.

#### Sécurité incendie

Les durées des critères d'exigence coupe-feu ou stabilité au feu d'un mur réalisé selon le procédé de Coffrage-Structural COFFOR peuvent être justifiées par application des règles de calcul FB

(DTU P 92-701) au seul voile en béton qui constitue l'âme du mur.

Le classement de réaction au feu du revêtement extérieur est celui de l'enduit.

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

Le procédé ne fait pas obstacle à la mise en œuvre des mesures de prévention habituelles. En raison du caractère coupant des faces en métal déployé, l'emploi de gants de sécurité pour la manutention des éléments est indispensable.

La manutention manuelle n'est possible que pour les éléments d'une hauteur courante d'étagé.

#### Isolation thermique

Les exigences réglementaires peuvent être normalement assurées, étant noté que leur respect incombe essentiellement à l'ouvrage d'isolation intérieur ou extérieur associé.

Les vérifications sont à effectuer par l'application des règles «Th U » en prenant en compte, le cas échéant, les ponts thermiques correspondant aux liaisons avec les planchers et refends.

#### Isolement acoustique

L'indice d'affaiblissement acoustique d'une paroi séparative peut être estimé, en appliquant la loi de masse ; ceci conduit pour un bruit rose à 56 dB pour une paroi en béton de 16 cm et à 60 dB pour une paroi en béton de 20 cm, et, pour un bruit de route, à 52 dB et 56 dB respectivement.

En ce qui concerne l'isolement des façades vis-à-vis des bruits provenant de l'espace extérieur, il est fonction de l'organisation de l'isolation thermique des murs. S'agissant d'une isolation rapportée, la paroi en béton ne se distingue pas, de ce point de vue, d'une paroi en béton traditionnel.

#### Étanchéité des murs extérieurs

Elle peut être considérée comme normalement assurée moyennant l'application des prescriptions visant le revêtement extérieur par enduit projeté.

#### Risques de condensation superficielle

Le procédé ne se distingue pas, de ce point de vue, des solutions de mur en béton banché traditionnelles.

#### Confort d'été

Le procédé ne se distingue pas, de ce point de vue, des solutions de mur en béton banché traditionnelles.

#### Finitions - aspects

Les finitions prévues sont :

- à l'extérieur, un enduit projeté ou une vêtue.
- à l'intérieur, un enduit, au ciment ou au plâtre ou une plaque de parement en plâtre.

#### 2.2.2 Durabilité-Entretien

La compacité du béton coulé ne devrait pas poser de problème, le coffrage permettant d'ailleurs de vérifier, dans une certaine mesure, la qualité de son remplissage.

On considère que la durabilité de la paroi coffrée avec le Coffrage-Structural COFFOR est équivalente à celle des parois en béton banché auxquelles elle s'apparente et la durabilité des parements intérieurs et extérieurs associés est équivalente à celle des mêmes parements appliqués sur des supports traditionnels.

#### 2.2.3 Fabrication et mise en œuvre.

Réalisée en usine fermée spécialement équipée, la fabrication est partiellement automatisée ; en raison du caractère délicat de certaines opérations, elle nécessite un autocontrôle.

La mise en œuvre nécessite un positionnement précis des éléments de coffrage et un entraînement spécifique des équipes de montage. C'est pourquoi le titulaire du Présent Avis doit assurer une assistance technique à l'utilisation du procédé (diffusion de l'Avis Technique, respect des prescriptions qui y sont attachées) notamment au démarrage des chantiers.

### 2.3 Cahier des prescriptions techniques

#### 2.3.1 Prescriptions de conception

- La conception des murs bétonnés dans les éléments de Coffrage-Structural COFFOR doit satisfaire aux règles du DTU 23.1 et aux règles de calcul données dans la norme EN 1992.
- Les justifications de calcul de stabilité et de résistance doivent être effectuées selon des méthodes habituelles applicable aux structures en béton armé sur la seule section de béton coulé, sans prendre en compte la participation éventuelle de l'acier des faces de coffrage ni des raidisseurs sauf dans la stricte limite des cas prévus au § 5.6 du Dossier Technique. Dans les cas où la très faible section d'armatures verticales requises permet l'utilisation des profilés raidisseurs en tant qu'armatures en phase définitive, il convient toutefois de mettre en œuvre toutes les armatures complémentaires nécessaires pour la transmission des efforts entre panneaux ou entre les panneaux COFFOR et les autres éléments de structure. En outre, dans ce cas, la section des rai-

disseurs ne peut pas être prise en compte pour justifier la résistance des panneaux sous les efforts agissant dans leur plan (contreventement).

- L'utilisation du procédé de Coffrage-Structural COFFOR en zone sismique nécessite une conception et un dimensionnement selon les prescriptions des règles PS 92. La particularité du procédé ne le dispense, à cet égard, d'aucune des vérifications et obligations prévues par ces règles pour les structures en béton armé.
- Les vis de fixation complémentaires des faces coffrantes en métal déployé sur les raidisseurs verticaux doivent être protégées contre la corrosion (zingage ou cadmiage).
- La mise en œuvre de l'enduit extérieur doit satisfaire aux prescriptions de l'article 9.2. du DTU 26.1.

### 2.32 Prescriptions de fabrication.

Pour mémoire

### 2.33 Prescriptions de mise en œuvre

- La mise en œuvre du béton doit être conforme au Cahier des Charges du DTU 23.1.
- Le procédé doit être mis en œuvre par des entreprises qualifiées ayant suivi une formation spécifique.
- On doit corriger la fluidité du béton lorsque les fuites de laitance ont tendance à devenir excessives.
- Pour une utilisation dans les DOM-TOM, les conditions de mise en œuvre de l'enduit extérieur sont celles qui s'y appliquent pour les supports traditionnels.

## Conclusions

### Appréciation globale

L'utilisation de ce procédé dans le domaine d'emploi accepté est appréciée favorablement.

### Validité :

jusqu'au 01 juillet 2016

*Pour le Groupe Spécialisé n° 16*  
*Le Président*  
Eric DURAND

## 3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

La présente révision ne vise plus la solution de liaisonnement par étriers en zigzag décrite dans le précédent Avis Technique.

Il est rappelé que ce procédé présente la particularité de mettre en œuvre un coffrage dit « drainant », c'est à dire non étanche. Des essais ont montré que moyennant les dispositions décrites dans le Dossier Technique et concernant notamment la maîtrise de la fluidité du béton coulé, cette particularité n'affaiblissait pas la résistance du béton coffré.

La présente révision rend possible, dans certains cas, la prise en compte des profilés raidisseurs verticaux pour les justifications de résistance en phase définitive. Cette possibilité est strictement limitée aux cas décrits au § 5.6.1 du dossier technique et dans les conditions prévues au CPT de l'Avis.

Le Groupe attire l'attention sur la complexité de mise en œuvre des armatures complémentaires dans le cas où elles le seraient sur des hauteurs dépassant celle courante d'un étage et/ou sur des longueurs importantes rendant difficile l'introduction des armatures horizontales entre les raidisseurs et les armatures verticales.

Par ailleurs, l'utilisation du procédé en zone sismique est assujettie au respect des règles de conception et de dimensionnement prévues pour les ouvrages traditionnels en béton armé dans le cadre des règles PS 92 et sans qu'il puisse être dérogé à aucune d'entre elles.

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n°16*  
Nicolas RUAUX

# Dossier Technique

## établi par le demandeur

## A. Description

### 1. Destination et principe

Le procédé de mur à coffrage structural intégré COFFOR, dénommé Coffrage-Structural COFFOR, est destiné à la réalisation de murs d'immeubles d'habitation, de bureaux, industriels et commerciaux, d'établissements publics.

Il se caractérise par l'utilisation d'un coffrage structural perdu qui peut contribuer à la résistance de l'ouvrage fini. A l'intérieur du coffrage, il est possible d'intégrer des armatures.

Le Coffrage-Structural COFFOR permet de réaliser des parois de forme et épaisseur variées, porteurs ou non. Il peut s'appliquer aussi bien en murs intérieurs qu'extérieurs.

Le Coffrage-Structural COFFOR est constitué de deux panneaux, reliés entre eux par des connecteurs en acier placés tous les 20 cm et perpendiculaires aux parois. Ces connecteurs assurent la stabilité des parois vis-à-vis de la poussée du béton frais. Chacun des panneaux se compose d'une ossature verticale en profilés de tôles d'acier galvanisé sur laquelle est sertie une peau en métal déployé.

La fabrication du Coffrage-Structural COFFOR est assurée par un ensemble de machines à partir de feuillards d'acier galvanisé, de rouleaux d'acier pour les connecteurs et d'armatures d'acier lisse.

L'assemblage des panneaux est réalisé en usine à l'aide de machines spécifiques.

Le système de Coffrage-Structural COFFOR peut être mis en œuvre seul ou s'associer à des composants tels que huisseries et précadres, voire blocs menuisés complets. Il autorise les incorporations et réservations de tous types : tuyauteries, électricité, téléphone, TV,...

Ses parements peuvent être revêtus :

- côté extérieur, soit par un enduit projeté, soit par une vêtue avec, dans ce cas, des dispositions constructives conformes à celles préconisées par l'Avis Technique de la vêtue utilisée,
- côté intérieur, soit par un enduit projeté, soit par un parement en plaques collées ou vissées, soit par un parement de doublage.

### 2. Matériaux (cf. figure 1)

#### 2.1 Composition du système de coffrage structural COFFOR

##### **Parement : 1 Grille drainante**

Métal déployé réalisé à partir d'un feuillard d'acier R 240 en acier galvanisé à chaud Z 275 (Norme NF A 36 321), épaisseur minimum 0,42 mm ; dimensions standard 1100 mm x 600 mm, nervures tous les 100 mm.

##### **Ossature : 2 Raidisseurs verticaux**

Profilés pliés à froid à partir d'un feuillard d'acier R 240 en acier galvanisé à chaud Z 140 (norme NF A 38-322), d'épaisseur minimum de 0,6 mm avec 4 nervures longitudinales et un double repliement aux extrémités pour améliorer la rigidité. Les raidisseurs ont une section d'acier de 60 mm<sup>2</sup> qui est équivalente à une armature de 8 mm de diamètre. Ils sont placés tous les 20 cm (entraxe). Lorsque 2 panneaux sont juxtaposés, ces profilés sont espacés de 5 à 8 cm (entraxe).

##### **Liaison: 3 connecteurs horizontaux**

Feuillard d'acier R 240 en acier d'épaisseur minimum de 1.4 mm et de largeur minimum 14 mm.

##### **Armatures horizontales:**

Armatures en acier lisse B400 ou équivalent de  $\varnothing$  5 mm minimum qui traversent les profilés tous les 20 cm en alternance.

#### 2.2 Rôle des éléments constituant le coffrage structural COFFOR

##### **Rôle des connecteurs**

Les deux faces du Coffrage-Structural COFFOR sont reliées par des connecteurs disposés tous les 20 cm en alternance. La disposition des connecteurs confère un confinement favorable au bon comportement du béton sous sollicitation sismique.

##### **Rôle des profilés raidisseurs**

Les profilés jouent un triple rôle :

- Raidissement des parois, ce qui est indispensable pour une maniabilité aisée lors du transport et de la mise en place
- Tenue des parois en phase provisoire sous la poussée due au béton frais.
- Contribution à la résistance du mur en phase définitive compte tenu de leur adhérence au béton.

##### **Rôle du métal déployé**

Le métal déployé laisse échapper par gravité l'eau excédentaire du béton. Compte tenu de la présence des raidisseurs d'une part, du métal déployé d'autre part, de leur bonne adhérence au béton et de leurs sections respectives, le procédé de Coffrage-Structural COFFOR ne nécessite pas la mise en œuvre d'un treillis anti-fissuration.

### 3. Constitution du Coffrage-Structural COFFOR

Pour la mise en œuvre des bâtiments avec Coffrage-Structural COFFOR, il y a lieu de prendre en compte les facteurs suivants :

- la géométrie de l'ouvrage
- le type de murs
- l'association éventuelle au système de composants pour ouvertures
- le type de revêtement

#### 3.1 Géométrie de l'ouvrage

Le Coffrage-Structural COFFOR est composé d'éléments disposés l'un à côté de l'autre de manière à constituer, sur les deux parements, un ensemble continu. Pour s'adapter à la géométrie, on dispose de panneaux standard de 110 cm de large et 90 cm de large

Lorsque la longueur du mur ne correspond pas exactement à ces dimensions ou à une de leurs compositions, ils sont découpés sur le site avec une disqueuse.

Les angles sont laissés ouverts afin de permettre l'introduction de renforts locaux (poteaux d'angle). Ils sont ensuite fermés par des pièces d'angles de la hauteur du mur. De la même manière, pour réaliser un mur de refend, les panneaux sont juxtaposés de façon à permettre l'introduction aisée des armatures de renfort.

Verticalement, le coffrage est adapté à la hauteur du mur et le cas échéant à l'épaisseur de la dalle de plancher (figure 2).

#### 3.2 Type de mur

Les hauteurs des murs réalisés avec le Coffrage-Structural COFFOR sont variables selon le besoin. Les deux faces du coffrage sont semblables. Les étriers permettent le repli du panneau pour le transport.

#### 3.3 Association au Coffrage-Structural COFFOR, des composants pour ouvertures

Une alternative intéressante, pour simplifier l'exécution, peut être l'incorporation, lors de la mise en place des panneaux de composants d'ouverture plus ou moins complets. Dans tous les cas, ceux-ci doivent être compatibles avec le Coffrage-Structural COFFOR soit, en particulier :

- reconduire et prolonger les dispositions constructives de celui-ci (reprise de la poussée du béton) ;
- rester homogène avec les caractéristiques de la mise en œuvre du Coffrage-Structural COFFOR;
- être compatibles avec les tolérances dimensionnelles et les prises de jeu au bétonnage du Coffrage-Structural COFFOR;
- tolérer les contraintes de la mise en œuvre du Coffrage-Structural COFFOR liées en particulier au pouvoir drainant des faces coffrantes.

D'une manière générale, on constate que l'incorporation des ouvertures permet de traiter avec une meilleure qualité la fixation de la menuiserie sur l'ouvrage (à noter que la fixation de la menuiserie s'effectue à l'aide de pattes ou équerres renforcées d'une longueur telle que les ancrages dans le béton s'effectuent au-delà du raidisseur vertical de rive du panneau contigu).

## 4. Fabrication

Le Coffrage-Structural COFFOR est fabriqué par la société COFFOR CONSTRUCTION TECHNOLOGY PRIVATE LIMITED Chandan Metal Compound, Gorwa Road, 390016 Vadodara (Inde). Les machines

utilisées sont d'origine américaine. La fabrication des panneaux de Coffrage-Structural COFFOR est faite à l'aide de machines spécifiques. Les usines sont organisées et équipées pour:

- assurer la réception des matières premières (feuillard d'acier et fil d'armature)
- fabriquer en continu les composants (métal déployé, raidisseurs et étriers)
- assembler le coffrage (suivant composition)
- conditionner le coffrage (pour expédition)

Les matières premières en provenance des différents fournisseurs sont réceptionnées et contrôlées à l'arrivée à l'usine.

- La fabrication du métal déployé comporte 4 opérations :
  - Après chargement du feuillard, la presse entaille le métal en continu.
  - Les nervures qui renforceront le métal déployé sont formées
  - Le métal est déployé
  - Au bout de la chaîne, le métal est coupé à la longueur voulue et placé sur une table de transfert.
- La fabrication des raidisseurs comporte 3 opérations
  - après chargement du feuillard, la presse entaille le métal en continu
  - Les nervures qui renforceront le métal déployé sont formées
  - Le métal est déployé
  - Au bout de la chaîne, le profilé est coupé à la longueur voulue
- La fabrication des connecteurs comporte deux opérations
  - Le feuillard d'acier est percé et nervuré
  - Il est coupé à la longueur voulue et tombe dans un bac qui sera transporté auprès des tables d'assemblage
- La fabrication des armatures horizontales est faite en trois étapes :
  - Le fil est d'abord redressé en continu et coupé à la longueur selon le plan de fabrication
  - Les fils une fois redressés sont introduits dans une machine qui les pliera et les coupera selon les besoins
  - Les fils pliés sont placés sur une table de travail qui sera transportée auprès des tables d'assemblage
- Le sertissage des profilés avec le métal déployé est fait par une machine à sertir comprenant deux plans de travail. Les composants sont chargés sur un plan de travail pendant que la table à sertir se déplace sur des guides pour sertir les profilés et le métal déployé. La table à sertir produit des panneaux simples. Les panneaux simples font l'objet d'un contrôle qualité pour vérifier le bon sertissage. En cas de besoin, des vis pourront être ajoutées aux sertissages qui sembleraient fragiles.
- L'assemblage du coffrage double comporte :
  - La mise en place des connecteurs sur des guides
  - Le positionnement des panneaux simples
  - L'insertion des armatures horizontales et leur pliage
  - Les panneaux assemblés font l'objet d'un deuxième contrôle de qualité.
  - Le conditionnement pour expédition comprend : e sertissage des profilés avec le métal déployé est fait par une machine à sertir comprenant deux plans de travail. Les composants sont chargés sur un plan de travail pendant que la table à sertir se déplace sur des guides pour sertir les profilés et le métal déployé. La table à sertir produit des panneaux simples. Les panneaux simples font l'objet d'un contrôle qualité pour vérifier le bon sertissage. En cas de besoin, des vis pourront être ajoutées aux sertissages qui sembleraient fragiles.

Le conditionnement pour expédition comprend:

- le regroupement des coffrages par type,
- la mise sur palettes et cerclages,
- la mise sous emballage

### Contrôle de fabrication

Les coffrages fabriqués subissent :

- un contrôle des dimensions : longueur, largeur et épaisseur.
- un contrôle de composition,
- un contrôle particulier des pattes.

L'ensemble de ces contrôles est effectué suivant fiches de contrôle de qualité par une équipe indépendante.

### Transport

Les panneaux sont transportés en position repliée, sur palettes. Dans le cas de manutention par engins de levage, les palettes sont prises par sangles, avec écarteurs pour ne pas déformer les coffrages situés à la partie supérieure des palettes.

## 5. Mise en œuvre

La procédure de mise en œuvre est simple.

La réalisation d'un mur avec des panneaux de Coffrage-Structural COFFOR se fait facilement par 2 personnes.

Il existe diverses méthodes de mise en place du Coffrage-Structural COFFOR. La méthode décrite ici semble la plus rapide et ne nécessite aucun accessoire particulier si ce n'est un échafaudage de façade et des tréteaux, des planches de bois, du fil de fer galvanisé et une scie circulaire.

### 5.1 Traçage et calage

L'alignement est tracé à la craie des deux côtés. Des planches ou des tasseaux sont cloués au sol pour indiquer le positionnement d'une face des panneaux COFFOR. Il n'est pas nécessaire de faire un deuxième alignement de l'autre face du panneau, bien que ceci puisse faciliter la mise en place.

### 5.2 Positionnement des panneaux – maintien provisoire

Les panneaux de Coffrage-Structural COFFOR sont placés sur les fers d'attente dont on doit au préalable vérifier la bonne verticalité et les redresser si nécessaire.

On maintient verticalement de façon provisoire chaque panneau avec des pièces en bois (tasseaux ou planches) ou en métal (profilés, cornières ou tubes). La longueur minimum de ces éléments de contreventement ne doit pas être inférieure à 1.80 m.

Le positionnement des panneaux de Coffrage-Structural COFFOR doit, de préférence, débiter depuis les angles et depuis les portes.

Lorsque la longueur du mur ne correspond pas à un multiple de la largeur des panneaux, on découpe avec une scie circulaire le dernier panneau pour s'ajuster à la longueur du mur.

### 5.3 Solidarisation des panneaux

Quand tous les panneaux sont posés, on procède à leur solidarisation: des pièces en bois (tasseaux ou planches) ou en métal (profilés, cornières ou tubes) espacés les uns des autres de 1m – 1.50 m environ, sont fixées horizontalement à l'aide de fil de fer. Une planche d'alignement est placée de préférence en haut des panneaux.

Les panneaux adjacents sont ligaturés entre eux tous les 60-80 cm avec du fil de fer.

Les tasseaux horizontaux peuvent être posés d'un seul côté, à l'aide d'un fil de fer qui est ligaturé autour d'un ou de deux raidisseurs des panneaux de Coffrage-Structural COFFOR voisins.

Une autre méthode consiste à placer face à face des tasseaux des deux côtés des panneaux: le fil de fer relie alors les deux pièces à travers le métal déployé.

Ainsi sur un mur de 4,00 m, il y aura quatre rangées de pièces de solidarisation horizontales, y compris le tasseau du bas des panneaux (Figure 3).

### 5.4 Réglage définitif des panneaux

Quand tous les panneaux du mur ont ainsi été montés et solidarisés entre eux, on procède au réglage définitif avec des pièces en bois (tasseaux ou planches) ou en métal (profilés, cornières ou tubes) qui servent de contreventement.

Les pièces de maintien provisoire sont retirées et sont remplacées par les étais définitifs placés tous les 2 m environ.

La verticalité est vérifiée à l'aide du niveau ou du fil à plomb.

### 5.5 Fermeture des chants des portes et des fenêtres

L'ouverture des fenêtres est réalisée avec une scie circulaire

La fermeture des chants des portes et des fenêtres se fait de préférence avec des pièces de bois dont la largeur est égale à l'épaisseur du panneau de Coffrage-Structural COFFOR.

Au cas où plusieurs portes et fenêtres auraient les mêmes dimensions, des gabarits peuvent être réalisés pour gagner du temps.

Cependant la solution la plus rapide et la plus efficace est la pose de pré cadres fournis par le fournisseur de menuiserie.

### 5.6 Mise en place des armatures

Une fois les panneaux bien stabilisés, on procède à la mise en place des armatures complémentaires au Coffrage-Structural COFFOR.

#### 5.6.1 Armatures en partie courante du mur

Dans le cas où la section des armatures verticales de type HA 500 requises par les calculs est inférieure à 1 cm<sup>2</sup>/m, les profilés verticaux du Coffrage-Structural COFFOR peuvent jouer le rôle d'armatures.

Un treillis anti-fissuration n'est pas nécessaire.

S'il est nécessaire d'introduire des armatures horizontales, elles sont glissées et reposent sur les connecteurs.

S'il est nécessaire d'ajouter des armatures verticales complémentaires, ces armatures verticales sont préparées à l'avance et livrées sur le chantier par le fournisseur d'armatures ou bien elles peuvent être façonnées directement sur le chantier.

Les armatures verticales peuvent être groupées par paires reliées entre elles par 2 (ou 3 ou 4 selon la hauteur des murs) barrettes horizontales soudées ou ligaturées aux armatures verticales.

## 5.62 Renfort aux extrémités et au droit des ouvertures (chaînages verticaux)

Les détails du ferrailage dans les angles et autour des ouvertures (chaînage) sont identiques à ceux des murs traditionnels en béton armé.

Après la mise en place des armatures courantes des murs, des barres verticales (poteaux) et des barres horizontales en forme de U sont placées dans les angles et les ouvertures et ligaturées entre elles (Figures 7 et 8).

## 5.7 Fermeture des angles

Les angles sont fermés avec des panneaux d'angle de Coffrage-Structural COFFOR livrés d'usine. En l'absence de panneaux d'angle livrés d'usine, des plaques de métal déployé pourront être pliées sur le site

La fixation des panneaux d'angle se fait de préférence :

- du côté intérieur avec un tasseau placé verticalement sur la hauteur de l'angle. Ce tasseau est ligaturé autour des raidisseurs des panneaux de Coffrage-Structural COFFOR de l'angle
- du côté extérieur avec des équerres espacées entre elles d'un mètre environ et ligaturées autour des raidisseurs. A défaut de panneaux d'angle de Coffrage-Structural COFFOR, on peut mettre des planches de bois pour fermer les angles.

## 5.8 Corps d'état secondaires

Les gaines électriques et la plomberie (chauffage, tuyauterie) peuvent être disposées au milieu des panneaux.

Pour les raccordements (prises, etc.), de petites ouvertures sont aménagées dans le métal déployé

## 5.9 Vérification avant bétonnage

Avant le coulage du béton, il faut vérifier :

- l'alignement du Coffrage-Structural COFFOR
- la bonne mise en place des étais (jambes de force) pour la tenue du Coffrage-Structural COFFOR
- la fermeture des angles, des portes et des fenêtres
- la position du ferrailage
- le passage des corps d'état secondaire
- la propreté de la surface de reprise.

Ces précautions prises contribuent à une bonne qualité et à une constance d'exécution.

## 5.10 Coulage du béton

Le bétonnage se fait avec un béton courant.

Les seules prescriptions particulières au système COFFOR sont :

- dimension des granulats comprise entre 0 et 15 mm afin de garantir un remplissage correct des raidisseurs,
- classe d'étalement F3 ou F4 (diamètre d'étalement entre 40 et 55 mm) selon la norme EN 206-1.
- Pendant la phase de coulage, il faut talocher grossièrement les murs et récupérer l'excédent de béton qui est passé à travers le métal déployé.

Le bétonnage peut se faire à la pompe, à la benne ou à la pelle.

Si le coulage est fait à la pompe, il est préférable de fixer à l'extrémité de la buse un coude et contre-coude, afin d'atténuer la vitesse de chute du béton.

Il convient de surveiller le coulage aux abouts, tableaux et zones ferraiillées, celui-ci pouvant être amélioré au fur et à mesure par une vibration externe au maillet ou par une pervibration à l'aide d'une aiguille. Il faut éviter de mettre l'aiguille en contact avec le métal déployé. Le diamètre de l'aiguille de devra pas dépasser 25 mm.

Les parois en métal déployé du système de Coffrage-Structural COFFOR permettent d'évacuer l'eau en excès au moment du coulage. Le système permet, avec un rapport E/C usuel, de conserver une maniabilité satisfaisante du béton pour le coulage en supprimant certains des effets négatifs liés à l'eau en excès non nécessaire à l'hydratation de la pâte de ciment (ressuage, augmentation du fluage,...).

## 5.11 Finition du mur

A l'extérieur, on peut utiliser des enduits traditionnels de façade hydrauliques ou projetés, dont l'accrochage est également facilité par les aspérités du métal déployé.

La composition de l'enduit, le nombre de couches et leur épaisseur dépendent des règlements en vigueur.

Les revêtements extérieurs de bois, pierre, etc.... sont possibles.

A l'intérieur, on peut par exemple utiliser du plâtre, dont l'accrochage est facilité par les aspérités du métal déployé ou bien coller par plots des plaques de BA 13. Il est naturellement possible de plaquer du bois, du carrelage, du marbre, etc.... Lorsqu'une isolation intérieure est nécessaire, elle peut être directement plaquée sur les murs.

## 6. Revêtements

### 6.1 Revêtements intérieurs

Compte tenu de la rugosité du béton la finition de la face interne est réalisée soit par une plaque de plâtre BA 13 ou autre matériau, collé par plots, soit par un enduit projeté de mortier ciment ou de plâtre, réalisés conformément aux DTU en vigueur.

### 6.2 Revêtements extérieurs

Les conditions d'application sont les mêmes que pour les enduits ou les vêtements sur murs traditionnels.

## 7. Assistance technique

Le procédé est exploité par la société COFFOR France, qui met à la disposition des entreprises désireuses d'utiliser le procédé une assistance technique composée :

- D'une demi-journée de formation théorique sur le site de Toulouse ;
- D'une assistance sur chantier dès le début des travaux et pour toutes les phases de la construction ; Le technicien Coffor est sur le site spécifique basé à Toulouse ;
- D'un manuel de mise en œuvre, disponible sur CD-ROM ;
- D'une présentation vidéo décrivant de façon simple les diverses étapes de mise en place, également disponible sur CD-ROM.

## B. Résultats expérimentaux

### 1. Essais de compression sur trumeau

#### Corps d'épreuves

Des essais de résistances en compression centrée (contrat n° 95-422/01 du 21 février 1996) ont été réalisés au CSTB sur des murs à Coffrage-Structural COFFOR (à l'époque coffrage « DIPY ») de dimensions 220 x 77 x 16 cm sur des éléments courants non isolés.

Des essais de référence ont été réalisés sur des trumeaux en béton non armé sensiblement de mêmes dimensions (220 x 76 x 14).

Dans les deux cas, le béton de remplissage était un béton B25 dont la résistance et le module de déformation ont été mesurés sur éprouvettes cylindriques conservées à l'air dans les mêmes conditions que les trumeaux (contrainte moyenne de rupture 37,0 N/mm<sup>2</sup>).

#### Résultats

Après bétonnage, les trumeaux DIPY (COFFOR) présentaient entre raidisseurs un bombement de flèche maximale de 1 cm vers l'extérieur (épaisseur effective maximale de 18 cm) de sorte que leur épaisseur réelle moyenne a pu être estimée à 17 cm.

La contrainte moyenne de rupture relevée a été de 17,6 N/mm<sup>2</sup> pour les trumeaux DIPY (COFFOR) et de 17,5 N/mm<sup>2</sup> pour les trumeaux de référence, les modules d'élasticité  $E_i$  correspondants étant de 36140 N/mm<sup>2</sup> et 26940 N/mm<sup>2</sup> respectivement.

### 2. Essai de bétonnage

Ces essais ont été réalisés par la société le Coffrage DIPY à Calais, le 15 novembre 1996.

7 panneaux standards témoins ont été bétonnés. Les objectifs étaient :

- de vérifier le comportement au bétonnage avec une formule de béton fluide ;
- de mesurer la déformation des panneaux au droit des raidisseurs verticaux.

#### Corps d'épreuves

Les 7 panneaux standard étaient des coffrages de voiles avec isolant et lame d'air.

Le bétonnage a été fait avec un béton très fluide, d'affaissement au cône d'Abrams voisin de 17 cm.

La mise en place du béton s'est faite avec une benne à manchette de 200 mm de diamètre, en une seule phase de bétonnage pour tous les panneaux.

### Résultats

La réalisation de ces 7 panneaux d'essais permet de faire les remarques suivantes dans chaque domaine.

Même avec une fluidité très importante, les pertes de laitance au travers des mailles du métal déployé restent très limitées.

La déformation du métal déployé se fait sous impact du béton. Il ne se déforme plus lorsque le coffrage se remplit. Dans le cas où une déformation très importante a eu lieu (très rarement), il est possible de la reprendre lorsque tout le voile a été coulé, en repoussant le métal déployé vers l'intérieur par quelques coups de maillet.

---

### 3. Essai de flexion et d'adhérence

---

Deux types d'essais ont été réalisés dans le laboratoire de la Division Etudes et Essais Mécaniques du CSTB en novembre 2002 :

- Essai de flexion d'un panneau COFFOR muni d'étriers en zig-zag pour examiner la participation des raidisseurs à la résistance en flexion.
- Essais d'adhérence des profilés métalliques au béton constitutif des panneaux par traction directe sur les profilés pour différentes longueurs d'ancrages des profilés.

## C. Références

A ce jour, plus de 5 000.000 m<sup>2</sup> ont été réalisés avec le Coffrage Structural COFFOR, majoritairement en dehors des pays de l'union européenne.

Le procédé COFFOR a fait l'objet d'une ATEX favorable pour la réalisation d'une maison individuelle à Tahiti en faisant jouer aux profilés métalliques raidisseurs le rôle d'armatures pour la reprise des efforts de flexion en phase définitive.

Parmi les dernières réalisations en France, on peut citer :

Entreprise	Maitre d'ouvrage	Ville	Quantité (m <sup>2</sup> )	Date
PBC	M. Carlotti	84750 Viens	2000	2008
AMG		13200 Marseille	300	2008
GAUTHIER	DDE	11370 Laucate	500	2008
	Renault	59500 Douai	400	2009
		76000 Rouen	200	2009
DOMEXPERTS		97000 Martinique	2000	2009-2010
		76000 Rouen	400	2010
Auto-construction	M.Miclet	93300 Aubervilliers	400	2008
Auto-construction	GAEC	69510 Thurins	1100	2009

Le procédé a également donné lieu à la réalisation de 16000 m<sup>2</sup> de murs de piscine (hors du champ du présent Avis Technique)

## Figures du Dossier Technique

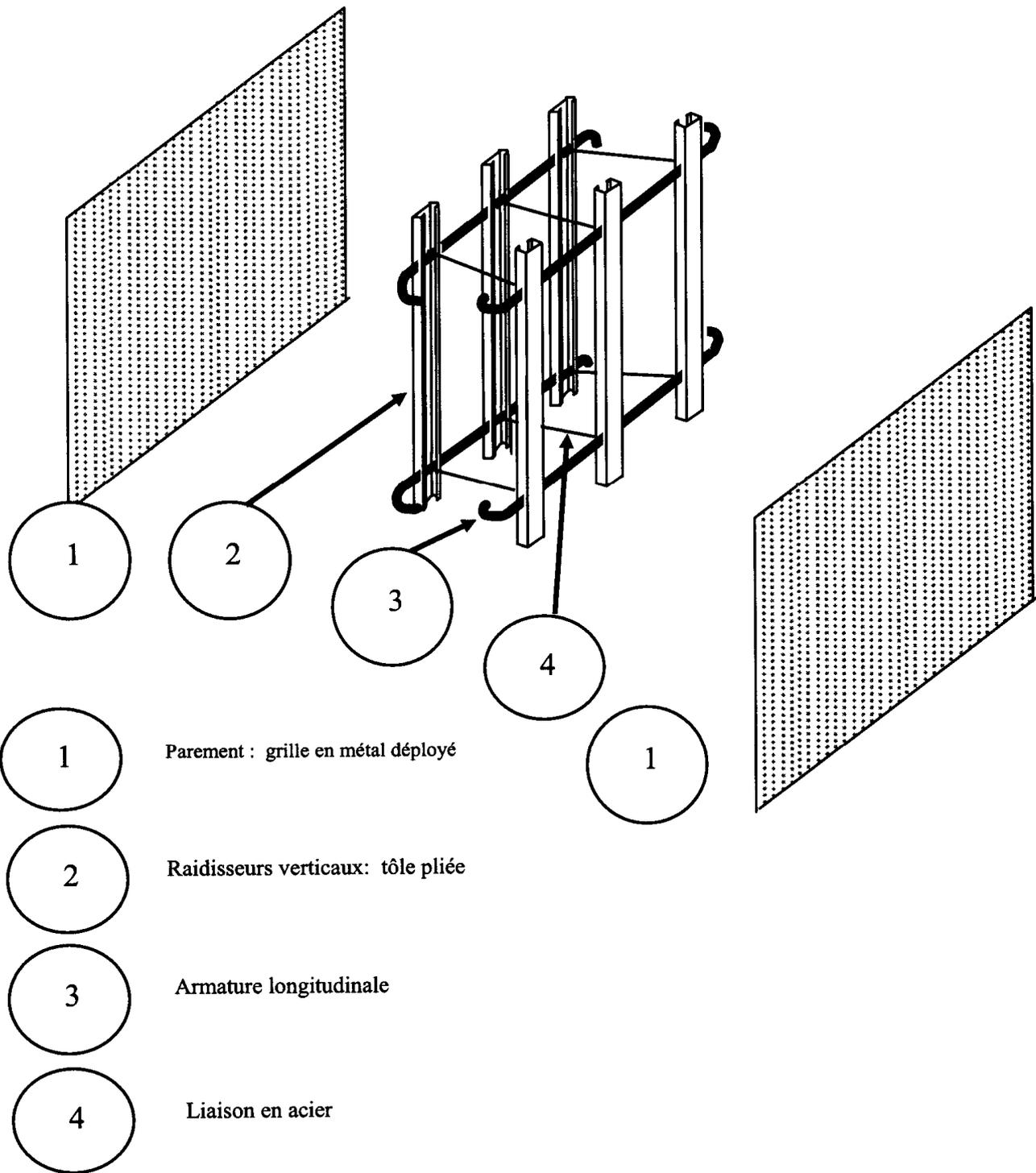


Figure 1 : Diagramme du COFFOR

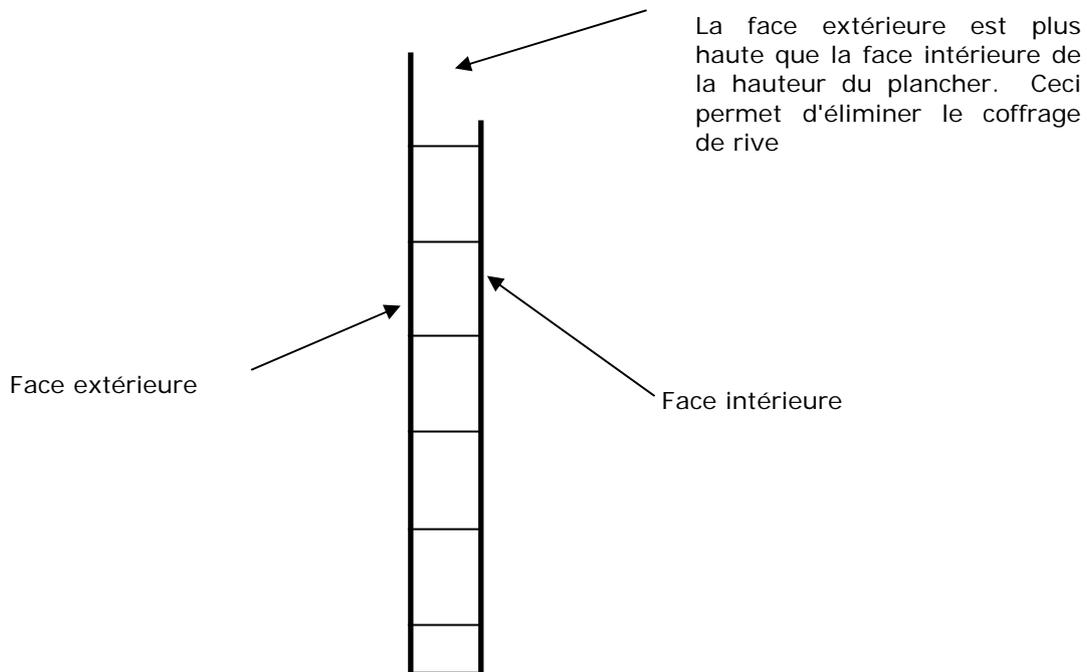


Figure 2: Adaptation du coffrage à la hauteur du mur

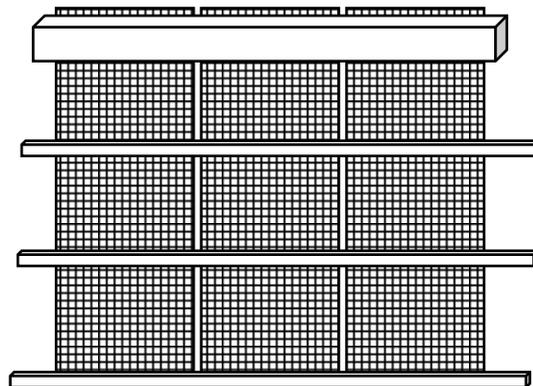
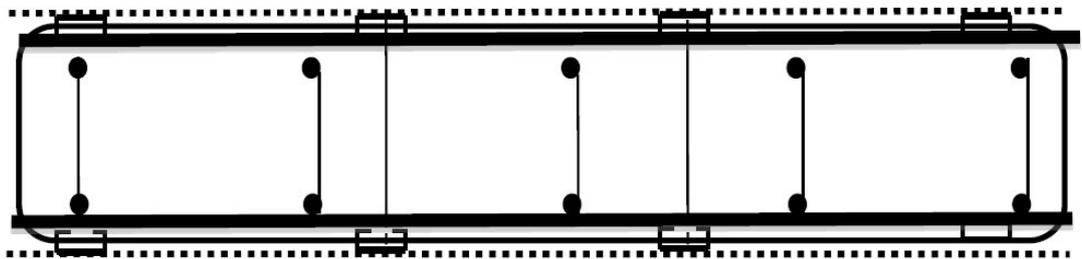
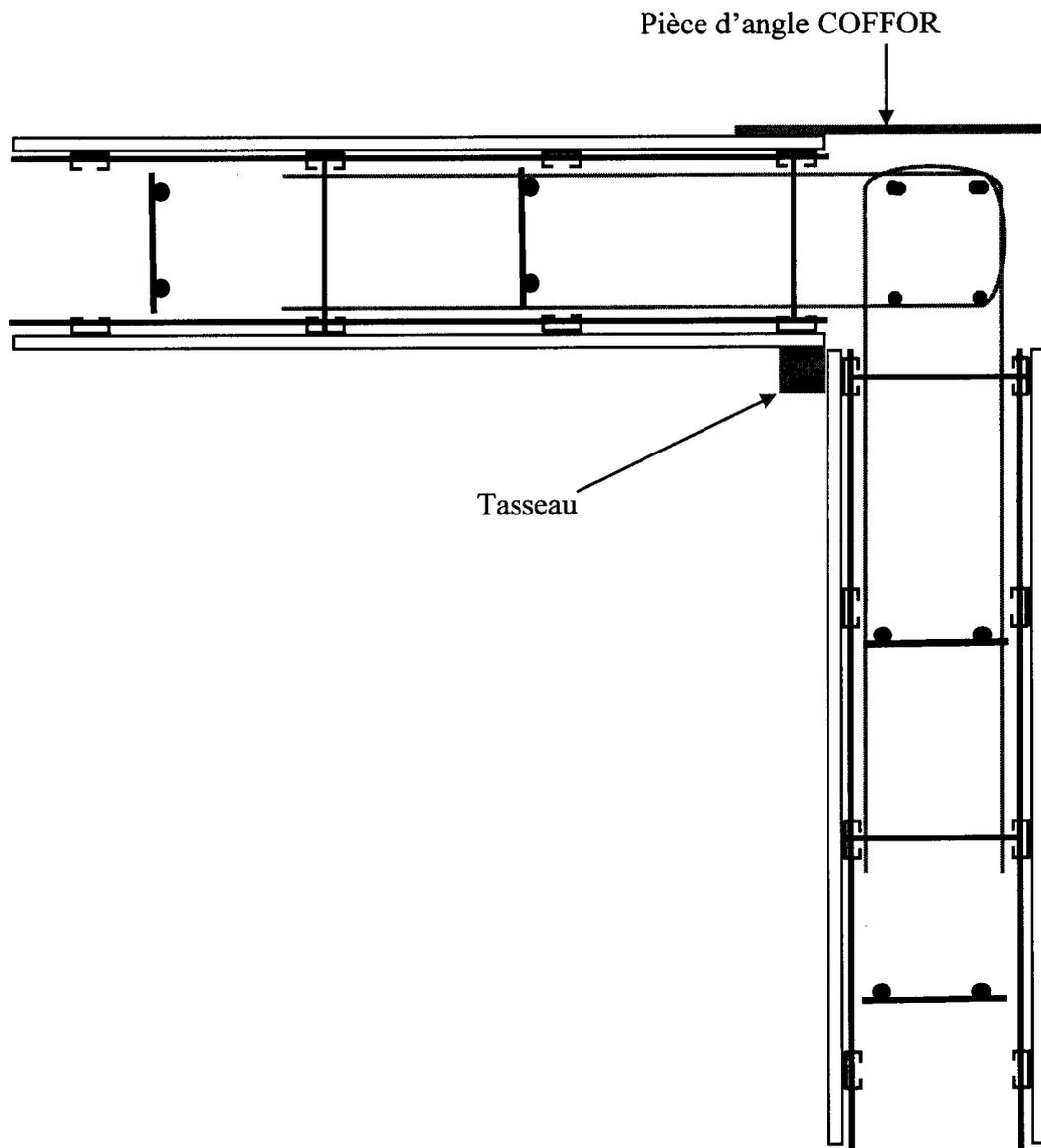


Figure 3: Solidarisation des panneaux

- ..... Métal déployé
- Armature longitudinale du panneau
- Armature horizontale complémentaire ajoutée
- Armature verticale complémentaire ajoutée



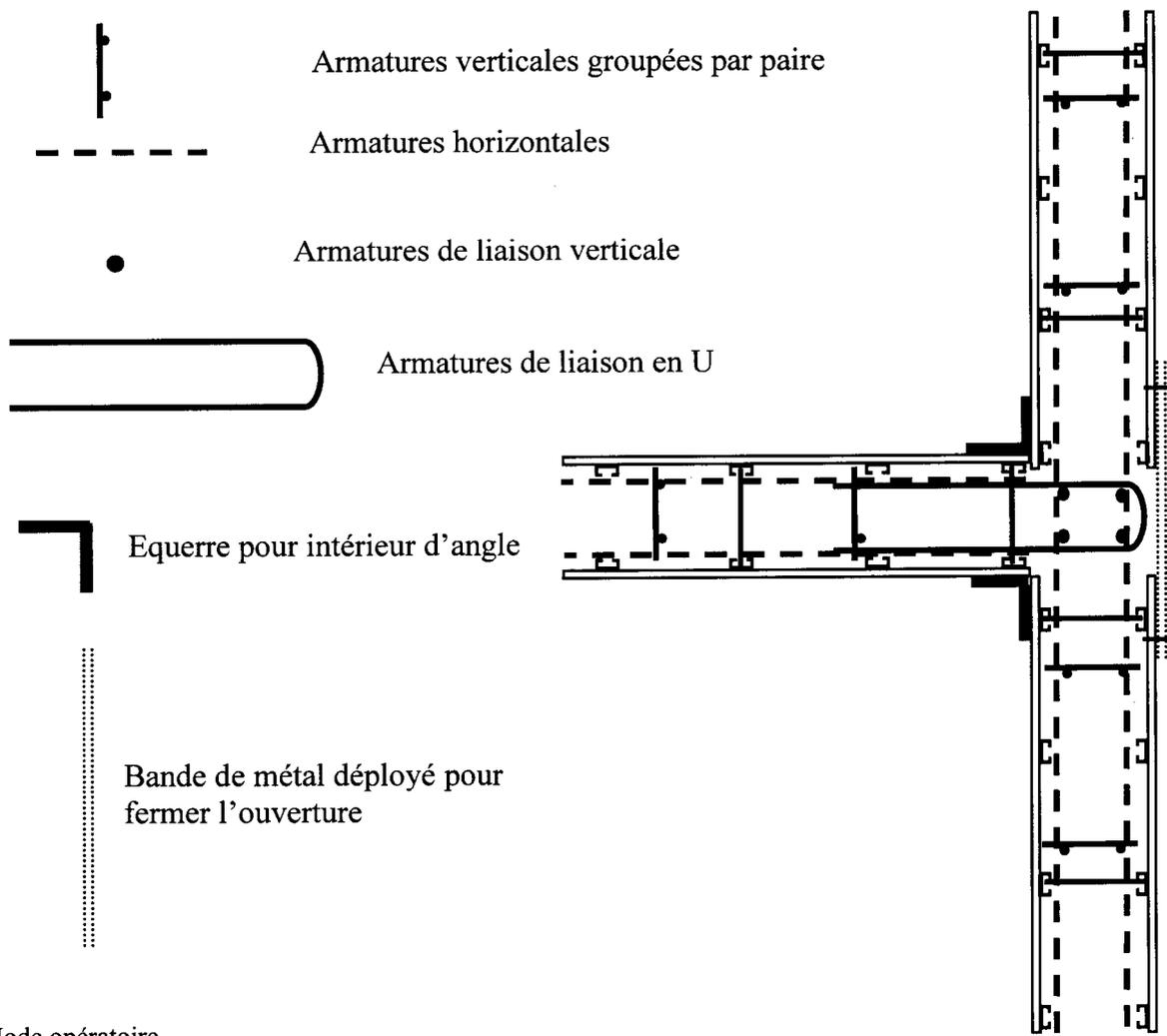
*Figure 4 : Insertion des armatures verticales et horizontales (posées sur les connecteurs)*



#### Mode opératoire pour la mise en place des ferrillages d'angle

1. Mise en place des panneaux COFFOR en laissant l'angle ouvert
2. Vissage d'une planche ou d'une équerre provisoires (retirées après le bétonnage) à l'intérieur de l'angle
3. Mise en place des armatures verticales, soudées par paire, qui sont glissées dans les raidisseurs
5. Positionnement dans l'angle ouvert des armatures verticales de liaison (poteau)
6. Mise en place des barres en U qui sont glissées entre les raidisseurs des panneaux et les armatures verticales des murs. Les barres en U reposent sur les zigzags reliant les deux faces du panneau. Les barres en U sont ligaturées aux armatures verticales de liaison
7. Fermeture de l'angle avec une pièce d'angle COFFOR
8. (OPTIONNEL) Vissage d'équerres provisoires (retirées après le bétonnage) horizontalement à l'extérieur de l'angle. Les équerres provisoires sont placées tous les 100 cm environ

*Figure 5 : Insertion des armatures d'angle*



#### Mode opératoire

1. Mise en place des panneaux COFFOR, en laissant ouvert l'emplacement pour l'insertion des armatures
2. Vissage d'équerres provisoires (retirées après le bétonnage) sur toute la hauteur à l'intérieur des angles
3. Mise en place (si nécessaires et selon les calculs du bureau d'étude) des armatures verticales, soudées par paire, qui sont glissés dans les raidisseurs des panneaux
4. Insertion, dans le mur intérieur, des armatures horizontales qui sont glissées entre les raidisseurs des panneaux et les armatures verticales. Les armatures horizontales reposent sur les étriers reliant les deux faces des panneaux
5. Mise en place des armatures verticales HA de liaison
6. Mise en place, dans le mur intérieur, de barres en U qui sont glissées entre les raidisseurs des panneaux et les armatures verticales des murs. Les barres en U reposent sur les étriers en zigzag reliant les deux faces du panneau. Les barres en U sont ligaturées aux armatures verticales de liaison
7. Insertion, dans les murs de façade, des armatures horizontales qui sont glissées entre les raidisseurs des panneaux et les armatures verticales. Les armatures horizontales reposent sur les étriers reliant les deux faces des panneaux
8. Fermeture de l'ouverture du mur avec des bandes de métal déployé qui sont vissées sur les profilés des panneaux voisins. Les nervures du métal déployées doivent être placées horizontalement.

*Figure 6: Dispositions constructives pour murs intérieurs*