

Avis Technique 1/04-813

Annule et remplace l'Avis Technique n°1/99-745

Mur à coffrage intégré
Incorporated shuttering wall
Wand mit integrierte Schalung

Précoffré Classique

Titulaire : FEHR S.A.
Z.A. Émile Mathis
Route de Froeschwiller
F-67110 REICHSHOFFEN

Tél. : 33 (0) 825 800 818
Fax : 33 (0) 388 803 452
Internet : <http://www.beton-fehr.com>
E-mail : avis-techniques@beton-fehr.com

Usines : FEHR Technologies Préfabrication
Route de Strasbourg – BP 46
F-67242 BISCHWILLER CEDEX

Tél. : 03 88 06 27 90
Fax : 03 88 06 27 91

FEHR Technologies Ile de France SAS
1 chemin du Port
F-77670 VERNOU LA CELLE SUR SEINE

Tél. : 01 60 39 61 70
Fax : 01 60 39 61 71

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

Groupe Spécialisé n° 1
Béton moulé et fixations

Vu pour enregistrement le 21 avril 2005



Secrétariat de la commission des Avis Techniques CSTB, 4, avenue du Recteur-Poincaré, 75782 Paris Cedex 16
Tél. : 01 40 50 28 28 - Fax : 01 45 25 61 51 - Internet : www.cstb.fr

Le Groupe Spécialisé n° 1 de la Commission chargée de formuler des Avis Techniques a examiné le 04 novembre 2004 le procédé de mur à coffrage intégré « Précoffré Classique » exploité par la société FEHR S.A. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Cet Avis annule et remplace l'Avis Technique n° 1/99-745 qui visait ce même procédé. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France Européenne.

1. Définition succincte

Procédé de mur à coffrage intégré constitué de deux parois minces préfabriquées en béton armé, généralement sans acier en attente, maintenues espacées par des raidisseurs métalliques verticaux et servant de coffrage en œuvre à un béton prêt à l'emploi.

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

Les panneaux sont destinés à la réalisation de murs intérieurs et de murs extérieurs complétés en œuvre soit par un système d'isolation thermique par l'extérieur soit par un doublage intérieur isolant.

Les menuiseries sont rapportées en œuvre. Les huisseries métalliques peuvent être incorporées.

Revêtements

- **extérieur** : couche de parement de l'ouvrage d'isolation extérieure ou parement de la paroi extérieure en béton selon le cas.
- **intérieur** : finitions classiques sur béton lisse ou finitions classiques sur doublage isolant selon le cas.

2. Avis

2.1 Domaine d'emploi accepté

Murs de locaux d'habitation, bureaux, établissements recevant du public, locaux industriels comportant un seul niveau de sous-sol (hauteur libre inférieure à 3 m) en situation non immergée et dont l'utilisation ne rend pas obligatoire l'étanchéité de la paroi (sous-sol de deuxième catégorie au sens du DTU 20-1 partie 2 §6.3).

Possibilité d'emploi en zone sismique moyennant les dispositions spécifiques définies dans le Dossier Technique et complétées par les prescriptions techniques correspondantes ci-après.

Les systèmes associés à ce procédé de mur, tels que les systèmes de planchers à prédalles en béton armé raidies par des raidisseurs métalliques, les systèmes d'enduits sur isolant et les systèmes de doublage non traditionnels, qui relèvent d'Avis Techniques spécifiques, ne sont pas visés par le présent Avis.

2.2 Appréciation sur le procédé

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

* Stabilité

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

Pour la construction en zone sismique, la résistance aux efforts tangents des jonctions de rives de panneaux constituant des pans de contreventement ne peut être prise en compte que moyennant l'adjonction en œuvre d'aciers de liaison.

* Sécurité au feu.

Les durées des critères d'exigence coupe-feu ou stabilité au feu d'un mur réalisé selon le procédé « Précoffré Classique » peuvent être justifiées par application des règles de calcul FB (DTU P 92-701) à l'ensemble du mur considéré comme homogène de ce point de vue.

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

Le système permet de l'assurer normalement.

* Isolation thermique

Elle est apportée par le système d'isolation thermique, par l'extérieur ou par l'intérieur, à l'Avis Technique duquel il y a lieu de se référer de

ce point de vue. La vérification est à effectuer selon les « Règles Th-U ».

* Isolation acoustique

A défaut de résultat expérimental, l'indice d'affaiblissement acoustique d'un mur peut être estimé en appliquant la loi de masse à l'ensemble des parois coffrantes et du béton coffré, considéré comme homogène de ce point de vue ; la présence de joints entre parois coffrantes peut être considérée comme sans influence sur cet indice et, par conséquent, leur décalage d'un parement à l'autre n'apporte aucun avantage à cet égard.

En ce qui concerne l'isolement des façades vis à vis des bruits provenant de l'espace extérieur, on estime que le mur de 20 cm de béton, dont l'indice d'affaiblissement acoustique peut être estimé à 54 dB pour un bruit de route, permet d'assurer les isolements prévus par la réglementation en vigueur.

Pour l'application des « Exemples de solutions » destinés à faciliter l'application de la NRA (Nouvelle Réglementation Acoustique) on assimilera ce mur à un mur homogène de même épaisseur en béton coulé sur place.

* Etanchéité des murs extérieurs

Dans le cas de l'isolation par l'extérieur, elle peut être considérée comme normalement assurée moyennant, grâce à un bétonnage très soigneux (utilisation de goulottes de bétonnage notamment) en particulier au voisinage des points singuliers (allèges, raccordements entre panneaux...) l'absence de tout vide entre parois coffrantes et une mise en œuvre de l'ouvrage d'isolation extérieure conforme aux prescriptions de l'Avis Technique spécifique ou du DTU dont il relève.

Dans le cas d'isolation par l'intérieur, elle peut également être considérée comme normalement assurée moyennant les mêmes précautions compte-tenu de la présence en parement extérieur d'une garniture de mastic apte à assurer, au droit des joints, la continuité de l'étanchéité de la paroi extérieure.

* Risques de condensation superficielle

Le système d'isolation thermique par l'extérieur, associé à ce procédé dans les façades à isolation par l'extérieur, permet d'éviter les ponts thermiques courants ; les risques de condensation superficielle sur ces murs sont donc très limités.

Dans le cas d'isolation par l'intérieur, les façades ainsi réalisées comportent, à leur jonction avec un mur de refend et avec un plancher, les mêmes ponts thermiques que les systèmes de murs traditionnels de même configuration, qui risquent de favoriser l'apparition de condensations.

* Confort d'été

Pour la détermination des classes d'inertie thermique quotidienne et séquentielle des logements, qui constituent un facteur important du confort d'été, pris en compte par ailleurs dans le calcul du coefficient de besoins de chauffage des logements les murs extérieurs de ce procédé appartiennent, dans la solution à isolation extérieure, à la catégorie des parois lourdes revêtues d'un isolant extérieur, qui présente l'inertie thermique la plus élevée.

Dans la solution à isolation intérieure, la paroi en béton des façades ne peut pas être prise en compte dans le calcul de l'inertie thermique des logements.

* Finitions-Aspect

Les finitions prévues sont à l'extérieur soit celles d'un enduit sur isolant, soit les finitions classiques sur béton ; à l'intérieur on trouve, en correspondance, soit les finitions classiques sur béton soit les finitions du parement du doublage isolant. Leur comportement ne devrait pas poser de problème particulier si leurs conditions de mise en œuvre satisfont au Cahier des Prescriptions Techniques ci-après. Il ne peut être cependant totalement exclu que, malgré la présence nécessaire d'aciers de liaison, de fines fissures, sans autre inconvénient que leur aspect, se manifestent au droit de certains joints entre panneaux de coffrage non revêtus.

2.2.2 Durabilité-Entretien

Moyennant les précautions de fabrication et de mise en œuvre, et les limitations précisées dans le Cahier des Prescriptions Techniques, les

murs de ce procédé ne devraient pas poser de problème particulier de durabilité. Il est entendu que, pour les ouvrages d'isolation associés, il y a lieu de se référer, cas par cas, soit à l'Avis Technique spécifique dont ils relèvent lorsqu'ils ne sont pas traditionnels, soit au DTU les concernant lorsqu'ils sont traditionnels. En ce qui concerne la garniture de mastic disposée dans les joints extérieurs des façades à isolation intérieure, sa réfection est à prévoir selon une périodicité de 15 à 20 ans lorsqu'elle est directement exposée et une périodicité un peu plus longue lorsqu'elle est protégée par une garniture de mortier.

2.23 Fabrication

Réalisée en usine fermée spécialement équipée, la fabrication des panneaux de coffrage, qui fait appel aux techniques de la préfabrication lourde bénéficie, pour la partie béton, de la précision que permet une automatisation poussée. La pose et le maintien en place des armatures, effectuées manuellement, nécessitent une surveillance attentive.

2.24 Mise en œuvre

Effectuée par des entreprises agréées par le titulaire de l'Avis qui leur livre les panneaux de coffrage, elle présente d'importantes différences par rapport aux méthodes traditionnelles définies dans le DTU n° 23.1, entre autres :

- présence de raidisseurs segmentant le volume à bétonner ;
- épaisseur du béton de remplissage inférieure à 12 cm lorsque l'épaisseur totale du mur est inférieure à 22 cm ;
- absence de vibration du béton ;
- limitation à l'épaisseur du seul voile coulé en œuvre des sections de continuité en rives des panneaux ;
- relative difficulté de mise en place d'aciers de continuité dans les jonctions verticales.
- impossibilité d'observer la qualité du bétonnage.

Ces caractéristiques engendrent des limitations précisées dans le Cahier des Prescriptions Techniques ; elles nécessitent en outre de l'entreprise de mise en œuvre des précautions particulières et un entraînement des équipes de montage. Le titulaire de l'Avis fournira aux entreprises un Cahier des charges de montage et mettra à leur disposition, sur leur demande, des possibilités de formation du personnel. Il leur diffusera le contenu du présent Avis Technique et notamment le domaine d'emploi accepté et les prescriptions techniques dont il est assorti.

2.3 Cahier des Prescriptions Techniques.

2.3.1 Prescriptions techniques communes aux procédés de mur ou de gros œuvre.

(cf. Cahier du C.S.T.B. n° 2159, livraison 279 référence 0).

Le paragraphe A1 "stabilité" est remplacé par le paragraphe 2.3.2.1 des prescriptions techniques particulières ci-après.

2.3.2 Prescriptions techniques particulières au procédé Précoffré Classique

2.3.2.1 Conditions de conception

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

2 - Pour évaluer la résistance en compression du mur composite constitué par l'ensemble des panneaux de coffrage et du béton coulé en œuvre, on procédera

- selon les vérifications décrites dans le DTU 23.1 avec

en partie courante f_{eq28} résistance caractéristique équivalente du béton du composite égale au minimum des valeurs $f_{c,cof}$ (résistance caractéristique du béton de coffrage) et $f_{c,rem}$ (résistance caractéristique du béton de remplissage),

au droit du joint horizontal en pied des poteaux et murs f_{eq28} égale au minimum des valeurs $f_{c,cof}$, $f_{c,rem}$ et

$$f_{c,j} = (0,67 \times s_p \times f_{c,cof} + s_n \times f_{c,rem}) / s$$

avec « s_p » section des parois coffrantes, « s_n » section du noyau de béton coulé sur place et « s » section totale du poteau ou mur,

- ou de la façon suivante :

Les vérifications de calcul sous sollicitations normales seront effectuées selon les méthodes de calcul CEB - CIB - UEAtc référencées

dans les Prescriptions Techniques Communes. L'effort limite ultime $N_{u \text{ lim}}$ sera calculé ainsi :

$$N_{u \text{ lim}} = \frac{\varphi(\bar{e}_o, \bar{\lambda}) B f_{eq28}}{\gamma_b}$$

$\varphi(\bar{e}_o, \bar{\lambda})$: fonction de flambement (cf diagramme n° 0, p. 33 du Cahier du CSTB 1319, juin 1975, ci-joint).

\bar{e}_o = 0,05 dans le cas de chargement conçu comme centré

= 0,05 + $\frac{e}{h}$ dans le cas de chargement excentré,

"e" étant la valeur de l'excentricité de calcul à mi-hauteur de mur (calculée en tenant compte de la réduction de la section d'appui sur plancher due à la présence des garnitures d'étanchéité, le cas échéant).

$$\text{Elancement du mur : } \bar{\lambda} = \frac{\ell_f}{h\sqrt{\alpha}}$$

avec ℓ_f = longueur libre de flambement

h = épaisseur totale du mur

$$\alpha = \frac{E_o}{f_{eq28}}$$

E_o = module initial de déformabilité du béton

f_{eq28} = résistance caractéristique du béton

B : section totale du mur composite
avec B = $B_{cof} + B_{rem}$

B_{cof} = section du béton de coffrage

B_{rem} = section du béton de remplissage

f_{eq28} : résistance caractéristique équivalente du béton du composite

$$f_{eq28} = \frac{f_{c \text{ cof}} B_{cof} + 0,3 f_{c \text{ rem}} B_{rem}}{B}$$

$f_{c \text{ cof}}$ = résistance caractéristique du béton de coffrage

$f_{c \text{ rem}}$ = résistance caractéristique du béton de remplissage

$$\gamma_b = 1,5$$

3 - Dans le cas des murs de rives en sous-sol, sauf à rétablir par armatures rapportées la continuité des raidisseurs, les jonctions horizontales des panneaux sont à considérer comme articulées. Les armatures de flexion de ces murs doivent être incorporées dans le voile de coffrage tendu. Des poteaux verticaux, disposés à un espacement compatible avec un effet de plaque, peuvent utilement être utilisés en renfort, le cas échéant.

Compte tenu de ce que la contrainte maximale de compression est localisée dans la paroi coffrante comprimée par la flexion, la vérification de la sécurité à l'ELU peut être effectuée en combinant les contraintes sur la paroi la plus comprimée provenant des charges verticales appliquées à la section équivalente « Beq » déduite de la formule ci-avant de calcul de la résistance (soit $Beq = B_{cof} + 0,3 B_{rem}$) et les contraintes de flexion engendrées sur cette même paroi par l'effort de flexion (poussée des terres), la résistance caractéristique de cette paroi étant $f_{c \text{ cof}}$

4 - Pour justifier la résistance et la déformabilité des murs aux efforts de flexion, on ne doit prendre en compte que la continuité que peut assurer le cas échéant la section de béton coulée en œuvre convenablement complétée par l'adjonction d'armatures de continuité

5 - En zone sismique, sauf justifications (décrites au paragraphe 3.4 du Dossier Technique) des jonctions entre murs précoffrés (au cisaillement et à la compression) et de la stabilité d'ensemble, les murs réalisés en Précoffré Classique participant au contreventement de l'ouvrage doivent comporter au droit des jonctions verticales, des poteaux dans lesquels sont incorporées des armatures horizontales de continuité ancrées au-delà des raidisseurs de rives dans le cas où l'on prend en compte un diaphragme continu au droit de ces jonctions ; dans ce cas les poteaux doivent comporter au

moins une face accessible avant bétonnage et visible après décoffrage ; les prédalles de plancher doivent être calepinées en conséquence et comporter une échancrure pour le passage des aciers de continuité.

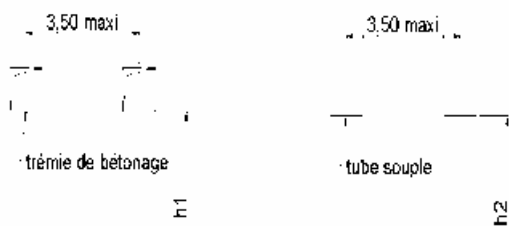
- 6 - On ne peut rapporter des armatures de poteau inaccessibles entre panneaux de coffrage que lorsque l'épaisseur du béton coulé en œuvre est au moins de 14 cm.
- 7 - On doit rapporter, dans la section de béton coulée en œuvre, pour les murs de façade comme pour les murs intérieurs, les armatures minimales de comportement définies pour le cas des murs intérieurs dans le DTU 23.1 (cahier des clauses techniques).
- 8 - Dans le cas de murs en béton armé, les armatures incorporées dans les voiles de coffrage peuvent être prises en compte dans le pourcentage minimal imposé par le DTU 23.1 pour les armatures verticales et horizontales.
- 9 - La hauteur maximale de chute libre du béton de remplissage des murs n'excèdera pas les valeurs définies dans le tableau ci-après en fonction de l'épaisseur minimale du béton coffré.

Lorsque les hauteurs de panneaux sont supérieures à cette hauteur maximale et ne permettent donc pas le bétonnage par le haut des panneaux, le bétonnage doit être réalisé par introduction d'un tube souple dans le vide coffré (lorsque l'épaisseur du vide le permet) ou par une lumière pour trémie latérale respectant cette même hauteur limite. De plus, dans ce cas, les lumières pour trémie latérales de bétonnage doivent être espacées d'au plus 3,50 m et l'on doit s'assurer du bon remplissage des coffrages par l'examen des joints verticaux entre panneaux, par le contrôle du volume du béton déversé ainsi que par une observation directe par les ouvertures éventuelles dans les panneaux.

Pour les épaisseurs de panneaux intermédiaires, la hauteur de bétonnage sera définie par interpolation.

Epais. Mini béton coffré	7	9	11	14	17	19	21	24	29
Hauteur maxi de bétonnage en m	3,5	4,0	5,0	5,2	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
h1 maxi sous Trémie *	3,5	4,0	5,0	5,2	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
h2 maxi sous tube souple *				5,2	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5

* Voir croquis ci-après



- 10 - Dans les joints verticaux exposés aux intempéries, on doit justifier la compatibilité entre la garniture d'aspect éventuelle en mortier plastique et la garniture d'étanchéité en mastic élastomère.
- 11 - Les pointes de pignon non contreventées par ailleurs doivent être fixées à la charpente, qui doit être contreventée en conséquence.
- 12 - Dans le cas de calfeutrement des joints de murs, tenir compte pour la justification des murs de la réduction de section de béton au droit de ces joints.
- 13 - Sauf justification explicite de la stabilité des panneaux, les joints horizontaux entre panneaux doivent se situer au droit des planchers, et en aucun cas entre deux planchers.

2.322 Conditions de fabrication

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

L'enrobage minimal effectif des armatures dans les parois exposées aux intempéries peut être réduit à 2 cm moyennant un dosage minimal de 350 kg/m³ de ciment CPA-CEM I, une résistance caractéristique du béton f_{c28} de 40 MPa et un contrôle en usine, au moyen d'un pachomètre, de l'enrobage effectif résultant.

Le béton des panneaux de coffrage doit faire l'objet d'un contrôle régulier.

2.323 Conditions de mise en œuvre

Le bétonnage en œuvre doit être réalisé en fonction de l'épaisseur et de la hauteur des panneaux conformément aux dispositions définies dans le Dossier Technique et aux prescriptions du paragraphe 2.3.2.1.9 ci avant. Avant de procéder au bétonnage, les parois coffrées doivent être humidifiées, au jet d'eau par exemple ; tout excès d'eau en pied de coffrage doit être évacué avant bétonnage. On doit s'assurer avant bétonnage, que les dispositifs d'étanchéité des coffrages en rive basse et dans les joints verticaux ont été correctement mis en place.

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

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

Les systèmes d'isolation par l'extérieur et les systèmes d'isolation par l'intérieur doivent être mis en œuvre conformément aux Avis Techniques qui les concernent.

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi visé est appréciée favorablement.

Validité

Jusqu'au 30 novembre 2010

Pour le Groupe Spécialisé n° 1
Le Président

Ph. CUNIN

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Ce procédé, qui associe la préfabrication en usine et le bétonnage en œuvre des murs, se différencie nettement de chacune de ces deux techniques. C'est pourquoi l'Avis Technique attire l'attention sur les précautions particulières à prendre, dans la conception des ouvrages comme dans leur réalisation, pour laquelle le titulaire de l'Avis doit être en mesure de fournir aux entreprises un Cahier des charges et des possibilités de formation du personnel.

Les principales différences que présente le procédé par rapport aux solutions traditionnelles de béton banché sont constituées essentiellement par des difficultés spécifiques concernant la mise en place d'armatures de continuité. Des dispositions spécifiques d'armatures rapportées permettent de compenser dans une certaine mesure cette discontinuité mais leur application, qui nécessite du soin, ne doit en aucun cas être improvisée lors du montage des murs.

Le fournisseur des murs précoffrés doit s'assurer de la compatibilité du calepinage et de l'éclissage des joints avec le mode de fonctionnement du voile béton substitué après avoir procédé au découpage des murs en panneaux, la démarche inverse étant prohibée.

Ce sont les joints entre coffrages qui apparentent le plus ce procédé aux systèmes de panneaux préfabriqués, particulièrement dans le cas de murs de façade à isolation intérieure qui appellent un traitement spécifique de ces joints du point de vue de leur étanchéité à l'eau. Il

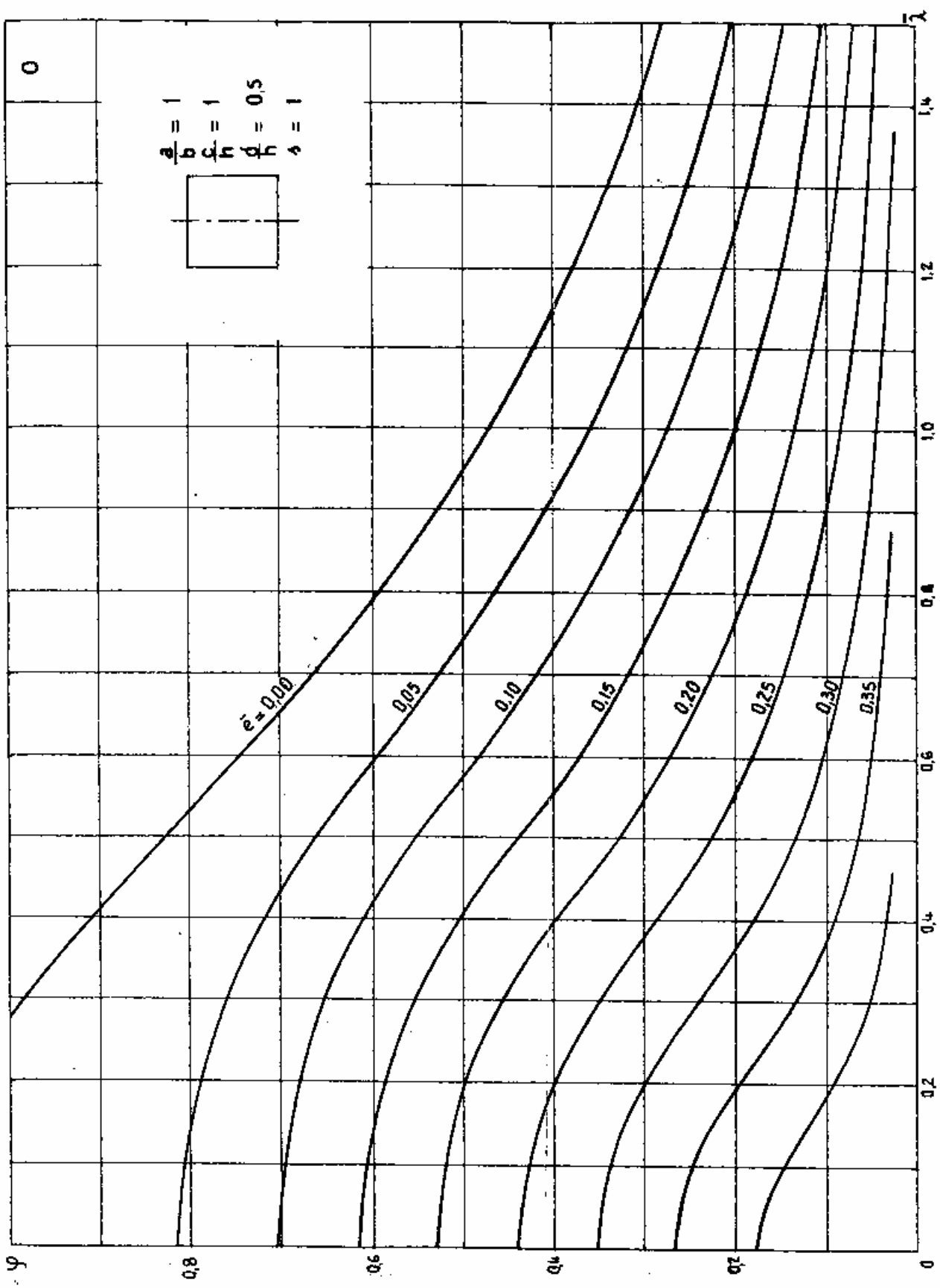
est cependant noté qu'en raison de la fréquence des raidisseurs verticaux, les variations d'ouverture susceptibles d'affecter les joints tant verticaux qu'horizontaux et donc de solliciter la garniture de mastic correspondante ne peuvent être que très limitées dans des murs de façades ainsi réalisés, ce qui est favorable à la durabilité de cette garniture.

La présente révision incorpore des dispositions pour l'utilisation des Précoffrés Classiques en poutre-voiles, poutres et poteaux décrites dans le Dossier Technique, ainsi qu'une méthode de justification des joints horizontaux et verticaux sous différents types de sollicitation, et notamment sous sollicitation sismique.

L'utilisation en murs de soutènement et plus généralement en murs encastrés, n'est pas visée.

Le Rapporteur du Groupe Spécialisé n° 1

E. DAVID



Dossier Technique

établi par le demandeur

A Description du procédé

1. Destination et principe

Le procédé « Mur Précoffré Classique » est destiné à la réalisation de murs à coffrage intégré porteurs ou non porteurs en sous-sol et en superstructure, de murs de refends, de façades, poutres voiles, de poutres et de poteaux.

Ils sont utilisables en locaux d'habitation, bureaux, établissements recevant du public ou autres locaux de type industriel.

Les panneaux coffrants sont destinés à être remplis avec du béton coulé sur place et constitués de deux parois préfabriquées en béton armé d'une épaisseur de 4 à 7,5 cm selon le cas, reliées par des raidisseurs métalliques de section triangulaire ou carrée espacés de 60 cm au maximum (cf. figure 1).

Les Murs Précoffrés peuvent être associés à divers éléments de structure : poteaux et poutres préfabriqués ou coulés en place, prédalles, dalles alvéolaires,...

Les liaisons verticales entre Murs Précoffrés sont assurées par des armatures rapportées disposées dans la partie coulée en œuvre, ou par des armatures intégrées aux murs.

Des armatures de poteaux, longrines, linteaux, encadrements d'ouvertures peuvent être incorporées aux Murs Précoffrés ou rapportées sur chantier. De même, les huisseries, menuiseries, gaines, boîtiers, platines, négatifs, goujons, et autres équipements ou inserts, peuvent être incorporés aux Murs Précoffrés ou rapportés sur chantier dans des réservations prévues à cet effet.

L'isolation thermique, si elle est requise, est assurée soit par un système d'isolation par l'extérieur (système d'enduit sur isolant, bardage, etc...), soit par un système de doublage intérieur.

2. Matériaux utilisés

Les matériaux mis en œuvre sont :

- le béton des parois préfabriquées,
- le béton de remplissage,
- les aciers,
- les matériaux de traitement des joints,
- les matériaux d'habillage ou de traitement intérieur et extérieur.

2.1 Béton des parois préfabriquées

Les bétons réalisés en usine sont conformes à la norme NF EN 206-1 concernant les classes d'environnement XF1 et XA3.

- Granulométrie : sable 0/4, gravier 8/16.
Dosage minimum en ciment et résistance caractéristiques :
- Classe d'exposition XF1 (et XC3, XC4, XD1) :
« Saturation modérée en eau sans agent de déverglaçage, humidité modérée, alternance d'humidité et de séchage »
Ciment de type CEM I 52,5 : dosage minimum 350 kg
Classe de résistance : C40/50
(résistance caractéristique à 28 jours : 40 MPa)
Type de béton utilisé :
BCPE NF EN 206-1 XF1(F) Dmax16 S4 CI 0,40
(surfaces verticales de bétons exposées à la pluie et au gel, bétons à l'intérieur de bâtiments où le taux d'humidité de l'air ambiant est moyen ou élevé, bétons extérieurs abrités de la pluie, surfaces soumises au contact de l'eau).
- Classe d'exposition XA3 : « Forte agressivité chimique »
Ciment de type CEM III/A PMES ou CEM V/A PMES ou CEM I PMES :
dosage minimum 405 kg
Classe de résistance : C40/50
(résistance caractéristique à 28 jours : 40 MPa)
Type de béton utilisé :
BPS NF EN 206-1 XA3(F) C40/50 Dmax16 S4 CI 0,40

(Murs intérieurs ou extérieurs exposés à un environnement à forte agressivité chimique gazeuse, liquide ou solide).

2.2 Béton de remplissage

Béton Prêt à l'Emploi, conforme au projet et à la norme NF EN 206-1 et de résistance caractéristique minimale à 28 jours de 25 MPa (classe de résistance mini C25/30).

- pour des panneaux d'épaisseur totale inférieure ou égale à 20 cm : microbéton avec un Dmax 8 ou un Dmax 10.
- pour des panneaux d'épaisseur totale supérieure ou égale à 20 cm : Dmax 16.

Classe de consistance S4 ou S5 (affaissement au cône d'Abrams \geq 160 mm) selon la norme NF EN 206-1

La consistance fluide est obtenue par ajout d'un superplastifiant haut réducteur d'eau conforme à la norme NF EN 934-2.

2.3 Aciers

FeE500 : acier en barres filantes ou façonnées, intégrées aux murs.
TSHA FeE500 : panneaux de treillis soudés intégrés aux murs ou utilisés en acier de liaisons.

FeE235 : acier pour boucles et organes de levage ou de maintenance.

Chaque paroi préfabriquée comprend au minimum :

- 0,6cm²/ml d'aciers verticaux,
- 1,2cm²/ml d'aciers horizontaux,
- avec des espacements maximums entre armatures de 33cm.

Enrobage des armatures :

L'enrobage des armatures est choisi en fonction de l'agressivité du milieu ambiant. Il sera au moins égal à 1 cm pour les parois qui sont situées dans des locaux couverts clos et qui ne sont pas exposées aux condensations.

Les enrobages pour les faces exposées pourront être réduits moyennant les dosages minimaux et les résistances caractéristiques minimales visées à l'Art 2.1 :

- réduction de 3 cm à 2 cm pour les ouvrages exposés aux intempéries, ou en contact avec l'eau.
- réduction de 4 cm à 3 cm pour les ouvrages exposés aux embruns et brouillards salins.

Poutrelles

Des poutrelles métalliques espacées au plus de 60 cm assurent la liaison entre les deux parois, elles peuvent être :

- de section triangulaire (type KAISER OMNIA KT 800 et KT 900 ou équivalent), diagonales de diamètre 5, 6 ou 7 mm.
- de section carrée, réalisées à façon par les ateliers FEHR (la triangulation des cadres assure le raidissement de la poutrelle vis-à-vis du glissement).

La section des armatures hautes et basses des raidisseurs est prise en compte dans la section de ferrailage mécaniquement nécessaire parallèlement aux raidisseurs.

Le choix du type de raidisseur se fera en fonction des critères suivants :

- hauteur de bétonnage du noyau
- sollicitations de cisaillement à l'interface
- épaisseur du mur précoffré.

2.4 Douilles

Des douilles PVC type QUICKY ou équivalent sont scellées dans l'une des parois des panneaux. Elles assurent la liaison des parois du mur précoffré avec les étais tire-pousse pendant le montage et le bétonnage.

Elles sont utilisées en combinaison avec des tire-fonds et elles sont à usage unique (1 seul serrage-desserage)

Des douilles métalliques type PFEIFER ou équivalent peuvent être imposées en substitution des douilles PVC pour la reprise d'efforts plus importants.

C'est le cas des mur précoffrés de grande hauteur et de la fixation d'équipements de sécurité.

Elles sont utilisées en combinaison avec des vis métalliques adaptées (M16, M20,...) et elles autorisent des usages multiples de serrages-desserages.

2.5 Matériaux de jointoiment et d'étanchéité

Selon la destination des murs (voir chapitre 4) :

- fond de joint type Compriband, en mousse polyuréthane ou cordon néoprène, pour blocage de la laitance,
- mortier riche de réparation sans retrait,
- mastics élastomères de 1^{ère} catégorie,
- émulsion bitumineuse épaisse,
- bande bitumeuse autocollante.

La mise en œuvre de ces produits est réalisée conformément aux recommandations et cahier techniques dont ils font l'objet.

Le fournisseur des produits employés justifie leur compatibilité avec les environnements auxquels ils seront exposés.

En tête des murs

- Chaperon béton
- Couvertine métallique
- Revêtement d'imperméabilisation type SIKATOP 107 PROTECTION combiné à une préparation du support à l'aide de l'imprégnation époxydique type SIKADUR IMPREGNATION, ou tout revêtement d'imperméabilisation à base de liant hydraulique flexible, résistant au gel et perméable à l'eau.

2.6 Traitement du parement des murs (selon leur destination)

- Enduits bitumineux (faces contre terres),
- Lasure
- Peinture
- Résine
- Imperméabilisation de surface éventuelle par cristallisateur (Vandex ou équivalent)
- Membrane d'étanchéité (liner)
- Carrelage de parement

3. Conception du mur précoffré suivant sa destination

3.1 Généralités

Les murs précoffrés sont dimensionnés selon les règles usuelles de la résistance des matériaux et du béton armé en flexion simple ou composée avec le cas échéant vérification de la stabilité de forme.

Les liaisons doivent assurer la continuité mécanique

- entre la fondation et le mur précoffré,
- entre deux murs précoffrés,
- entre le mur précoffré et les ouvrages avoisinants.

3.2 Valeur caractéristique de calcul

Pour le dimensionnement des éléments en murs précoffrés, on définit pour le béton une « résistance caractéristique équivalente » $f_{c,eq28}$ à 28 jours, prise en compte pour l'épaisseur totale du mur, et égale à :

$$f_{c,eq28} = \min(f_{c,cof}, f_{c,rem})$$

$f_{c,cof}$ = résistance caractéristique du béton du mur précoffré,

$f_{c,rem}$ = résistance caractéristique du béton de remplissage

Cette résistance est prise en compte pour la justification de l'ensemble des éléments réalisés en murs précoffrés ou intégrés dans les murs précoffrés (poteau, poutre, poutre voile).

3.3 Conception

3.3.1 Mur courant

Le dimensionnement des murs courants est fait sur la base des règles usuelles du béton armé : DTU 23.1. Art 4.3.3 et BAEL.

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

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

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

Les murs précoffrés destinés à la réalisation de murs extérieurs sont composés de deux parois en béton armé d'épaisseur minimale 5 cm et maintenues espacées par des raidisseurs métalliques à entraxe de 60 cm.

L'épaisseur minimale du mur précoffré est de 16 cm, l'épaisseur minimale du béton coulé en place est de 7 cm.

Le ferrailage des parois, des réservations, et de la partie coulée en place est fonction des sollicitations, du mode de fonctionnement des murs et des conditions aux limites. Il est déterminé par l'étude de la structure.

L'enrobage des armatures est choisi en fonction de la nature agressive du milieu ambiant dans lequel est placé le mur. Il sera au moins égal à 2 cm dans les cas courants.

Les enrobages pour les faces exposées, usuellement de 3 cm, pourront être ramenées à 2 cm minimum moyennant les dosages minimaux et les résistances caractéristiques minimales visées à l'Art 2.1.

Les ouvertures et baies sont obtenues au moyen de mannequins fixés sur les tables coffrantes. Elles sont renforcées par des armatures périphériques intégrées aux parois, réalisées conformément aux prescriptions du paragraphe 3.3.7 si les conditions du domaine d'emploi sont respectées.

Murs inclinés

Les murs précoffrés peuvent être mis en œuvre avec une inclinaison maximale de 45° par rapport à la verticale.

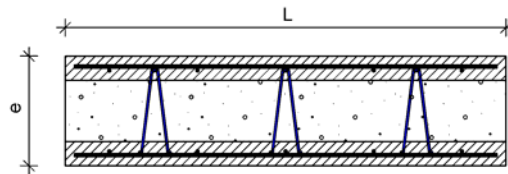
Les dispositions de mise en œuvre restent identiques aux murs verticaux.

Des précautions particulières de blocage en pied de murs seront prises en phase provisoire de montage et de remplissage pour s'opposer au déplacement horizontal (cales, équerres, ...).

3.3.2 Poteau

3.3.2.1 Définition

La distinction entre « mur » et « poteau » se fera sur la base du critère usuel suivant :



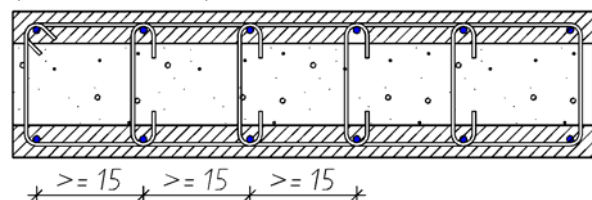
- $L \geq 5.e$: analyse du mur en voile selon l'article 3.3.1
- $L < 5.e$: analyse du mur en poteau selon l'article 3.3.2

3.3.2.2 Méthode de vérification

Le dimensionnement du poteau se fait selon les règles de calcul usuelles du béton armé (cf. BAEL Art A.4.3.5, A.4.4 & B.8.4), en prenant pour la résistance du béton la valeur $f_{c,eq28}$ définie à l'Art 3.2.

Si le béton est surabondant et que l'effort appliqué peut être repris par le béton seul sans renfort d'armatures de compression, le mur précoffré « poteau » peut être ferrillé comme un mur précoffré classique (voir figure 1 de l'annexe 1).

Si pour reprendre l'effort appliqué le poteau doit être renforcé par des armatures comprimées, le mur précoffré est ferrillé classiquement comme un poteau.

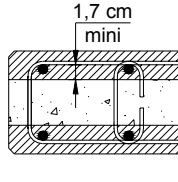


Pour permettre un bétonnage correct l'espacement entre les armatures transversales doit être supérieur ou égal à 15cm. La section d'armatures est intégralement intégrée dans le mur précoffré lors de sa fabrication en usine, à l'exception des armatures d'éclissage et de continuité qui sont ajoutées sur chantier.

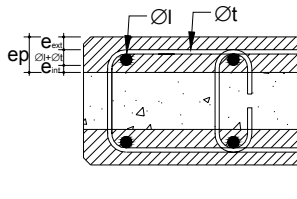
3.323 Faisabilité de montage des armatures

La bonne mise en oeuvre de poteaux à base de précoffré nécessite la prise en compte de trois paramètres :

- le respect de l'enrobage intérieur du cadre du poteau pour assurer la résistance du précoffré lors du bétonnage pour les poteaux en précoffré ne comportant pas de raidisseur,



- le respect de l'enrobage des armatures longitudinales,



avec :

$$eint \geq 1 \text{ cm}$$

$$eext \geq 2 \text{ cm}$$

$$4 \leq ep \leq 7 \text{ cm}$$

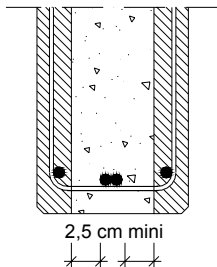
$$\text{et } \varnothing l + \varnothing t \leq (ep - eint - eext)$$

Si cette dernière condition n'est pas respectée, la section longitudinale peut être mise en oeuvre dans la partie coulée en place à condition de respecter les conditions ci-dessous.

- la limitation des sections d'éclissage en fonction des épaisseurs des précoffrés, la section maximale des armatures d'éclissage ou des armatures en attente est fonction de l'épaisseur du précoffré.

Epaisseur du précoffré (cm)	Ø maxi (mm)
16	10
18	12
20	20
22	20
24	25
25	32
≥ 30	32

Les dispositions du tableau ci-dessus permettent de préserver toutes tolérances confondues un espace de 2,5 cm minimum entre les armatures d'éclissage et les parois du précoffré afin de garantir le bétonnage correct des zones d'éclissage.



3.33 Poutre

3.331 Définition

Le dimensionnement d'une « poutre » en mur précoffré se fait selon les règles de calcul usuelles du béton armé.

La section de calcul est prise égale à la section complète de la poutre, les parties préfabriquées et partie coulée en place étant considérées comme monolithiques.

Deux vérifications complémentaires sont cependant à faire :

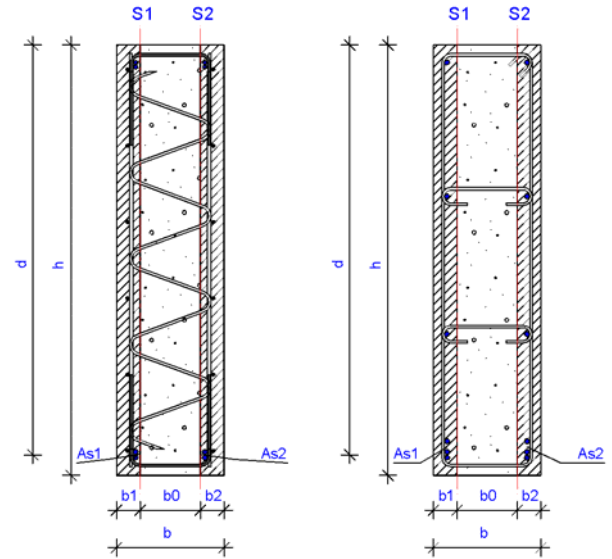
- la vérification de l'intégrité de la section,
- la vérification des contraintes de cisaillement du béton sur appuis et des contraintes de compression dans les bielles d'about, dans les cas où les poutres ne posent sur leurs appuis que par l'intermédiaire de la section coulée sur place.

L'armature de la poutre est intégrée dans les parois préfabriquées du mur précoffré. Des renforts d'armatures de flexion ou d'ancrage de bielles d'abouts peuvent être mis en place sur chantier dans la partie coulée en place. Le cas échéant elles seront indiquées sur le plan de pose.

3.332 Méthode de vérifications complémentaires

Intégrité de la section

Cette vérification consiste à s'assurer du monolithisme de l'ensemble de la section par la détermination des contraintes de cisaillement qui s'exercent à l'interface des parois préfabriquées et du béton coulé en place, et par la mise en place d'aciers de couture calculés selon le BAEL Art A.5.3.1 et A.5.3.2 (règle des coutures généralisées).



Effort traversant le plan de cisaillement S1 (en kN/ml) :

$$F_1 = \max \left[\frac{Vu \cdot b_1}{z \cdot b}, \frac{Vu \cdot As_1}{z \cdot As} \right] / 0.60$$

Effort traversant le plan de cisaillement S2 (en kN/ml) :

$$F_2 = \max \left[\frac{Vu \cdot b_2}{z \cdot b}, \frac{Vu \cdot As_2}{z \cdot As} \right] / 0.60$$

avec :

- Vu = effort tranchant maxi ELU en KN
- $As = As_1 + As_2$ en cm^2
- $Z = 0,9x_d$ en m

On en déduit la contrainte de cisaillement maxi qui s'exerce sur les plans de couture (en MPa) :

$$\tau_{uc} = 10^{-3} \cdot \frac{\max(F_1; F_2)}{h}$$

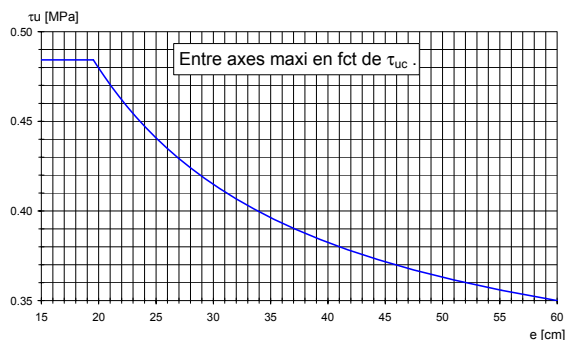
(h en m)

Si $\tau_{uc} \leq 0,35$, les raidisseurs métalliques standard d'entre axes maximums de 60 cm sont suffisants pour assurer l'intégrité de la section.

Si $0,35 < \tau_{uc} \leq 0,49$, les raidisseurs métalliques standard d'entre axe réduit sont suffisants pour assurer l'intégrité de la section.

Les valeurs maxi des entre axes des raidisseurs sont déterminés en fonction de τ_{uc} par la formule :

$$e = \frac{60}{1 + 15(\tau_{uc} - 0.35)}$$



Si $0,49 < \tau_{uc} \leq 0,2 \cdot f_{c_{eq28}} / \gamma_b$, la règle des coutures généralisée est appliquée et les raidisseurs métalliques sont substitués par des armatures de coutures type cadres, étrier ou épingles.

Les armatures de coutures doivent être disposées sur l'ensemble des zones pour laquelle la contrainte de cisaillement dépasse 0,35 MPa.

Contraintes sur appui

Deux vérifications sont à faire :

- la vérification de la contrainte de cisaillement sur appui

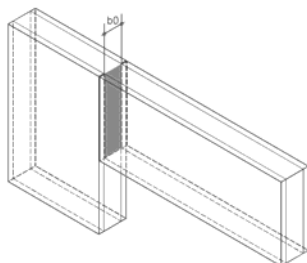
$$\tau_u = \frac{Vu_{red}}{b_o \cdot d}$$

- la vérification de la contrainte de compression dans la bielle d'about

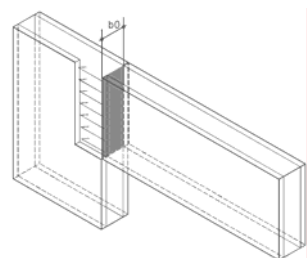
$$\frac{2Vu}{b_o \cdot a} \leq 0,8 \cdot \frac{f_{c_{eq28}}}{\gamma_b}$$

avec :

- Vu_{red} effort tranchant ELU réduit
 - Vu effort tranchant ELU non réduit
 - d hauteur utile de la poutre
 - a longueur d'appui de la bielle ($a \leq 0,9 \cdot d$)
 - b_o largeur du béton coulé sur place
- Cas 1 : b_o correspond à l'épaisseur coulée en place



Cas 2 : b_o correspond à l'épaisseur du mur précoffré moins l'épaisseur d'une paroi préfabriquée



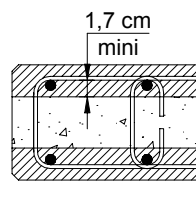
Ancrage

Les règles d'ancrages d'armatures sur appuis sont celles du BAEL (Art A.5.1.312 pour l'appui simple d'about et Art A.5.1.321 pour l'appui intermédiaire). Ces armatures sont soit intégrées dans les murs précoffrés, soit mises en œuvre dans la partie coulée en place.

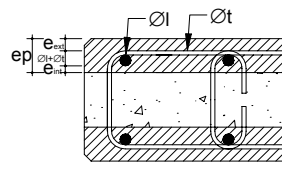
3.333 Faisabilité de montage des armatures

La bonne mise en œuvre des poutres à base de précoffré nécessite la prise en compte de trois paramètres :

- le respect de l'enrobage intérieur du cadre de la poutre pour assurer la résistance du précoffré lors du bétonnage pour les poutres en précoffré ne comportant pas de raidisseur,



- le respect de l'enrobage des armatures longitudinales,



avec :

$$e_{int} \geq 1 \text{ cm}$$

$$e_{ext} \geq 2 \text{ cm}$$

$$4 \leq ep \leq 7 \text{ cm}$$

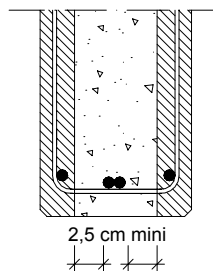
$$\text{et } \varnothing_l + \varnothing_t \leq (ep - e_{int} - e_{ext})$$

Si cette dernière condition n'est pas respectée, la section longitudinale peut être mise en œuvre dans la partie coulée en place à condition de respecter les conditions ci-dessous.

- la limitation des sections d'éclissage en fonction des épaisseurs des précoffrés, la section maximale des armatures d'éclissage ou des armatures en attente est fonction de l'épaisseur du précoffré.

Epaisseur du précoffré (cm)	Ø maxi (mm)
16	10
18	12
20	16
22	20
24	25
25	25
≥ 30	32

Toutes dispositions du tableau ci-dessus permettent de préserver toutes tolérances confondues un espace de 2,5 cm minimum entre les armatures d'éclissage et les parois du précoffré afin de garantir le bétonnage correct des zones d'éclissage.



3.34 Poutre voile

Les poutres voiles réalisées tout ou partie en murs précoffrés sont dimensionnées selon la méthode habituelle exposée en annexe E5 et E6.2.5 des règles BAEL. Les vérifications portent sur les points suivants :

- La vérification de stabilité d'ensemble de la poutre-voile,
- La vérification aux points singuliers (joints),
- La vérification de la faisabilité de mise en œuvre des armatures.

Les cas de figures usuellement rencontrés sont énumérés en annexe 2.

3.341 Stabilité d'ensemble

Conformément à l'article E.5.3 du BAEL, il convient de calculer une épaisseur minimale de la paroi afin d'assurer le non déversement des poutre-voiles.

Dans le cas de la présence des joints, seule l'épaisseur du noyau coulé en place est prise en compte :

$$b_{o \text{ noyau}} \geq \left(0,14.l.\sqrt[3]{\frac{p}{f_{c28}.h}} \right)$$

avec

- p charge ELU par unité de longueur
- l portée de calcul de la poutre voile
- h hauteur totale de la poutre voile

Si la condition n'est pas satisfaite, le noyau au droit des joints doit être augmenté soit :

- par l'épaississement de la poutre voile,
- par l'ouverture partielle ou complète des joints pour rétablir la continuité des aciers d'une ou des parois.

Cette vérification est inutile dès lors que la poutre voile est efficacement raidie par des nervures (voiles perpendiculaires, planchers latéraux).

3.342 Vérification au droit des joints

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

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

avec

- V_{Edi} effort tranchant ELU maxi dans la poutre voile
- V_{Rdi} effort tranchant résistant du joint.

Le calcul de la résistance V_{Rdi} du joint est fait selon la méthode explicitée en annexe 4.

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

3.343 Faisabilité de mise en oeuvre des armatures

Lorsque les armatures principales des tirants inférieurs ou supérieurs de la poutre voile sont coupées au droit d'un joint, elles sont éclissées dans le noyau coulé en place.

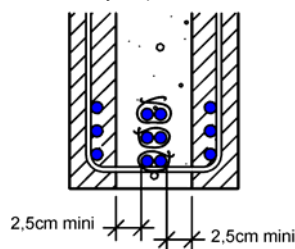
L'épaisseur du noyau coulé en place doit alors être suffisante pour assurer aisément le logement et l'enrobage des armatures d'éclissage.

Le diamètre maximum des armatures d'éclissage est fixé en fonction de l'épaisseur du mur précoffré, et ne dépassera pas les valeurs du tableau suivant :

Epaisseur du mur précoffré (cm)	Ø maxi
< 20	néant
20 à 21	Ø 14
22 à 24	Ø 16
25 à 28	Ø 20
≥ 30	Ø 25

Ces dispositions permettent de préserver toutes tolérances confondues un espace de 2,5 cm mini entre les armatures d'éclissages et les parois du mur précoffré afin de garantir le bétonnage correcte du talon de la poutre voile.

Les armatures d'éclissage sont ligaturées entre elles de manière à les maintenir au centre du noyau pendant le bétonnage.



Les longueurs de recouvrement des armatures d'éclissage seront majorées de 20% pour prendre en compte les tolérances de positionnement des armatures dans le noyau.

3.35 Acrotères

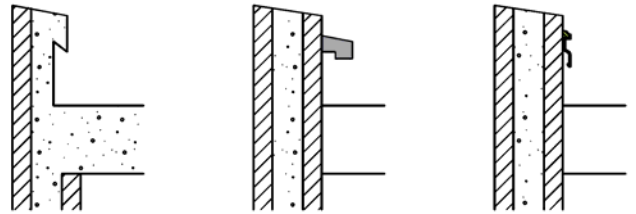
Sous condition de répondre aux prescriptions générales du DTU 20.12 et aux prescriptions particulières ci-après illustrées en annexe 3, l'utilisation du mur précoffré en prolongement de façade ou en pièce complémentaire pour la réalisation des acrotères peut être envisagée.

Pour le traitement des acrotères en murs précoffrés, on distingue les acrotères bas et les acrotères hauts.

Acrotères bas

Les acrotères bas sont incorporés aux murs précoffrés du dernier niveau et sont réalisés par le prolongement de ces derniers au-dessus de la toiture.

Suivant que l'étanchéité est protégée par une engravure réalisée dans l'épaisseur du mur, par un bandeau saillant en béton armé coulé en place ou préfabriqué, ou par une bande de solin métallique, la face intérieure de l'acrotère est réalisée en mur précoffré ou est coffrée en place (voir figures ci-après).

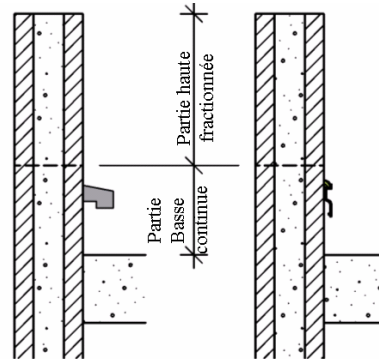


Le ferrailage de l'acrotère est intégré partiellement ou totalement dans le mur précoffré.

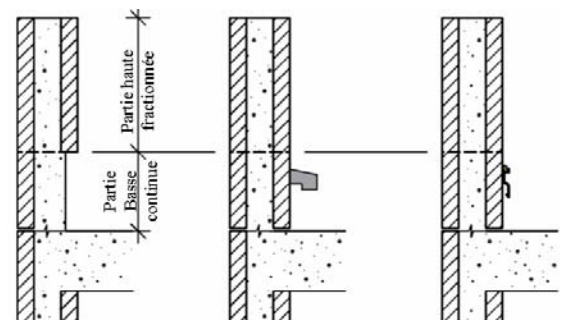
Le ferrailage longitudinal des acrotères est éclissé au droit de chaque joint vertical de mur précoffré par la mise en place d'armatures de section équivalente dans le noyau coulé en place.

Acrotères hauts

Les acrotères hauts peuvent être incorporés aux murs précoffrés du dernier niveau et être réalisés par le prolongement de ces derniers au-dessus de la toiture.



Ils peuvent également être réalisés par des pièces complémentaires rapportées au-dessus de la toiture.



Ils sont constitués :

- d'une partie basse ferrillée en continue à l'identique des acrotères bas, et
- d'une partie supérieure fractionnée, exempte d'armatures de liaisons et dont les joints restent vides sur toute l'épaisseur des murs.

Cette dernière disposition est obtenue par l'insertion dans le joint, au moment du remplissage des murs, d'une planche de polystyrène traversant toute l'épaisseur du mur et disposée sur la hauteur du fractionnement.

Les joints de fractionnement sont espacés d'au plus 8 mètres dans les régions sèches ou à forte opposition de température, 12 mètres dans les régions humides ou tempérées (par référence au DTU 20.12). Ils sont confondus avec les joints de murs précoffrés.

Lorsque la longueur des murs précoffrés dépasse les limites fixées ci-dessus, ils sont recoupés sur la hauteur de la partie fractionnée par un joint de construction réalisé au moment de la fabrication.

Sur la hauteur du bandeau continu inférieur les murs précoffrés sont équipés au droit des joints d'une fenêtre disposée côté toiture, permettant le bon éclissage des armatures de la partie continue de l'acrotère.

Protection du faîtage

La tête des acrotères est systématiquement protégée des infiltrations d'eau qui pourraient se produire entre les parois du mur précoffré et la partie coulée en place. Cette protection est réalisée conformément aux dispositions de l'Art 4.3.

Les joints d'acrotères sont traités à l'identique des joints courants de façade et en continuité de ceux-ci. (voir Art.4.1)

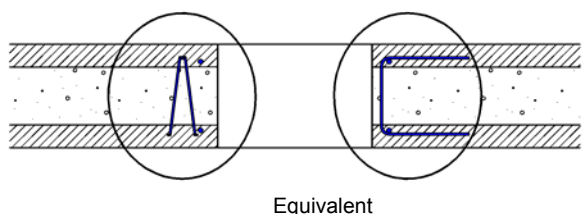
Ce traitement est mis en œuvre sur tout le contour de l'acrotère, en dehors de la partie protégée par la remontée d'étanchéité

3.36 Stabilité au feu des structures

Les durées des critères d'exigence coupe-feu ou de stabilité au feu d'un mur précoffré sont justifiées par l'application des règles calcul FB (DTU P92-701), l'ensemble du mur précoffré étant considéré comme homogène de ce point de vue.

3.37 Dispositions constructives

Les renforcements des ouvertures et des bords libres usuellement prévus dans les voiles selon les dispositions du paragraphe 4.2.2.5 du DTU 23.1 et les épingles de constructions utilisées pour les poutres et les poteaux peuvent être réalisés dans les murs précoffrés à l'aide des raidisseurs définis à l'art 2.3 et selon le tableau de correspondance ci après.



Mur précoffré ép.[cm]	Type de raidisseur	Section cm²/ml	Equivalence Ø / espacement [cm]		
			Ø 6	Ø 8	Ø 10
16	KT 811 8-5-5	2,77	11	19	29
18	KT 813 8-5-5	2,75	11	19	29
20	KT 815 8-5-5	2,72	11	19	29
	KTW 214	2,66	11	19	30
22	KT 817 8-5-5	2,69	11	19	30
	KTW 216	2,66	11	19	30
24	KT 819 8-5-5	2,65	11	19	30
	KTW 218	2,65	11	19	30
25	KT 820 8-5-5	2,63	11	20	30
	KTW 219	2,65	11	19	30
30	KT 825 8-5-6	3,68	8	14	22
	KTW 225	3,52	9	15	23
35	KT 830 8-5-6	3,58	8	15	22
	KTW 230	3,44	9	15	23
40	KTW 235	3,36	9	15	24

Nota : les types de raidisseurs sont donnés à titre indicatif. Ils sont sujets à variation en fonction des enrobages des aciers du mur précoffré.

3.4 Dispositions parasismiques

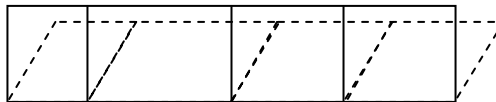
3.41 Principe

Les dispositions suivantes ne concernent que les murs considérés comme éléments principaux selon l'article 11.1.1 des règles PS 92.

Pour les voiles considérés comme éléments secondaires, les liaisons entre panneaux sont similaires aux liaisons préconisées en dehors des zones sismiques.

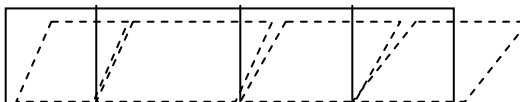
On distingue deux modes de fonctionnement pour un mur réalisé avec plusieurs panneaux :

- - Comportement monolithique de l'ensemble du voile



Transmission des efforts dans le plan des joints verticaux.

- - Comportement indépendant de chaque mur précoffré



Non transmission des efforts dans le plan des joints verticaux.

Le traitement du joint sera identique au traitement en zone non sismique. Les tirants et chaînages adéquats issus du calcul seront intégrés dans les murs précoffrés.

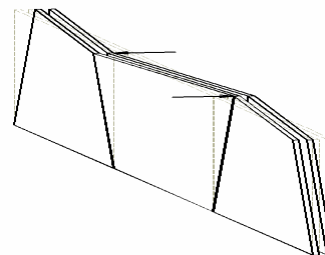
Le choix entre les deux principes de fonctionnement doit être effectué lors de la conception de l'ouvrage par le bureau d'étude de structure en collaboration avec FEHR Technologie.

3.42 Domaine d'application

3.421 Stabilité d'ensemble

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

Dans le cas de figure où le voile est libre sur l'un de ces côtés on pourra se reporter à la vérification effectuée pour les poutres voiles (cf Art 3.3.4.1).



3.4211 Détermination des liaisons entre murs précoffrés

Les liaisons entre murs précoffrés doivent être vérifiés au cisaillement et à la compression (bielle de compression) sur la base du noyau du mur précoffré en fonction des sollicitations dynamiques à reprendre. L'effort tranchant sollicitant doit être comparé aux efforts tranchants résistants mobilisables en fonction du choix du type de liaisons (voir annexe 4).

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

4. Traitement des parois et des joints

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

4.1 Traitement des joints

4.1.1 Murs courants en superstructure

Pour les murs courant en superstructure on distinguera la paroi extérieure soumise aux intempéries de la paroi intérieure.

4.1.1.1 Face extérieure

Murs de façade revêtus

Les murs isolés par l'extérieur ou revêtus d'un bardage ne nécessitent pas de traitement des joints entre murs précoffrés.

Seule une bande d'arrêt en mousse type GUTTA IMPRIMOUSSE, ou toute autre bande de mousse polyuréthane à cellules ouvertes, sera mise en place dans les joints à la pose des murs, pour empêcher les fuites de laitance lors du bétonnage.

Murs de façade bruts de fabrication, peints, ou lasurés

Les murs restant bruts de décoffrage, peints ou lasurés nécessitent le traitement du fond de joint à l'aide d'un élastomère de première catégorie type SYKAFLEX CONSTRUCTION, ou tout autre mastic élastomère de 1ère catégorie SNJF mono composant à base de polyuréthane qui polymérise sous l'action de l'humidité de l'air et prévu pour le traitement des joints de façades préfabriquées exposées.

Le chanfrein **doit** rester marqué.

Dans tous les cas on veillera à la compatibilité du produit de traitement du joint et de la lasure ou peinture utilisée.

Murs de façade enduits

Les murs traités à l'aide d'un enduit hydraulique ou d'un enduit souple épais type RPE ou équivalent doivent faire l'objet des mêmes traitements de fond de joint que les murs restant bruts de décoffrage, peints ou lasurés.

Le chanfrein peut rester marqué.

S'il est recouvert par l'enduit, le joint doit être complètement fermé et recouvert d'un entoilage pour garantir son esthétique.

Il ne peut cependant être totalement exclu que, malgré ce traitement, de fines fissures, sans autre inconvénient que leur aspect, se manifestent au droit de certains joints.

4.1.1.2 Face intérieure

Pour les locaux ne présentant pas de contraintes particulières, le traitement du joint est réalisé à l'aide d'un enduit souple type SIKA KATAROC PREDALLES ou tout mortier hydraulique de réparation à retrait compensé.

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

4.1.2 Murs courants en infrastructure

4.1.2.1 Face extérieure

Pour parer aux infiltrations provoquées par les eaux de ruissellements, les joints verticaux et horizontaux en contact avec le remblai sont traités avec un mortier type SIKA MONOTOP 612F, ou un mortier de réparation mono-(ou bi-) composant à base de ciment (et de résine), complété d'une bande bitumineuse auto adhésive type SIKA MULTISEAL, ou une bande bitumineuse auto-adhésive à froid, résistante à la déchirure et à l'eau, et apte à protéger le joint du contact direct des terres et des eaux de ruissellement.

Un drainage sera systématiquement mis en œuvre pour collecter les eaux de ruissellements.

Dans le cas où cette paroi n'est pas accessible, le traitement du joint extérieur se fera par la mise en œuvre au montage des murs précoffrés d'un joint GUTTA IMPRIMOUSSE sur le champ de la paroi extérieure, ou toute autre bande de mousse polyuréthane à cellules ouvertes imprégnée et autocollante. L'étanchéité du joint sera complétée par un bétonnage en continu dans la zone du joint vertical.

4.1.2.2 Face intérieure

La face intérieure sera traitée selon les mêmes critères que les parements intérieurs des murs en superstructure (voir Art 4.1.12)

4.2 Aspects des parements

Tous les panneaux présentent une surface brute de décoffrage.

4.2.1 Etat de surface

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

Une des deux faces du mur précoffré peut présenter un aspect structuré grâce à l'utilisation de matrice caoutchouc type RECKLI ou équivalent.

L'empreinte doit néanmoins être de forme régulière afin de permettre le rabouillage des matrices caoutchouc sur les tables de coffrages et le calepinage de ces zones.

4.2.2 Teinte

La teinte du parement des murs précoffrés peut varier d'un mur à l'autre. L'homogénéité de la teinte n'est pas un paramètre qui peut faire l'objet d'une garantie.

Lorsque la finition du mur précoffré est une lasure dont l'aspect doit être uniforme sur toute la surface du parement, il est impératif de préparer le support à l'aide d'un opacifiant appliqué au préalable, de manière à garantir l'aspect final de la lasure.

4.2.3 Préparation du support

La forte compacité du béton des murs précoffrés doit être prise en compte lors du choix du type de revêtement qui sera appliqué sur le support. (Lasures, peinture, imprégnation, plot de colle pour fixation des plaques de placoplâtres...)

Les désaffleurements éventuels au droit des joints font l'objet d'un ragréage avant la mise en place des finitions qui comportent elles-mêmes des travaux préparatoires habituels propres au type de finition retenu.

4.3 Traitement de la tête des murs précoffrés exposés aux intempéries

Les têtes de murs exposées aux intempéries sont protégées contre les infiltrations d'eau le long des plans de reprise de bétonnage entre les parois et le béton coulé en place par l'un des moyens suivants:

- un chaperon béton
- une couverture métallique
- un revêtement d'imperméabilisation type SIKATOP 107 PROTECTION, appliqué sur une imprégnation époxydique type SIKADUR IMPREGNATION
- ou tout revêtement d'imperméabilisation à base de liant hydraulique, flexible, résistant au gel, et imperméable à l'eau.

5. Fabrication des Murs Précoffrés

5.1 Fabrication

Le panneau est réalisé en usine à l'aide d'un outil automatisé.

Les opérations se déroulent dans l'ordre suivant :

1. Projection automatique d'un décoffrant.
2. Mise en place automatique des joues de coffrage de la première paroi, et traçage par le robot des positions d'inserts, de réservations et d'ouvertures.
3. Mise en place manuelle des inserts, douilles, réservations, et ouvertures.
4. Débit automatique aux longueurs nécessaires des armatures courantes avec cales d'enrobages sur les aciers de répartition, et mise en place sur le moule.
5. Mise en place des raidisseurs et des corbeilles de ferrailage préparées préalablement par les ateliers FEHR.
6. Fabrication du béton dans la centrale située sur le site.
7. Acheminement du béton.
8. Coulage du béton à l'aide d'un répartiteur automatique qui garantit la constance de l'épaisseur mise en place.
9. Vibration automatique, programmée et adaptée pour ce type de fabrication.
10. Durcissement à 40° C pendant 8 heures dans une chambre de durcissement.

Opérations 1 à 8 identiques pour la deuxième face du MUR PRECOFFRE, mais sans mise en place de raidisseurs.

11. Transport et retournement de la première face sur la seconde avec centrage et mise en appui sur des cales extérieures pré-réglées.
12. Vibration automatique.
13. Enlèvement du moule supérieur.
14. Entreposage dans la chambre de durcissement à 40° C pendant 8 heures.
15. Démoulage et stockage sur un conteneur métallique.

5.2 Contrôle de fabrication

5.21 Contrôle des bétons

Les bétons utilisés pour la réalisation des parois du coffrage sont fabriqués dans les centrales FEHR, installées sur les sites des usines de préfabrication.

Les formulations des bétons sont établies par le laboratoire du Service Qualité FEHR.

Le laboratoire FEHR situé 62 route de Strasbourg F-67240 BISCHWILLER contrôle la production de béton des usines conformément à la norme XP P 18-305.

5.22 Contrôle de qualité

La totalité de la production est contrôlée à chaque stade de la fabrication par un autocontrôle défini pour chaque poste dans le manuel qualité des usines, et avant expédition.

Le contrôle porte sur les dimensions et la rectitude des parois, les dimensions et la localisation des réservations, la nature et la quantité des armatures sur la base des plans établis par le bureau FEHR, dans la limite des tolérances de fabrication définies à l'Art. 5.2.3 ci-après.

5.23 Caractéristiques

Poids propre du mur PRECOFFRE Classique au m² : 275 à 375 kg/m² suivant l'épaisseur des parois + poids des armatures supplémentaires.

Dimensions maximales, largeur x longueur : 3,80 x 12,00 m ou 4,20 x 8,50 m.

Épaisseurs courantes : 16, 18, 20, 22, 25, 28, 30, 32, 35, 40, 45 et 50cm.

Tolérances dimensionnelles : classification P (3) d'après norme NF P 18-503

- Largeur et longueur : ±10 mm
- Planéité de la face extérieure : 4 mm à la règle de 2 m
- Épaisseur du mur précoffré : +5 / -0 mm
- Épaisseur des parois : +8 / -0 mm
- Rectitude des arêtes (bords de pièces) : ±5mm
- Positions des réservations : ±10mm

6. Chronologie générale de la mise en oeuvre des murs

6.1 Chronologie de pose

1. Réalisation des fondations.
2. Implantation et traçage des murs avec repérage des joints.
3. Déchargement des murs PRECOFFRES à l'aide d'une grue automotrice, d'une grue à tour, ou par tout autre moyen de levage compatible avec le poids des murs PRECOFFRES.
4. Pose des murs PRECOFFRES sur des cales d'épaisseur 1 à 2cm.
5. Stabilisation des murs PRECOFFRES par deux étais tire-pousse par mur, ou par un système d'équerrage.
6. Mise en place des armatures de liaisons des joints verticaux, des éclisses et chaînages éventuels.
7. Mise en place d'une bande d'arrêt en mousse dans les joints, pour empêcher les fuites de laitance lors du bétonnage.
8. Pose éventuelle des prédalles, dalles alvéolaires.
9. Coulage du béton de remplissage conforme aux prescriptions de l'Art. 2.2, par banchées successives de 50 à 70 cm. Une pause de 1 heure est respectée entre deux banchées. Les hauteurs de

chute du béton frais seront limitées suivant les prescriptions de l'Art. 6.2.1. La vitesse de bétonnage peut être adaptée suivant les prescriptions de l'Art. 6.2.2. Le coulage de la dalle peut être réalisé en même temps que la dernière banchée des murs PRECOFFRES.

10. Mise en place des armatures de liaisons des joints horizontaux en tête de murs PRECOFFRES.
11. Finition des joints en fonction de la destination de l'ouvrage (voir paragraphe 4.)

6.2 Critères de bétonnage

6.21 Hauteur de chute du béton

La hauteur maximale de chute du béton des murs n'excèdera pas les valeurs définies dans le tableau ci-après en fonction de l'épaisseur minimale de béton coffré.

Lorsque les hauteurs de panneaux sont supérieures à cette hauteur maximale et ne permettent donc pas le bétonnage par le haut des panneaux, le bétonnage doit être réalisé par introduction d'un tube souple dans le vide coffré (lorsque l'épaisseur du vide le permet) ou par une lumière pour trémie latérale respectant cette même hauteur limite. De plus, dans ce cas, les lumières pour trémie latérales de bétonnage doivent être espacées d'au plus 3,50 m.

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

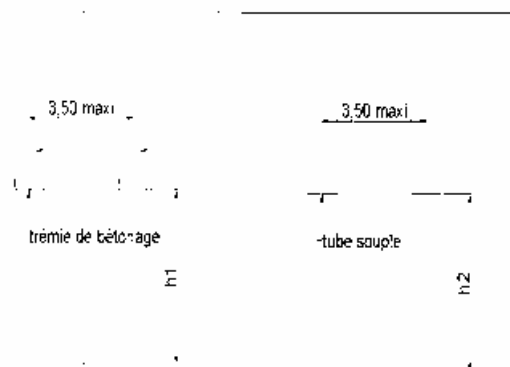
Pour les épaisseurs intermédiaires, la hauteur de bétonnage sera définie par interpolation.

Tableau 1 : Détermination de l'épaisseur coulée en place en fonction de l'épaisseur du mur et des parois.

Épaisseur murs finis	16	18	20	22	25	28	30	35	40	50
Épaisseur des parois (cm)	4,5	5-5,5	5-6,5	5-7,5	5-7,5	5-7,5	5-7,5	5-7,5	5-7,5	5-7,5
Épaisseur de béton coffré (cm)	7	7-8	7-10	7-12	10-15	13-18	15-20	20-25	25-30	35-40

Tableau 2 : Détermination de la hauteur de chute maximum du béton en fonction de l'épaisseur de béton coffré.

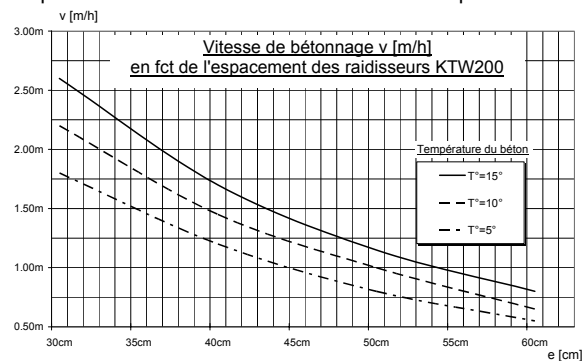
Épais béton coffré (cm)	7	8	10	12	15	18	20	25	30	35
Hauteur maxi de bétonnage (m)	3,5	3,8	4,5	5,1	5,3	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
H1 maxi sous trémie	3,5	3,8	4,5	5,1	5,3	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
H2 maxi sous tube souple				5,1	5,3	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5



6.22 Vitesse de bétonnage

La vitesse de bétonnage peut être adaptée en fonction des besoins du chantier en jouant sur le type et l'espacement des raidisseurs dans le mur précoffré.

Elle peut être lue sur le schéma ci-dessous, en fonction de l'espacement des raidisseurs et de la température du béton



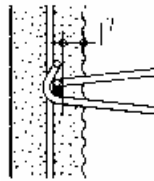
(Résultats issus d'essais réalisés à l'université de Karlsruhe au département structure gros œuvre dirigé par le professeur Dr.-Ing J.EIBL)

Avec des raidisseurs de type KT800 et KT900, la vitesse de bétonnage est invariablement limitée aux valeurs suivantes, quelque soit l'espacement des poutrelles :

- T° du béton >15°C 70 cm/h
- T° du béton =10°C 60 cm/h
- T° du béton =5°C 50 cm/h

Pour des températures inférieures à 15°C, la vitesse de bétonnage peut être maintenue à 70 cm/h à condition d'utiliser un accélérateur de prise.

La validité des résultats ci-dessus est conditionnée par le respect d'un enrobage intérieur des armatures filantes des raidisseurs, supérieur ou égal à 1,7cm.



7. Manutention, Montage, Transport

Les panneaux sont manutentionnés avec des grues à tour ou automotrices. Les élingues sont accrochées aux boucles ou organes de levage intégrés aux panneaux.

Les caractéristiques de ces engins et éléments de manutention devront être compatibles avec le poids des panneaux à manutentionner.

7.1 Boucles de levage

Les boucles de levage sont réalisées :

- - soit à partir de ronds à béton en acier doux de nuance FeE 235 de diamètre 10 mm minimum ancrés au droit des raidisseurs.
- - soit à partir d'organes spécifiques de levage garantis par le fournisseur et ayant fait l'objet d'un P.V. d'essais.

Quelque soit la solution mise en œuvre, son positionnement sera fait de telle sorte que, ni le crochet de la grue, ni l'élingue ne portent sur les parois en tête de mur précoffré.

Le dimensionnement tient compte :

- - de la résistance du béton en sortie d'étuve.
- - de l'épaisseur des parois.
- - du poids des murs précoffrés.

7.2 Manutention avec palonnier

La manutention au palonnier permet de garder les élingues parallèles. Cette disposition permet de mobiliser la charge admissible optimale par boucle ou organe de levage.

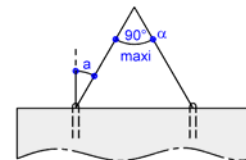
A titre indicatif, le tableau ci-dessous donne les charges admissibles maximales par boucle en acier doux :

DIAMETRE (mm)	10	12	14	16	20
CHARGE ADMISSIBLE (daN) PAR BOUCLE	1500	2200	3000	4000	6000

7.3 Manutention sans palonnier

Dans le cas d'une manutention sans palonnier, la charge réelle est majorée d'un coefficient multiplicateur fonction de l'angle entre les deux brins de l'élingue.

Angle α des élingues	45°	60°	90°
Coefficient	1,08	1,15	1,41



Pour les valeurs d'angle intermédiaires, on peut déterminer le coefficient par interpolation linéaire.

En aucun cas l'angle α des élingues ne sera supérieur à 90°.

Les boucles peuvent éventuellement être inclinées, afin de respecter la condition qui limite à 45° l'angle « a » formé par le plan des boucles et l'axe de l'élingue.

7.4 Conditions particulières

Lorsque le nombre de boucles est supérieur à deux, des dispositions doivent être prises, de telle sorte que la répartition des efforts entre les boucles soit connue et compatible avec les prescriptions précédentes.

Dans le cas contraire, on prendra en compte pour chaque boucle la charge qu'elle aurait à transmettre dans l'hypothèse de répartition qui lui est la plus défavorable.

7.5 Mise en place

Après la pose, le mur PRECOFFRE est maintenu en position par des étais tire-pousse, fixés aux murs par l'intermédiaire de douilles prévues à cet effet dans le mur précoffré lors de sa fabrication.

Il s'agit usuellement de douilles PVC QUICKY sur lesquelles les étais sont fixés à l'aide de tire-fonds.

Pour les murs de grandes dimensions exposés au vent ou reprenant des charges provisoires particulières, il s'agit de douilles métalliques, sur lesquelles les étais sont fixés à l'aide de boulons.

Les douilles sont dimensionnées par le bureau d'étude FEHR.

Le titulaire de l'Avis Technique propose des systèmes de mise en sécurité à la pose, basés sur l'incorporation de douilles ou d'un système plus élaboré à base d'équerres embases de garde-corps ou de passerelles. Il diffuse systématiquement auprès des utilisateurs un guide de pose.

7.6 Transport et stockage

Les PRECOFFRES sont stockés sur des conteneurs métalliques et livrés par remorque auto-déchargeuse. Ils restent stockés sur les conteneurs jusqu'à leur mise en œuvre dans l'ouvrage.

8. Divers

8.1 Conditions d'exploitation du procédé

Calcul des structures :

Il est fait par le Bureau d'Etudes Techniques (B.E.T.) de l'opération, en tenant compte des spécificités du procédé développées dans le présent Avis Technique. L'ingénieur FEHR Technologies pourra intervenir à la demande comme conseiller, pour l'aide à la conception et l'aide au calcul des ouvrages à réaliser. Le calepinage est effectué par FEHR Technologies et approuvé par le B.E.T.

Fabrication :

Elle est réalisée dans les usines de la société FEHR Technologies :

- **FEHR Technologies Préfabrication**
Route de Strasbourg – BP 46
F-67242 BISCHWILLER Cedex
- **FEHR Technologies Ile De France SAS**
1, chemin du Port
F-77670 VERNOU LA CELLE SUR SEINE

Mise en œuvre :

Elle est réalisée par l'entreprise titulaire du marché.

8.2 Aide à la mise en œuvre

La société FEHR Technologies fournira systématiquement au client une documentation sur les spécificités de mise en œuvre des MURS PRECOFFRES CLASSIQUES

De plus, l'ensemble des nouveaux clients ou des clients utilisant pour la première fois une technologie de murs précoffrés particulière seront assistés par un expert de la société FEHR Technologies lors de la préparation et de la mise en place des premiers MURS PRECOFFRES CLASSIQUES.

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

B Résultats expérimentaux

Des essais de réalisation de poutres en murs précoffrés ont été réalisés le 27 novembre et 8 décembre 2003 au laboratoire du département génie civil de l'IUT Robert Schuman d'Illkirch Grafenstaden. Le but de ces essais était de valider par des tests les dispositions de l'Appréciation Technique d'Expérimentation Fehr Technologies du 13 janvier 2003 référencée sous le numéro ATEX n° 1157, et de montrer que les dispositions de conception qui y étaient définies et qui sont reprises dans la présente révision, permettent de réaliser des poutres « PRECOFFRE » de résistance équivalente à des poutres préfabriquées pleines ou coulées en place.

C Références

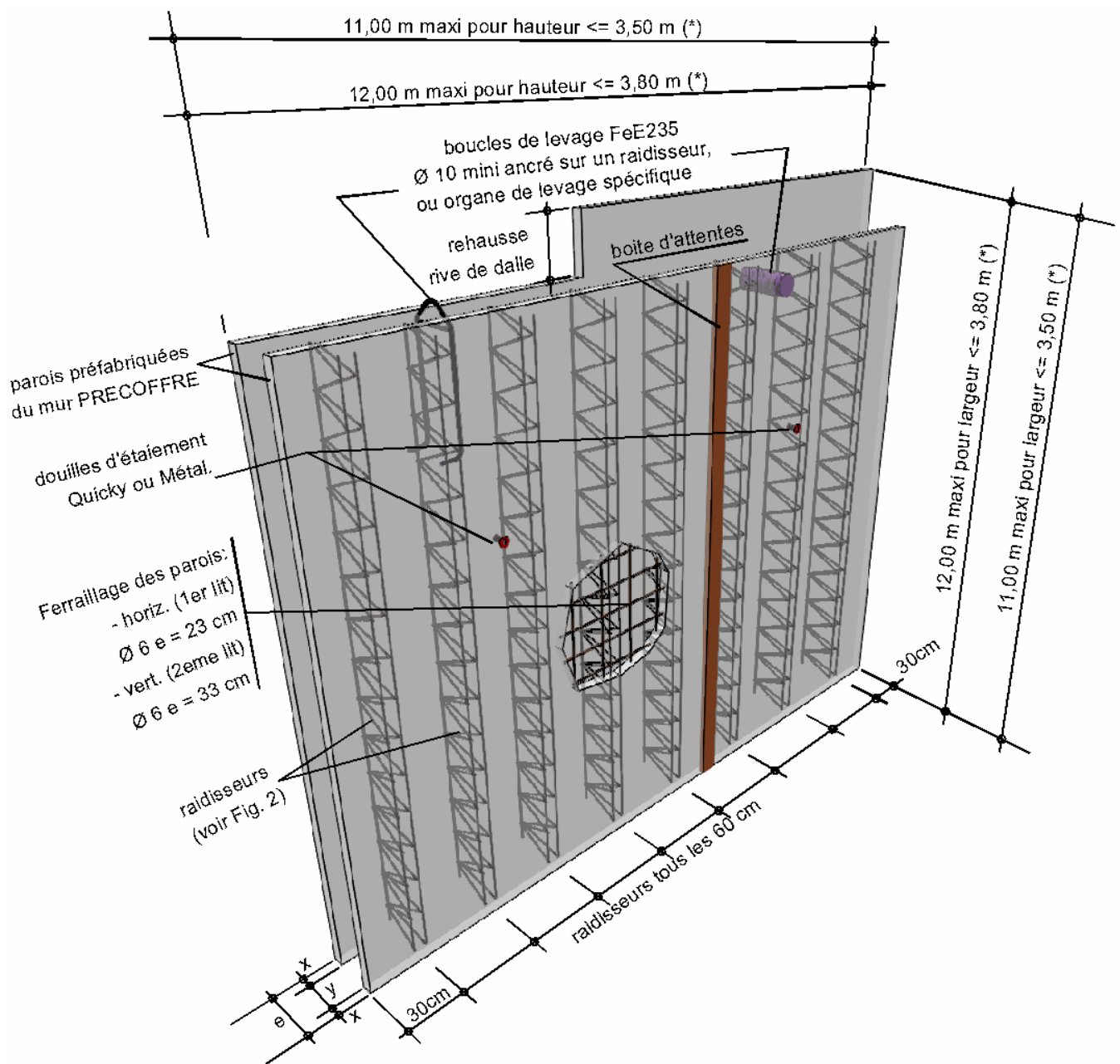
Depuis la formulation de l'avis technique n° 1/99-745, FEHR Technologies a produit prêt de 600 000 m² de murs précoffrés classiques :

1999 :	100 000 m ²	
2000 :	120 000 m ²	
2001 :	130 000 m ²	
2002 :	150 000 m ²	
2003 :	200 000 m ²	dont 50 000 m ² par le site de Vernou.

Figures et tableaux du Dossier Technique

DESSINS TECHNIQUES

FIGURE 1. : PERSPECTIVE MUR PRECOFFRE



(*) : en fonction de l'usine de production

e = 16 cm à 50 cm
x = 4,5 cm à 7,5 cm
y = 7 cm à 40 cm

FIGURE 2. : RAIDISSEURS / POUTRELLES

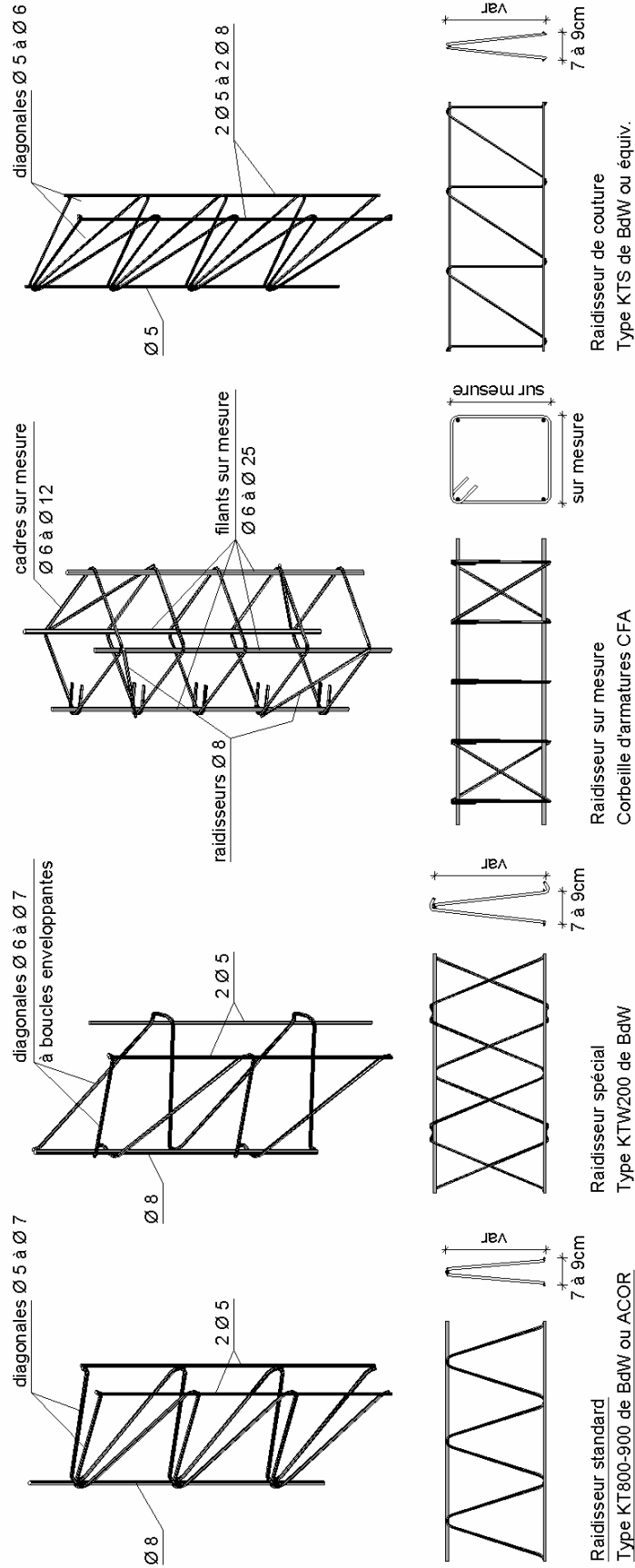


FIGURE 3. : DETAIL / POSITION DES ACIERS

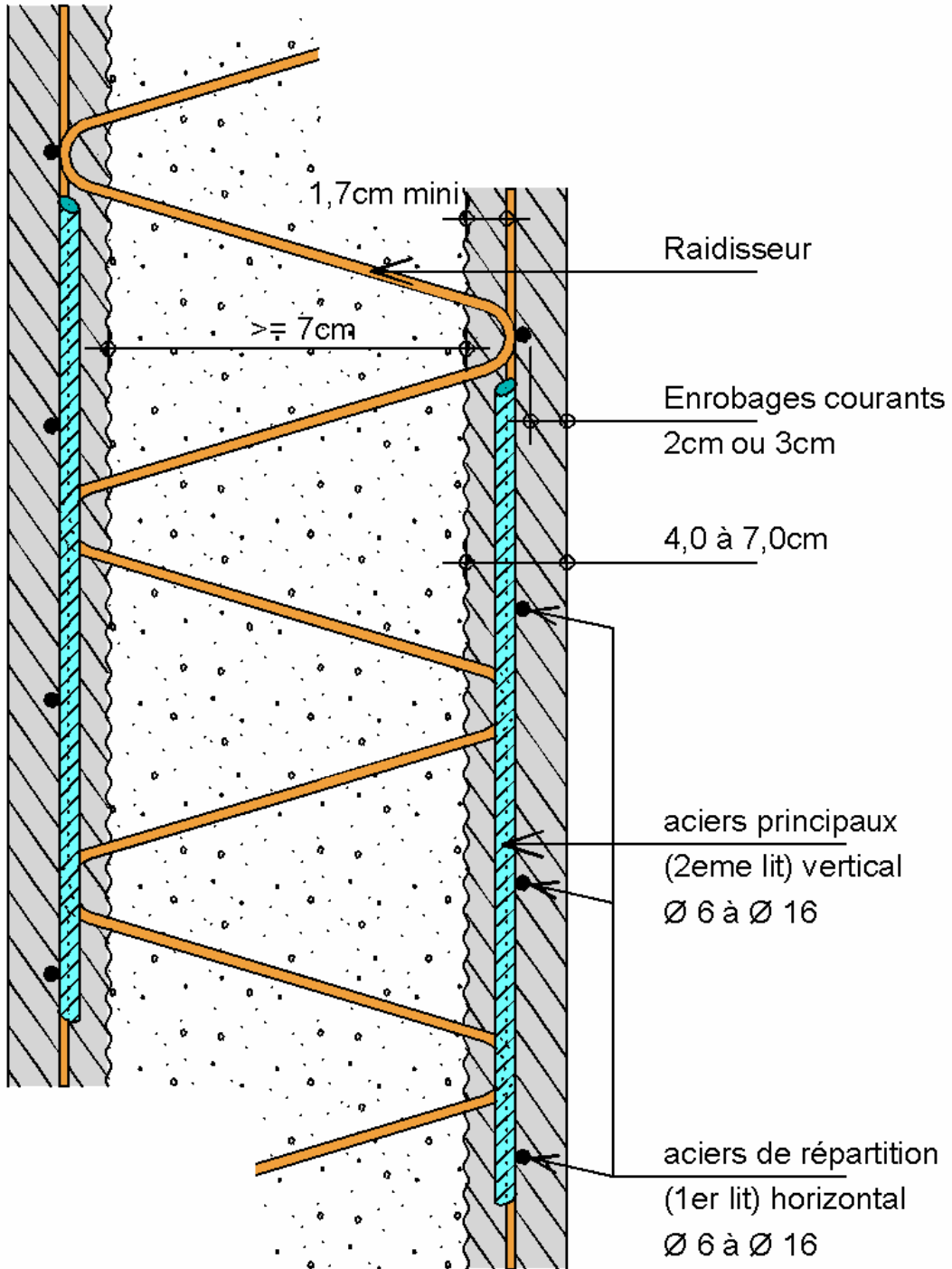


FIGURE 4. : DOUILLES QUICKY EN PVC ET DOUILLES METAL.

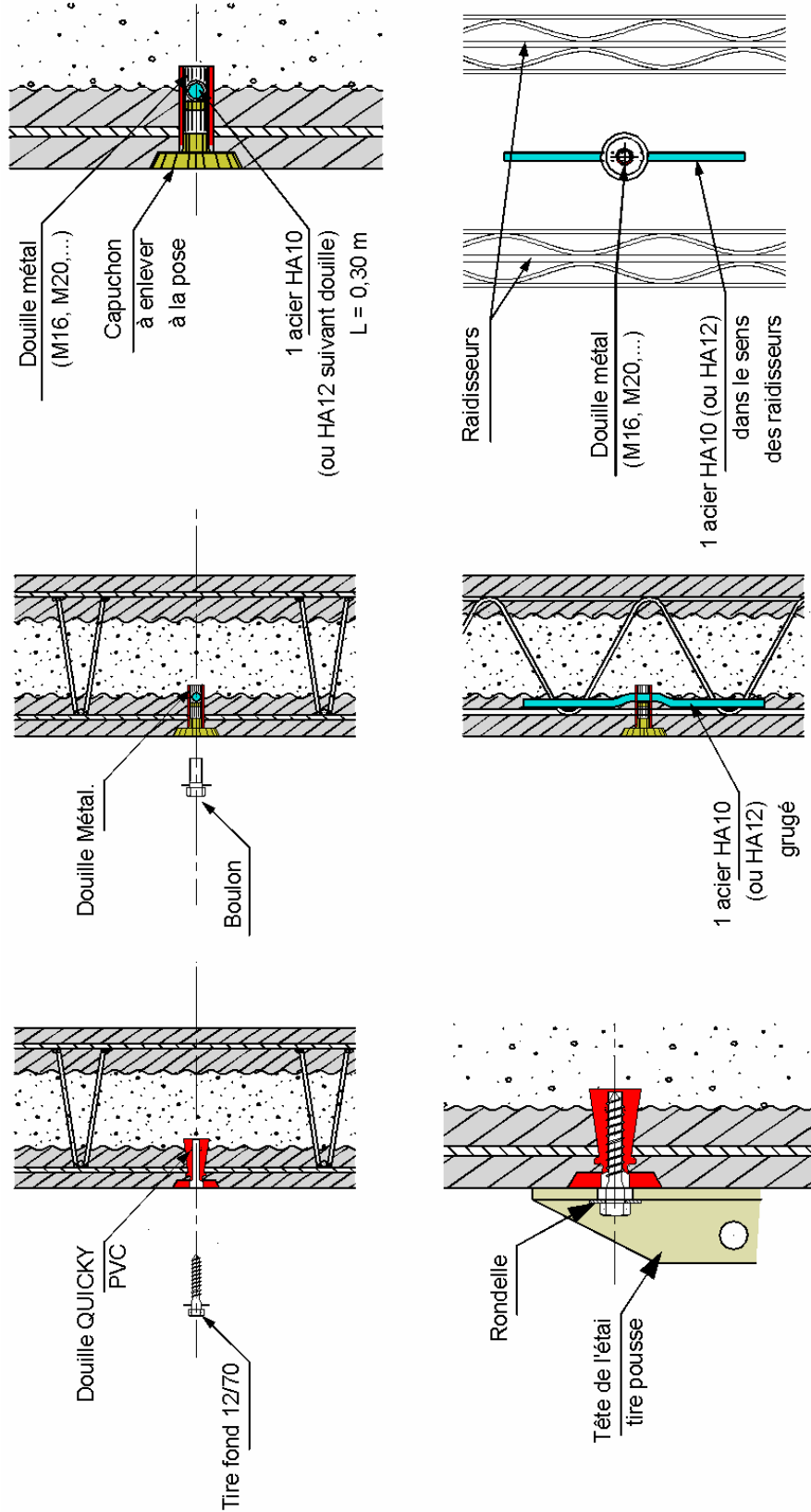
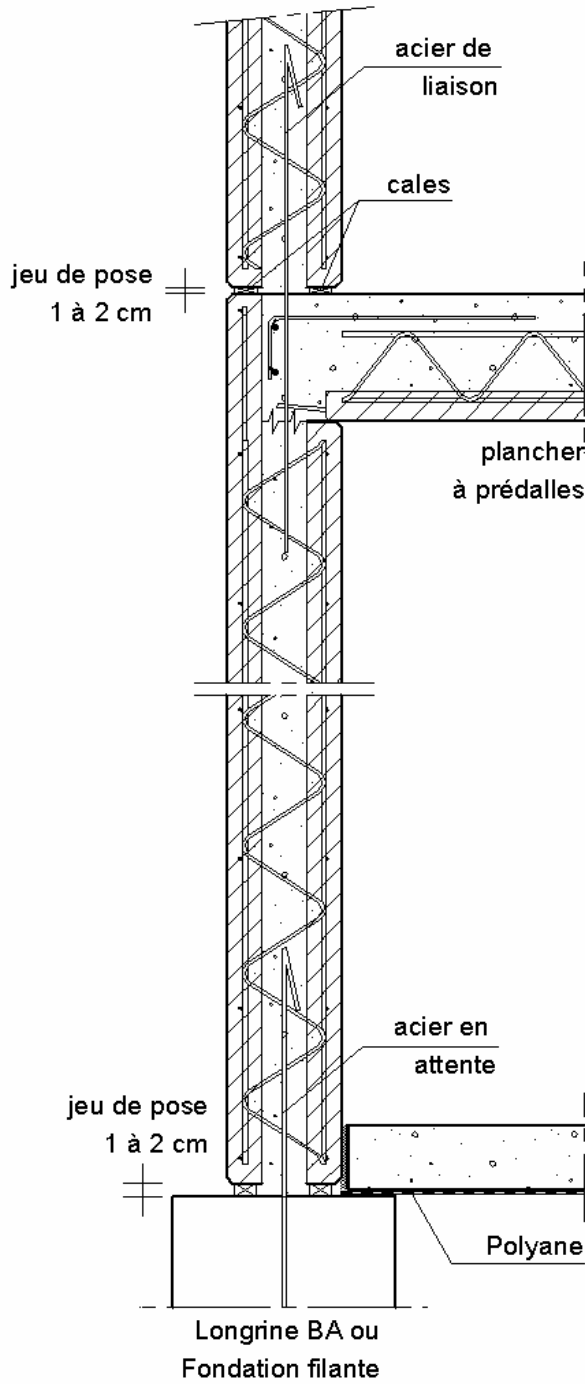


FIGURE 5. : COUPES VERTICALES COURANTES

Coupe courante
sur étage intermédiaire



Liaison sans plancher
(cage d'escalier)

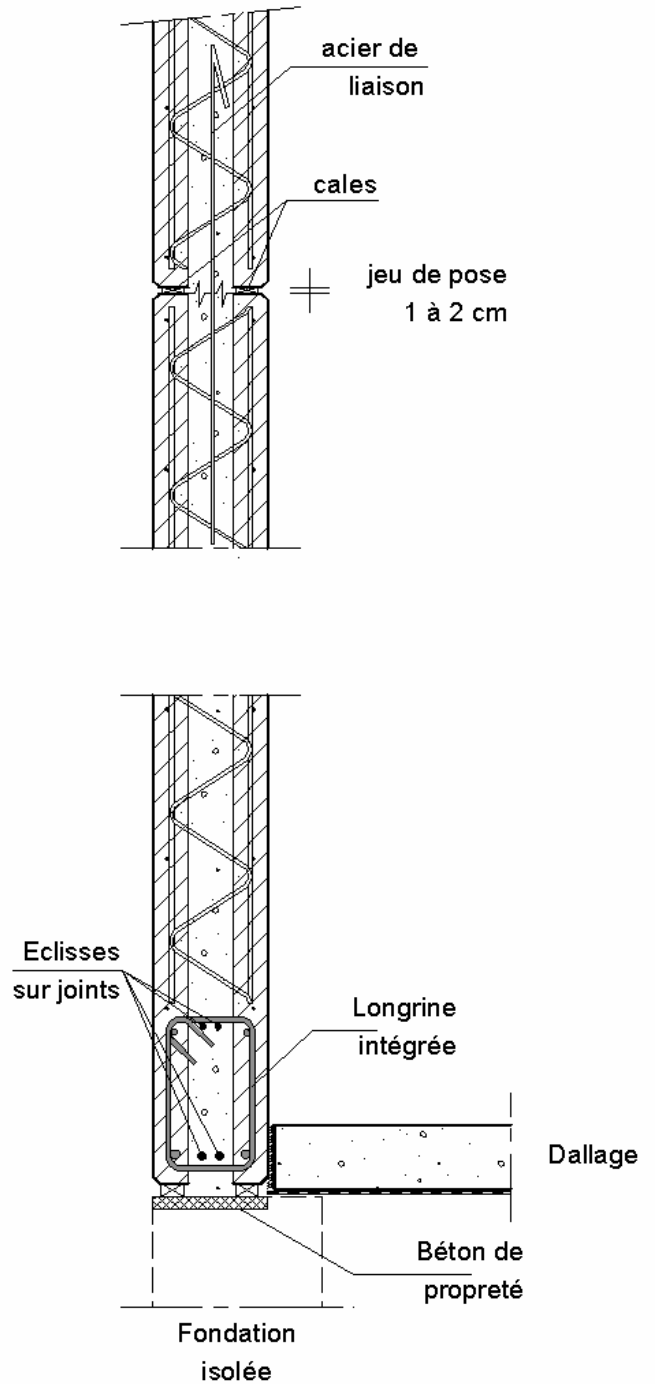


FIGURE 6. : COUPES SUR ALLEGES ET MURS INCLINES

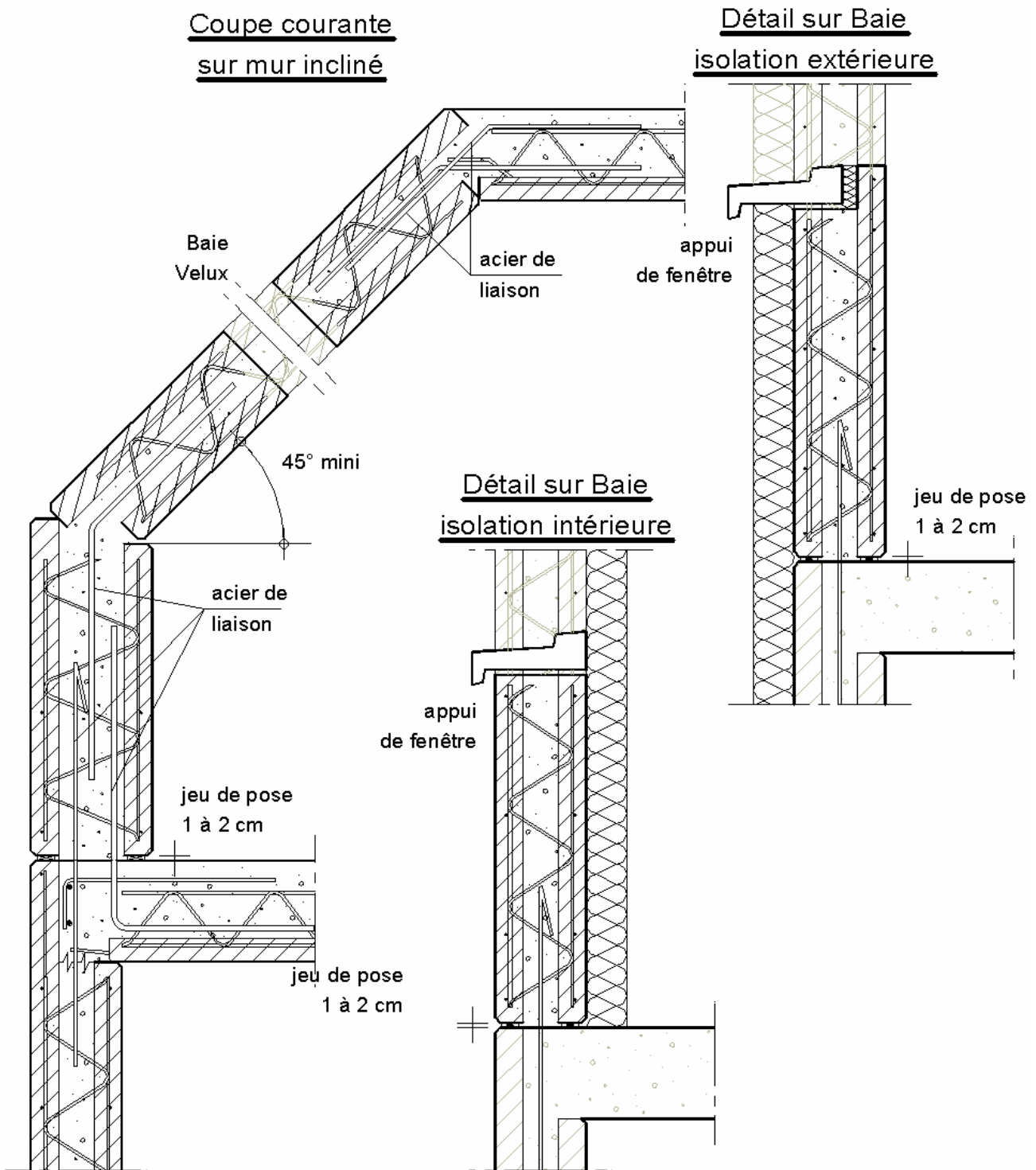


FIGURE 7. : LINTEAUX INCORPORES

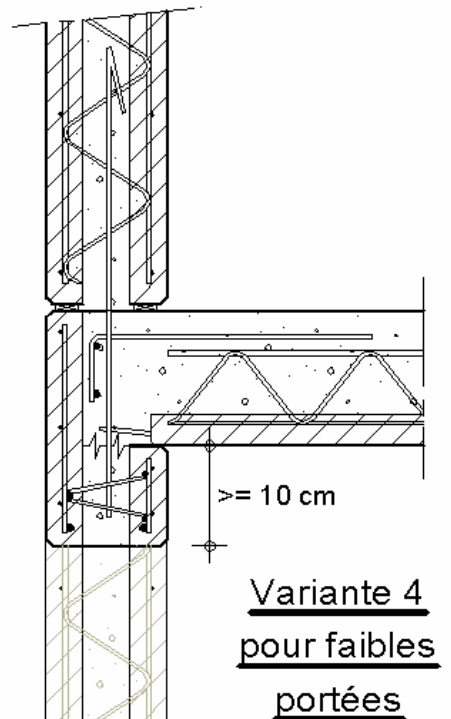
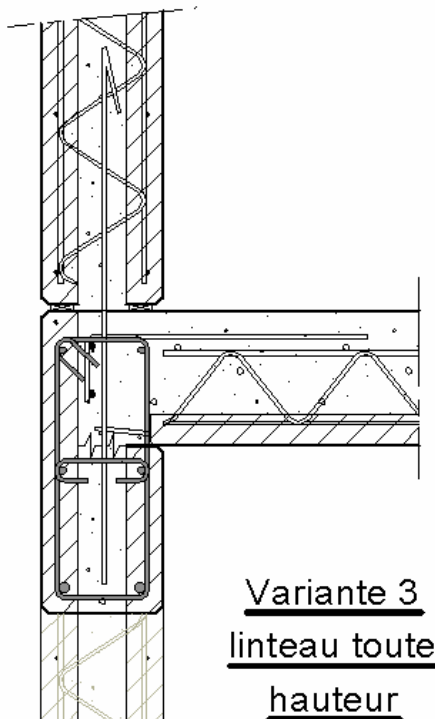
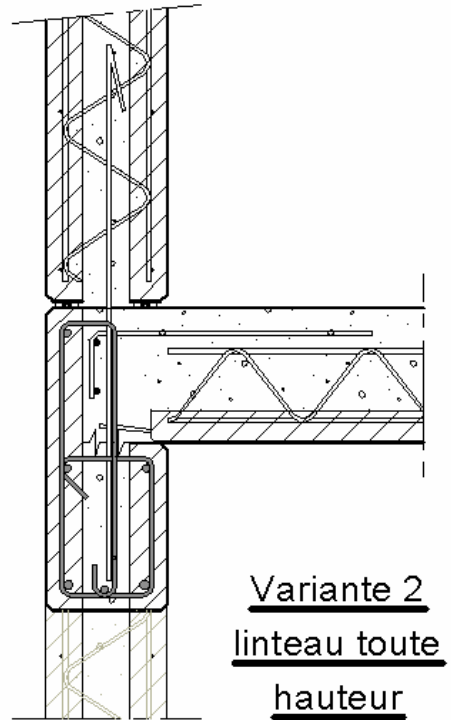
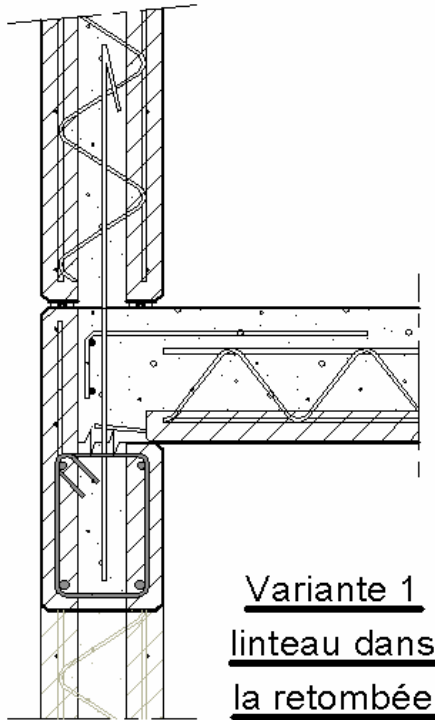


FIGURE 8. : POTEAUX INCORPORES

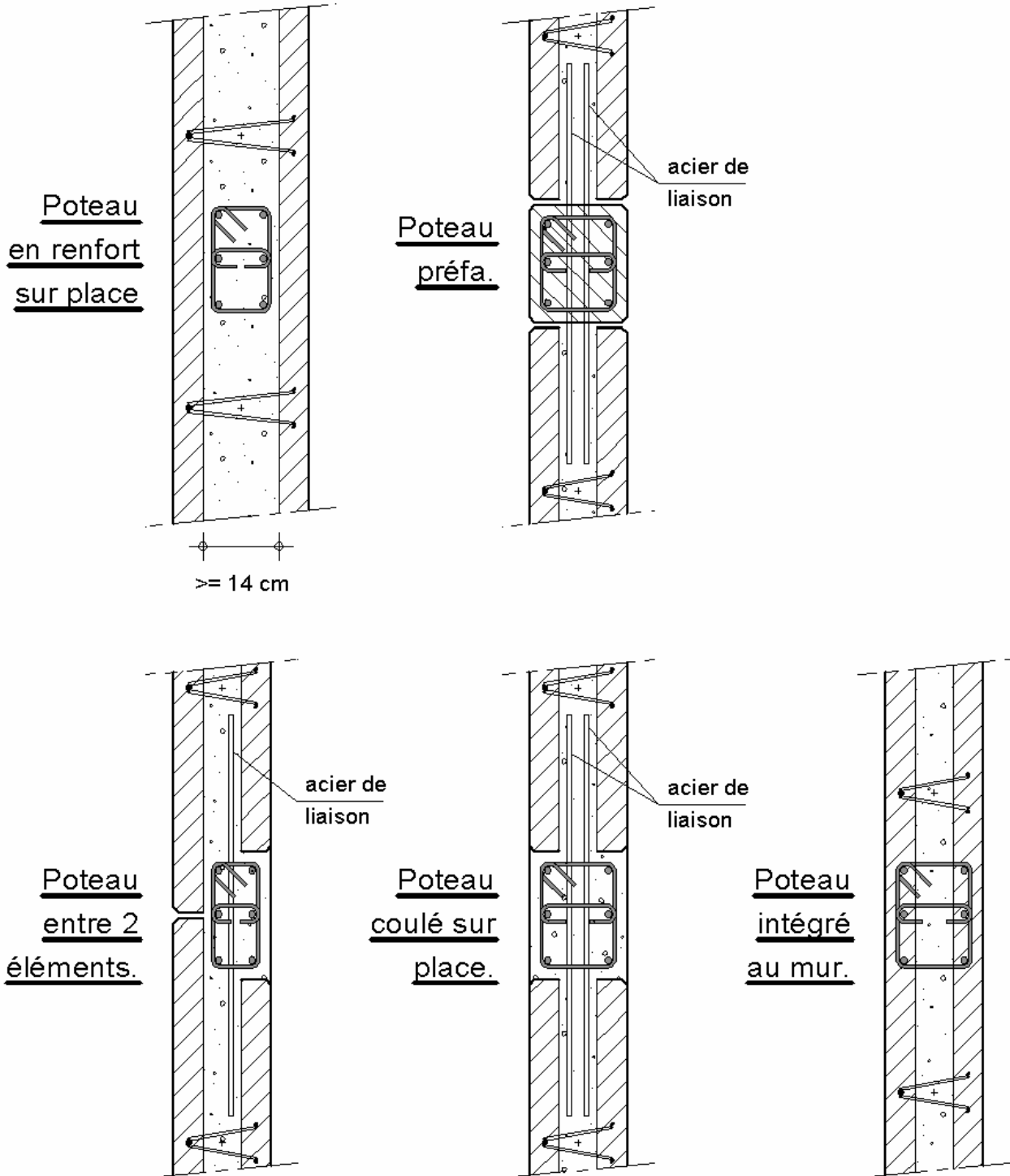


FIGURE 9. : MURS ET PIGNONS

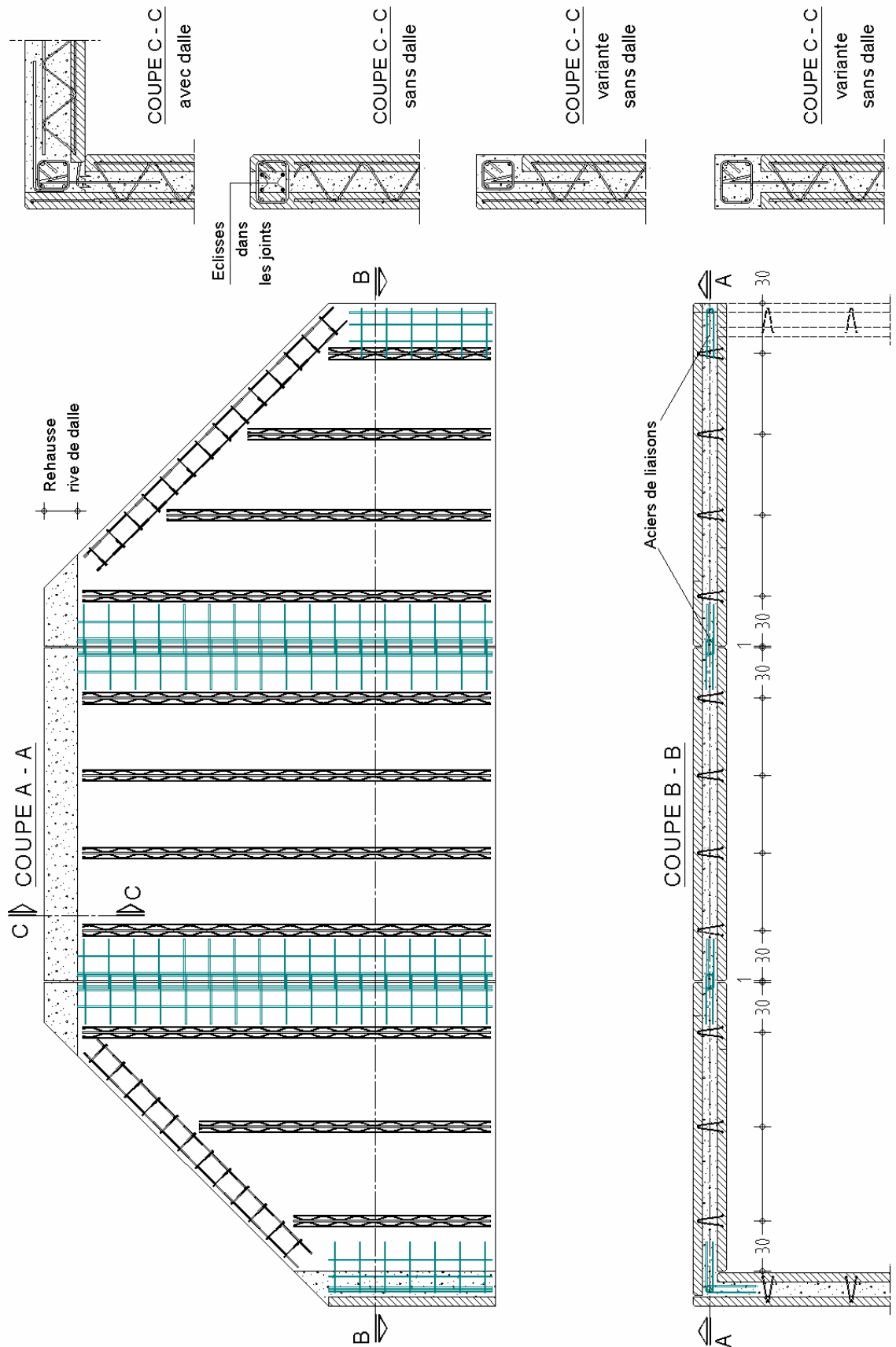
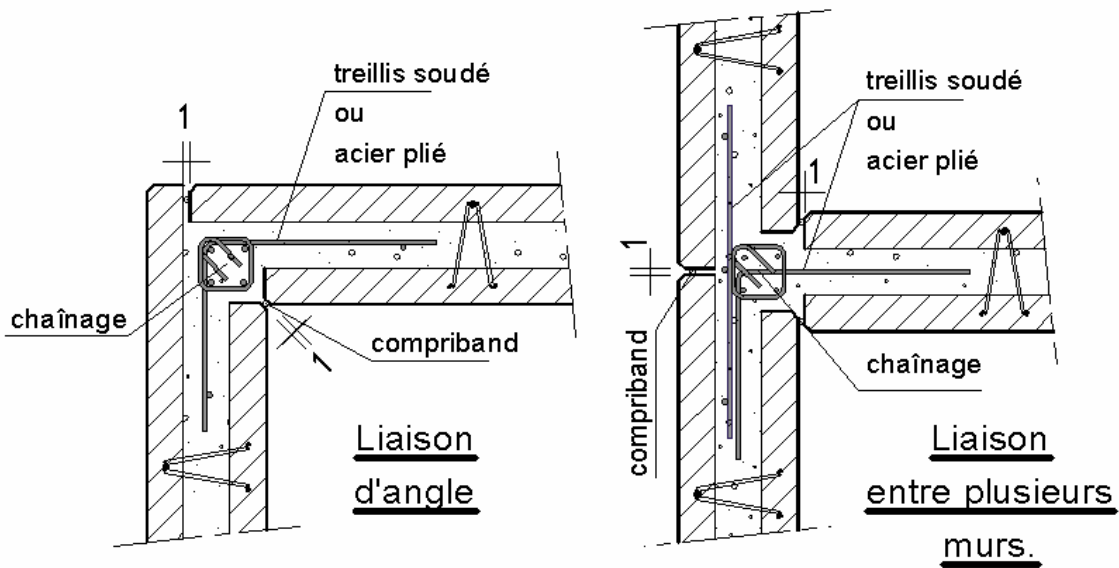
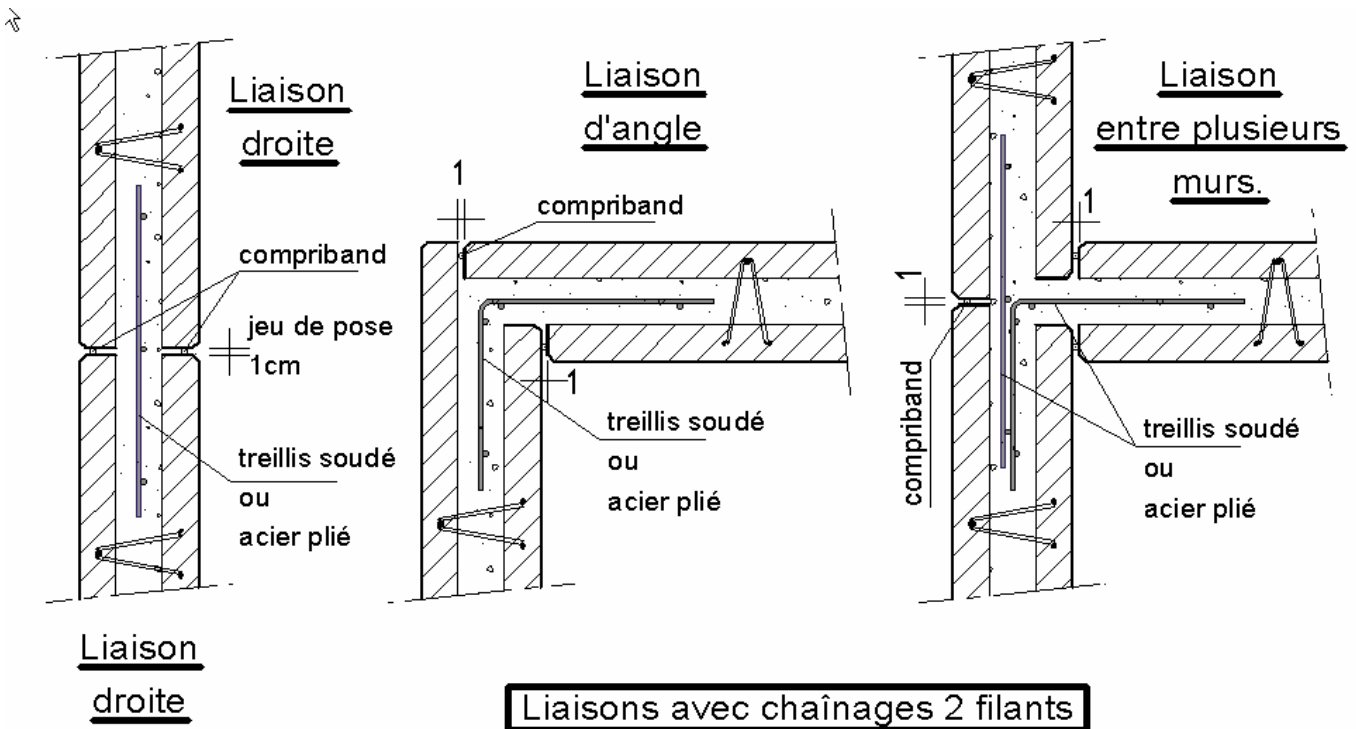
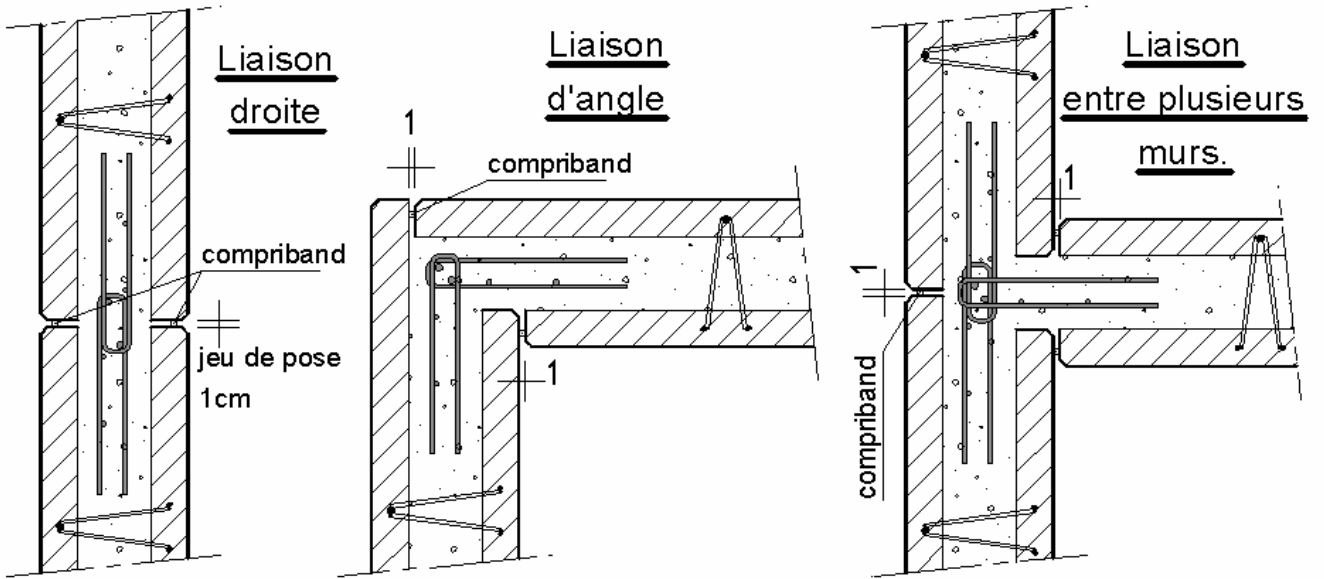


FIGURE 10. : LIAISONS VERTICALES ENTRE MURS EP. 16 à 18 CM

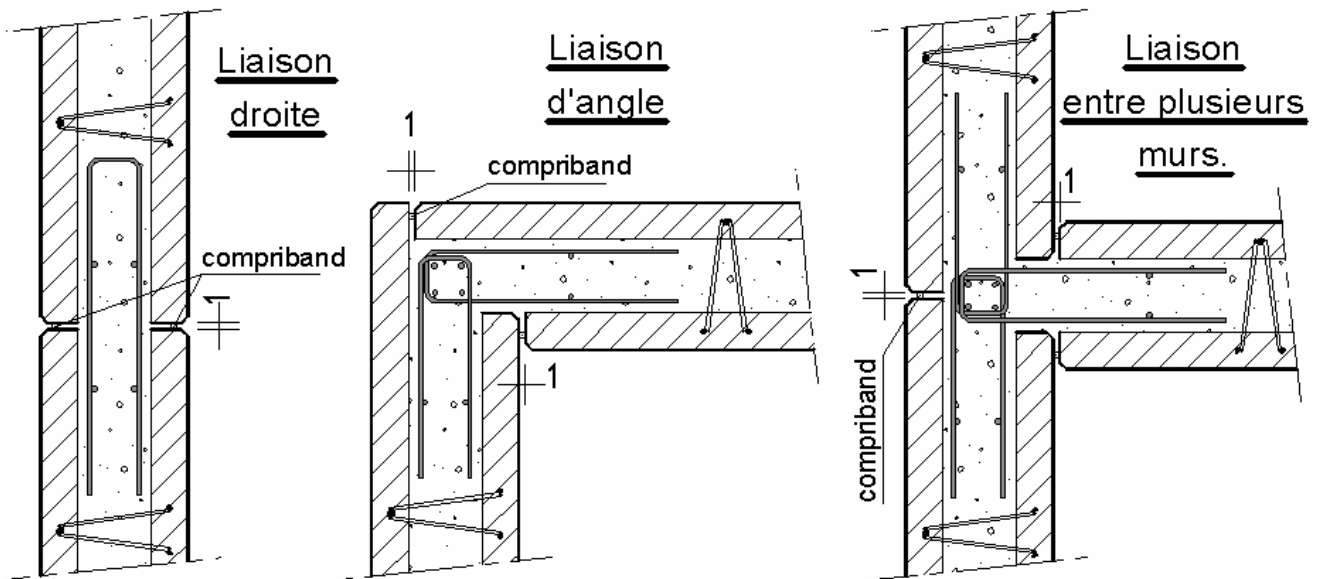


Liaisons avec chaînages 4 filants

FIGURE 11. : LIAISONS VERTICALES ENTRE MURS EP.≥20CM

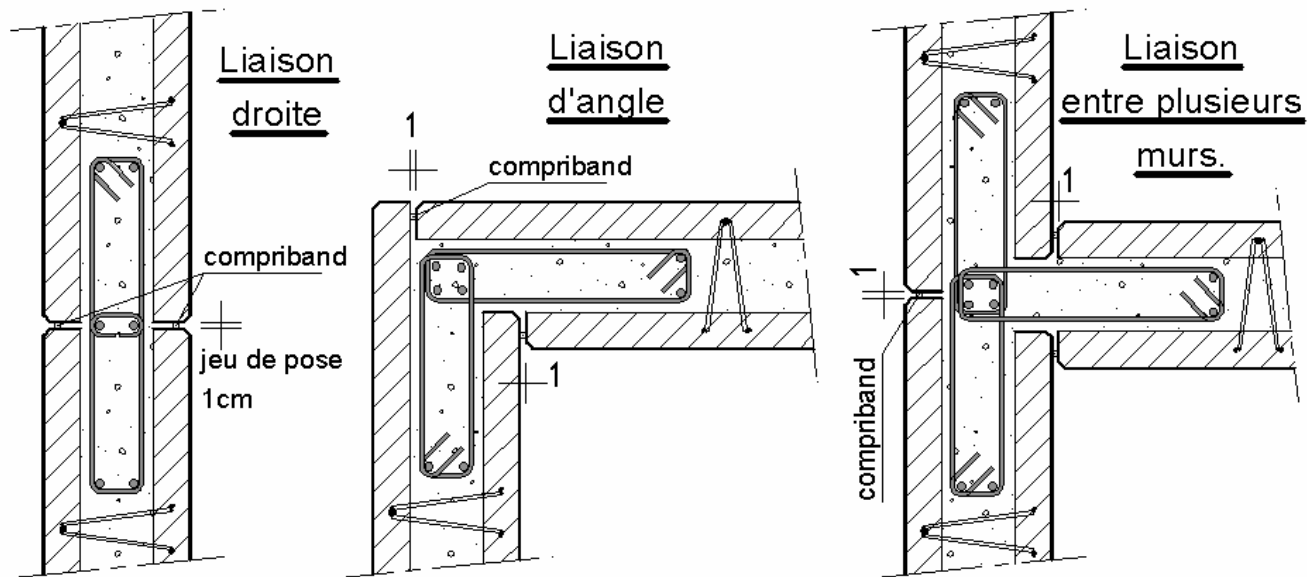


Liaisons avec aciers de liaisons standards FEHR

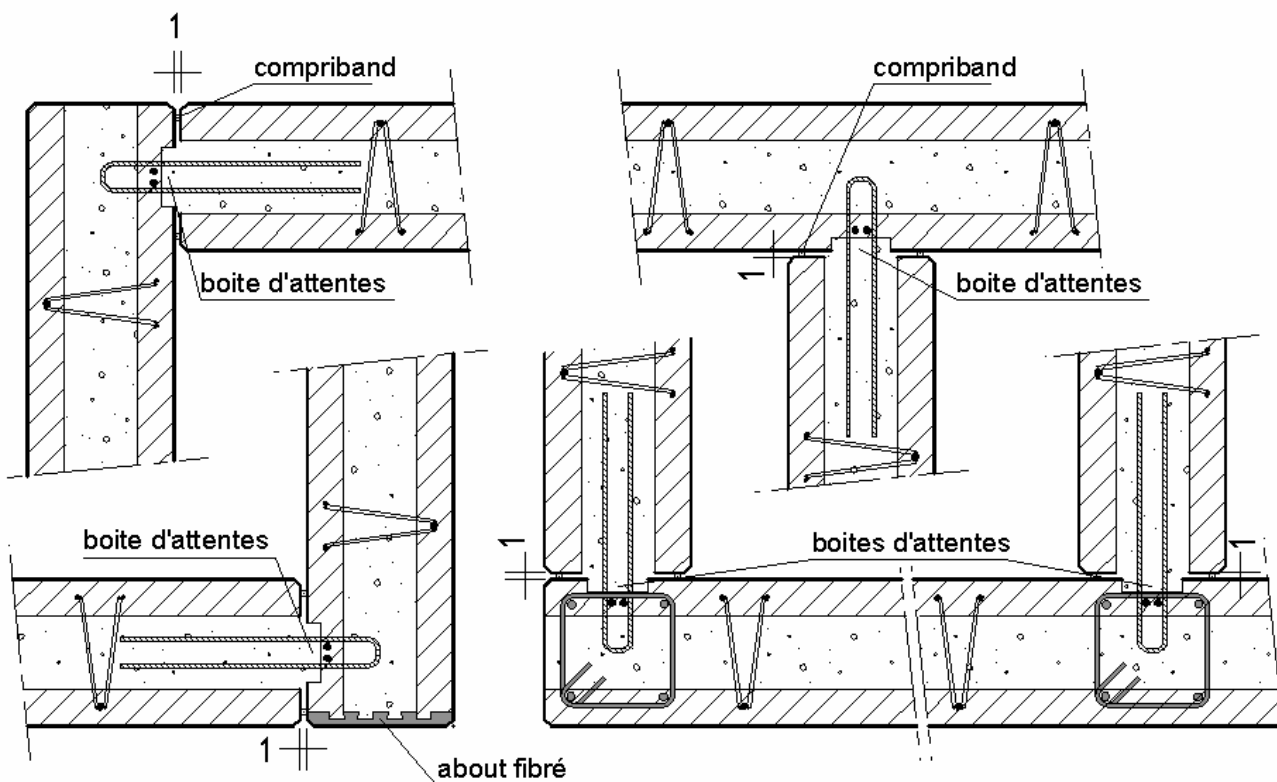


Liaisons avec aciers de liaisons en TS pliés

**FIGURE 12 : LIAISONS VERTICALES ENTRE MURS EP. ≥ 20 CM (suite)
et LIAISONS AVEC BOITE D'ATTENTES MURS EP ≥ 16 CM**

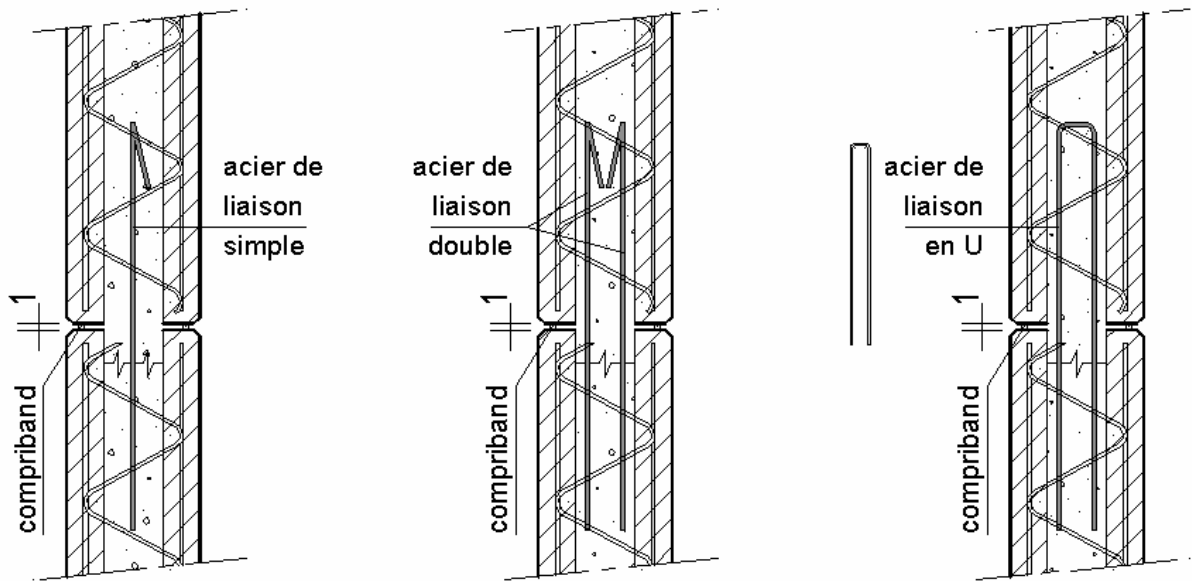


Liaisons avec aciers de liaisons en cadres

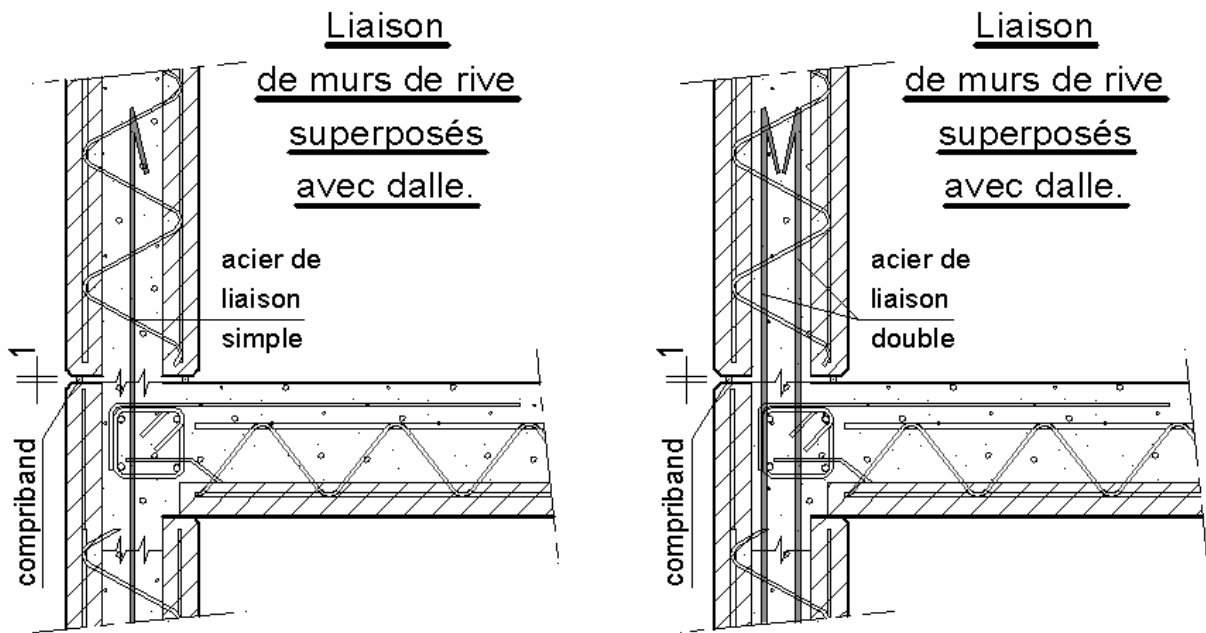


Liaisons avec boites d'attentes, avec et sans chaînages

FIGURE 13 : LIAISONS HORIZONTALES

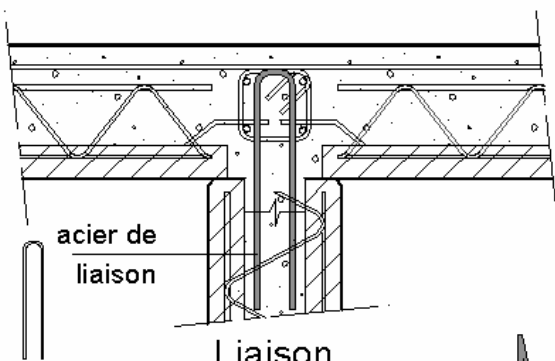
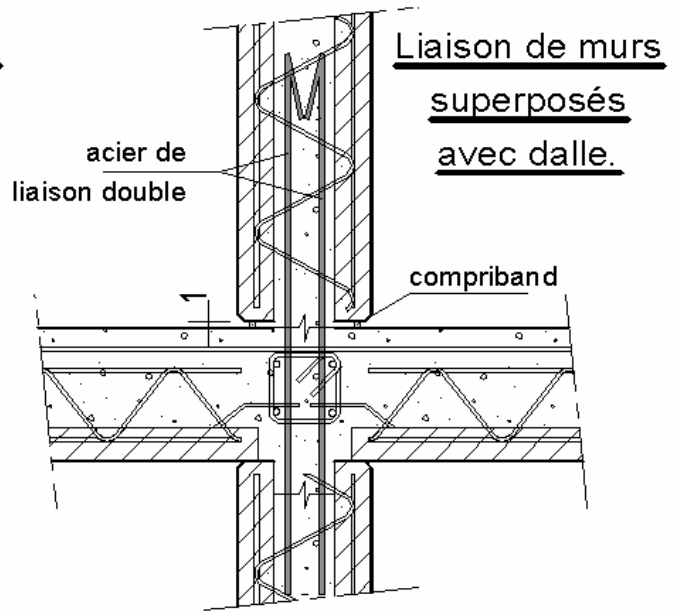
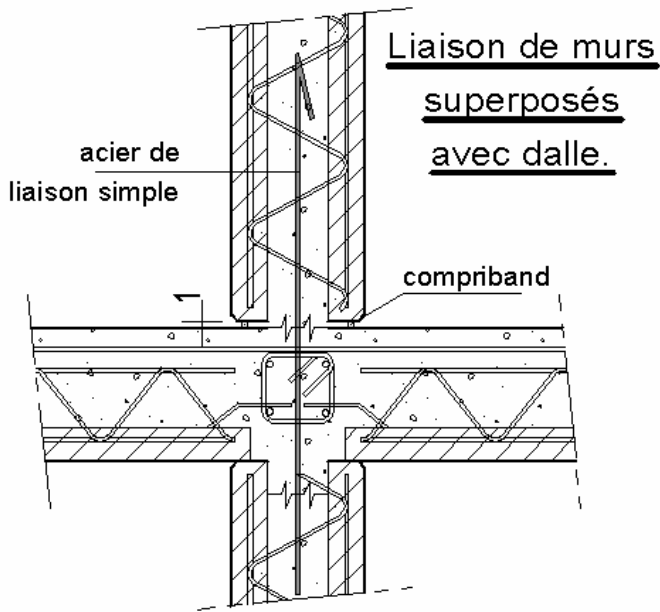


Liaisons de murs superposés sans dalle

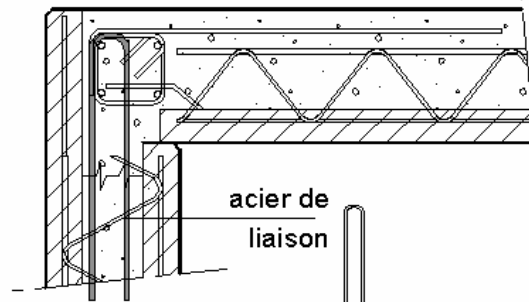


Liaisons de murs de rives avec dalle

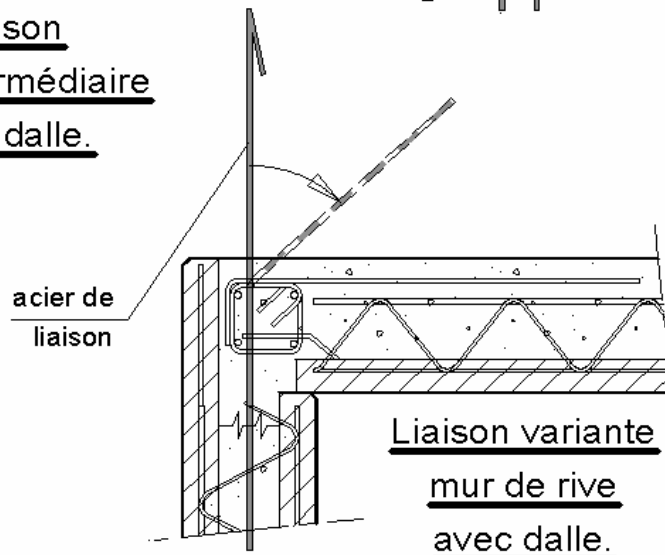
FIGURE 14 : LIAISONS HORIZONTALES (suite)



Liaison mur intermédiaire avec dalle.



Liaison mur de rive avec dalle.



**FIGURE 15 : LIAISONS HORIZONTALES AVEC BOITES D'ATTENTES
ou AVEC DALLE ALVEOLAIRE**

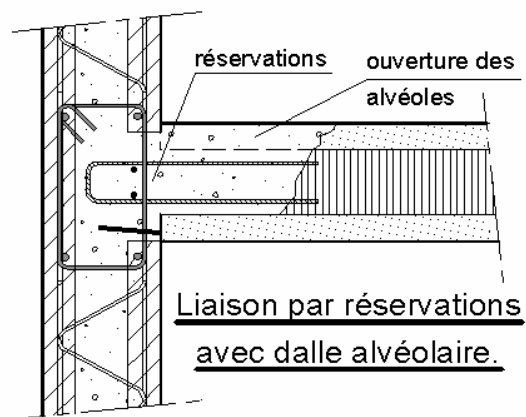
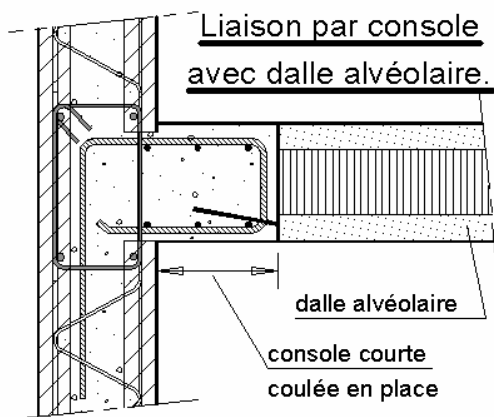
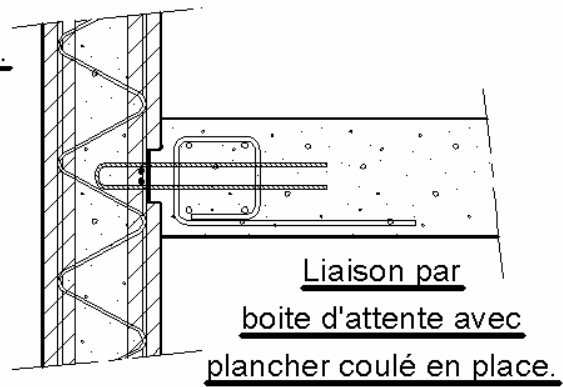
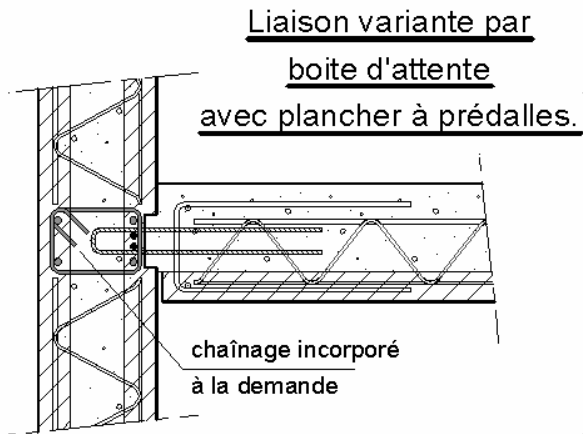
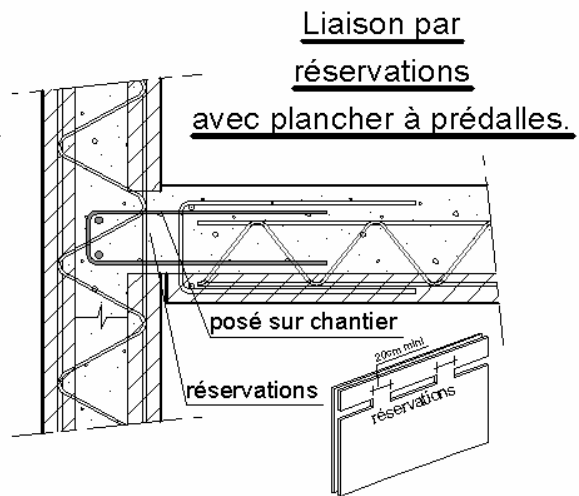
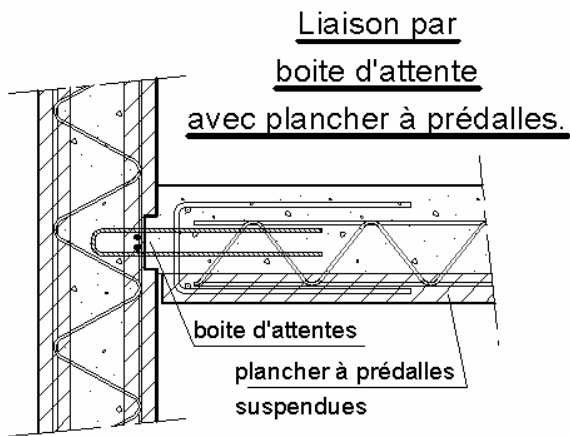


FIGURE 16 : ACROTÈRES BAS

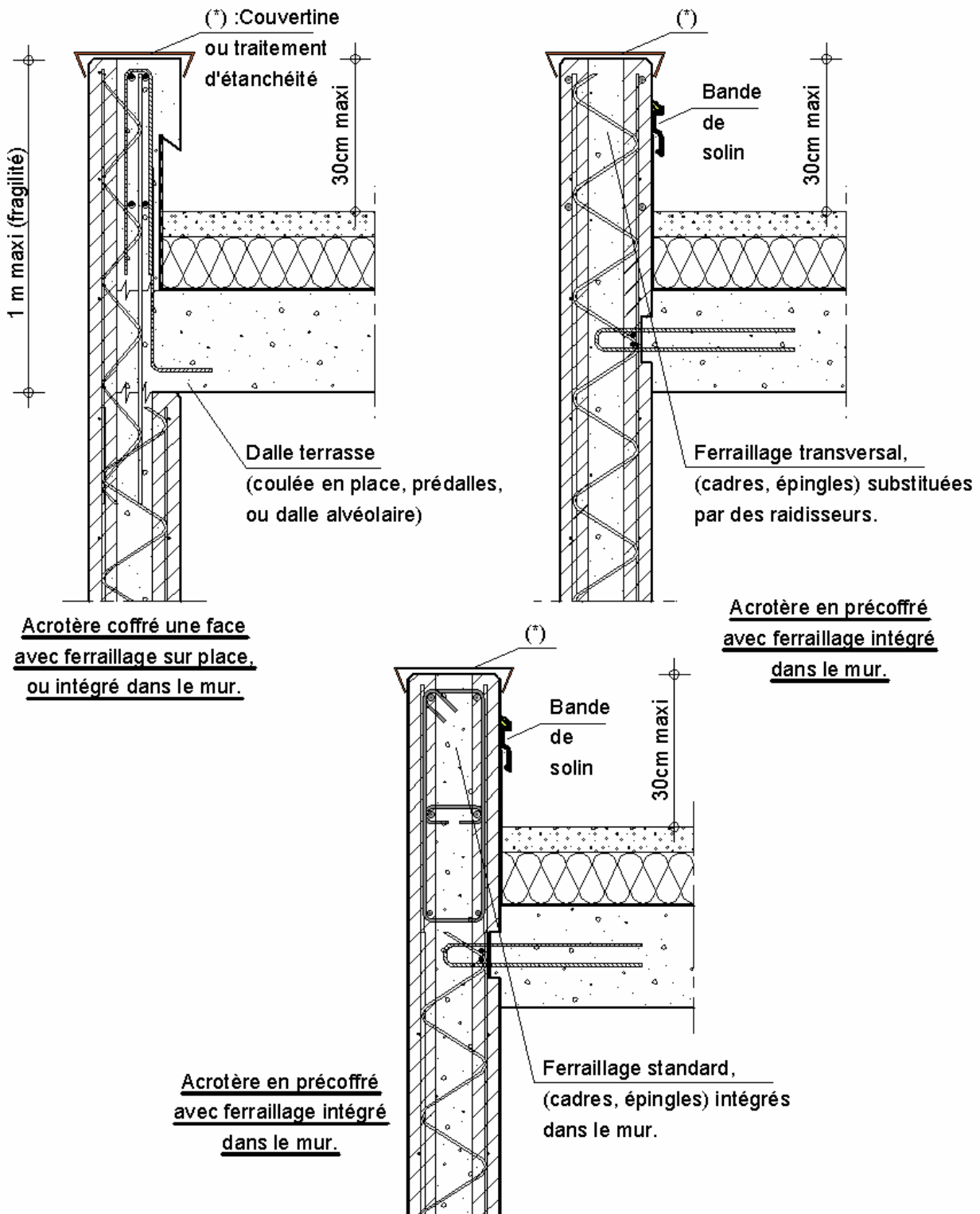
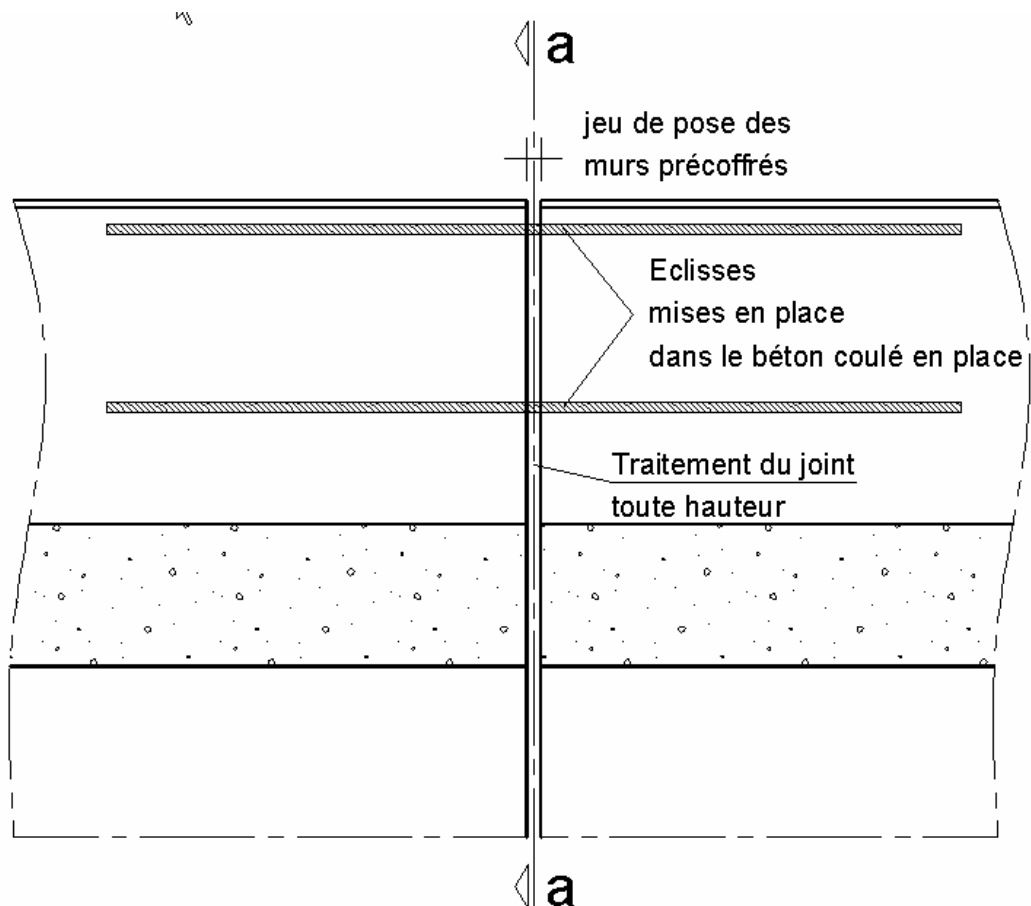


FIGURE 17 : DETAIL AUX JOINTS DESACROTERES BAS



Coupe a - a

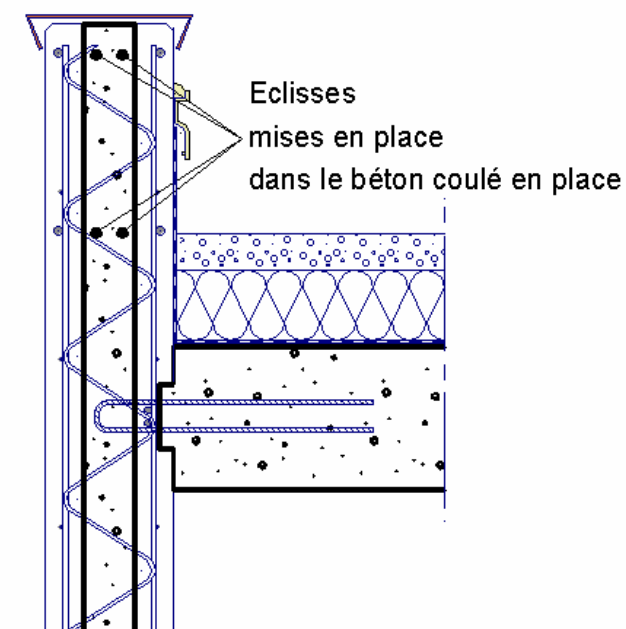
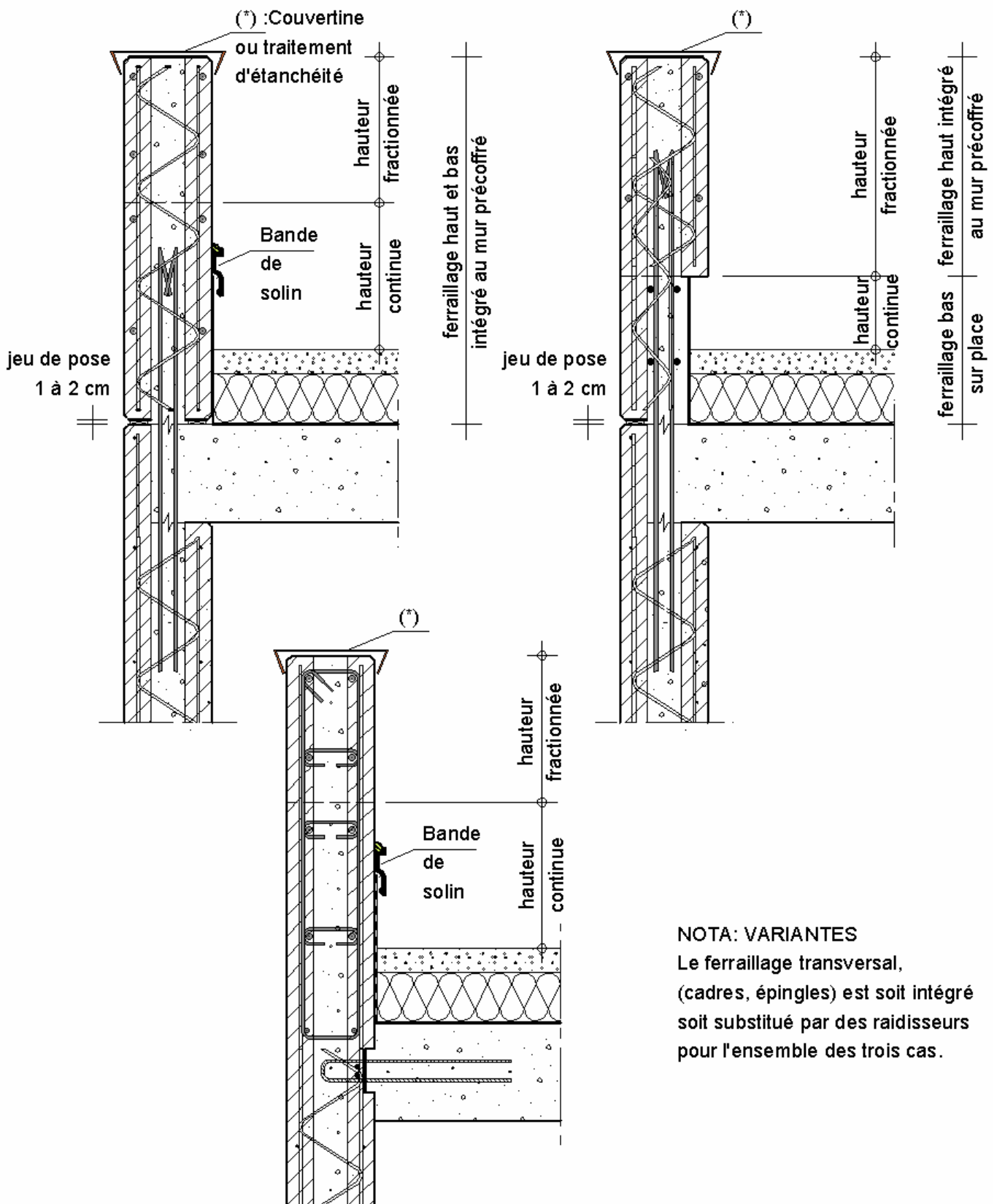
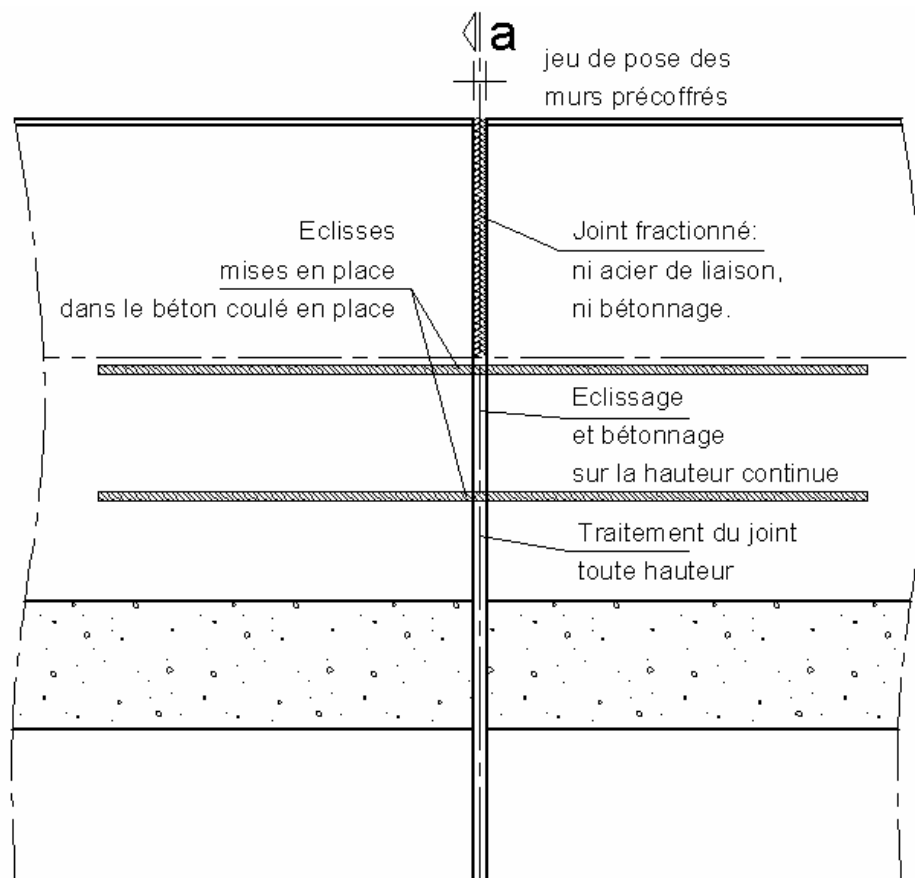


FIGURE 18 : ACROTÈRES HAUTS



NOTA: VARIANTES
 Le ferrailage transversal, (cadres, épingles) est soit intégré soit substitué par des raidisseurs pour l'ensemble des trois cas.

FIGURE 19 : DETAIL AUX JOINTS DES ACROTERES HAUTS



Coupe a - a

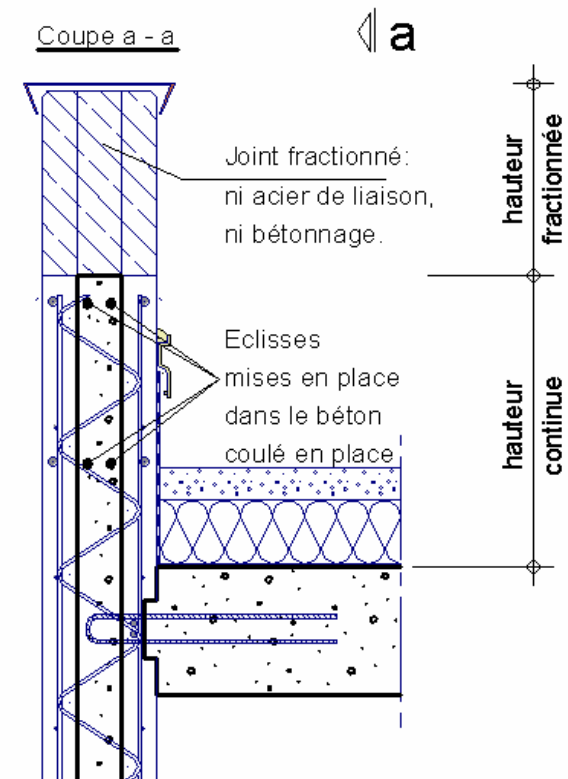
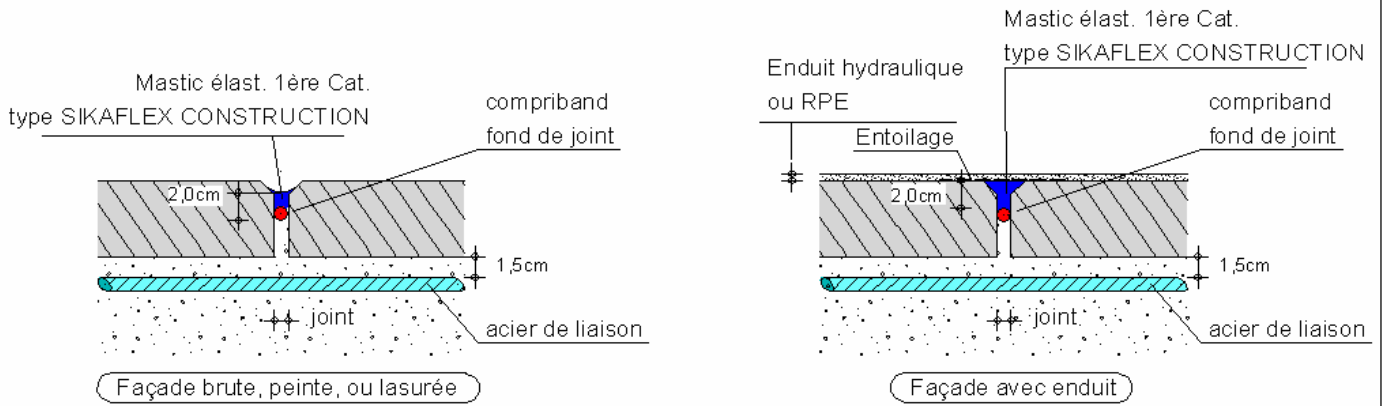
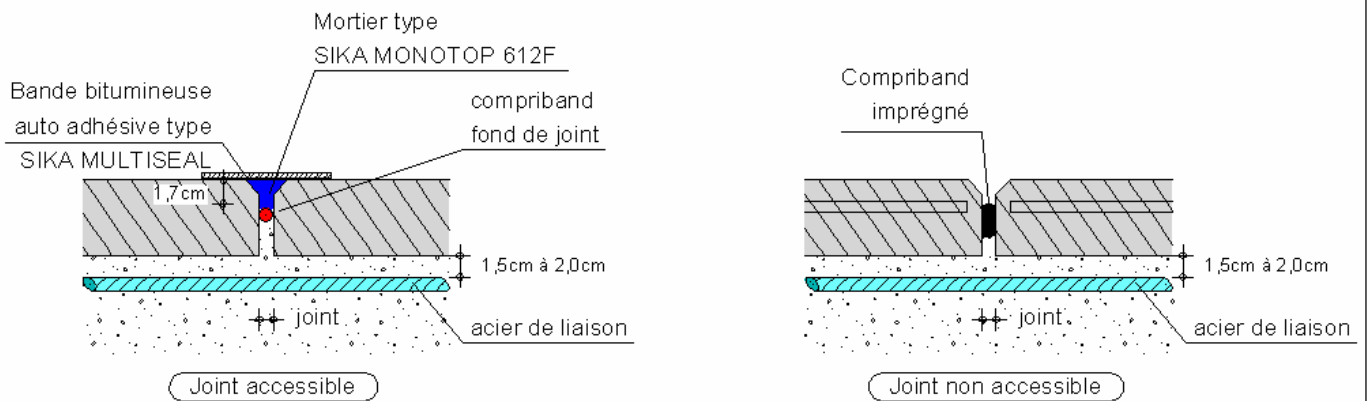


FIGURE 20 : TRAITEMENT DES JOINTS

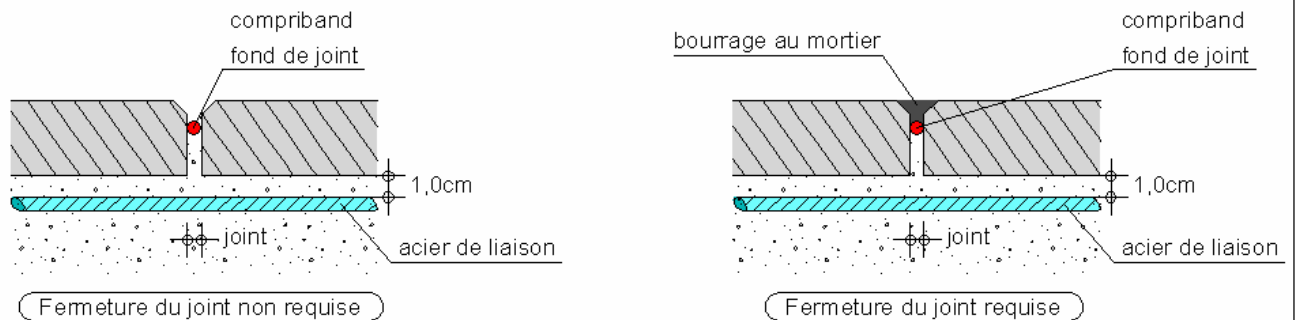
JOINTS EN SUPERSTRUCTURE EXPOSES AUX INTEMPERIES (Art. 4.1.1.1)



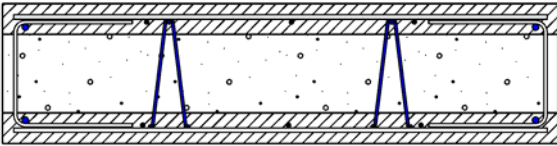
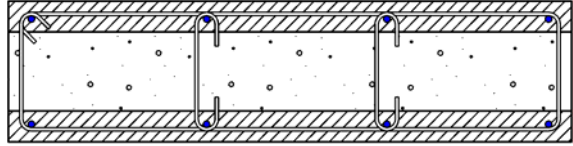
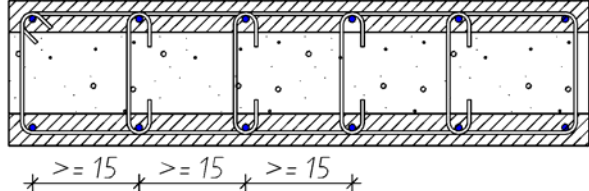
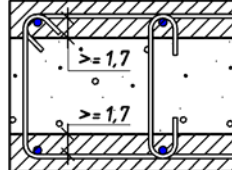
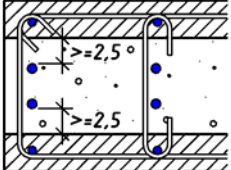
JOINTS EN INFRASTRUCTURE EN CONTACT AVEC LA TERRE (Art. 4.1.2.1)



JOINTS NON EXPOSES EN INFRASTRUCTURE ET EN SUPERSTRUCTURE (Art. 4.1.1.2 et Art. 4.1.2.2)

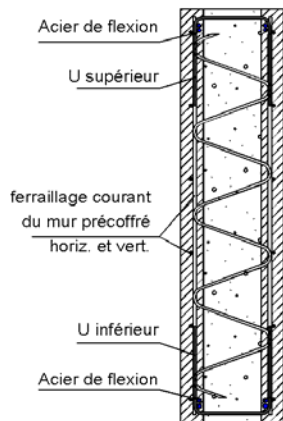


ANNEXE 1 : POTEAUX ET POUTRES EN MUR PRECOFFRE

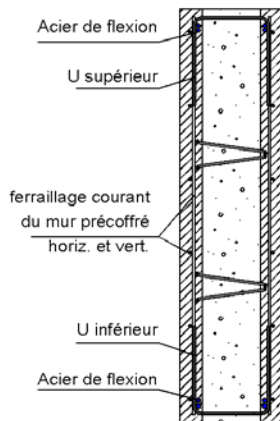
POTEAUX																	
Poteau ne nécessitant pas de renforts d'armatures	Poteau nécessitant des renforts d'armatures																
	  <p align="center">* ≥ 15 * ≥ 15 * ≥ 15 *</p> <p align="center"><u>Enrobages mini intérieurs</u></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div align="center">  <p>$\geq 1,7$ $\geq 1,7$</p> </div> <div align="center">  <p>$\geq 2,5$ $\geq 2,5$</p> </div> </div> <p align="center"><u>Diamètre maxi des attentes et éclisses</u></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Epaisseur du mur précoffré</th> <th>Ø maxi</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>16 cm</td> <td>Ø10</td> </tr> <tr> <td>18 cm</td> <td>Ø12</td> </tr> <tr> <td>20 cm</td> <td>Ø20</td> </tr> <tr> <td>22 cm</td> <td>Ø20</td> </tr> <tr> <td>24 cm</td> <td>Ø25</td> </tr> <tr> <td>25 cm</td> <td>Ø32</td> </tr> <tr> <td>≥ 30cm</td> <td>Ø32</td> </tr> </tbody> </table>	Epaisseur du mur précoffré	Ø maxi	16 cm	Ø10	18 cm	Ø12	20 cm	Ø20	22 cm	Ø20	24 cm	Ø25	25 cm	Ø32	≥ 30 cm	Ø32
Epaisseur du mur précoffré	Ø maxi																
16 cm	Ø10																
18 cm	Ø12																
20 cm	Ø20																
22 cm	Ø20																
24 cm	Ø25																
25 cm	Ø32																
≥ 30 cm	Ø32																

POUTRES

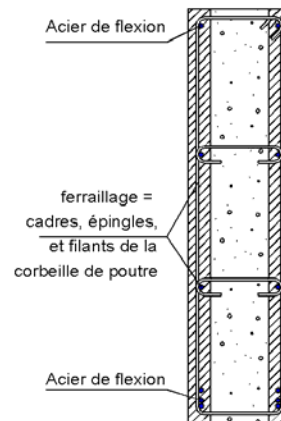
Principes de ferrailage de poutres en murs précoffrés



Poutre avec U inférieur et supérieur et raidisseurs verticaux

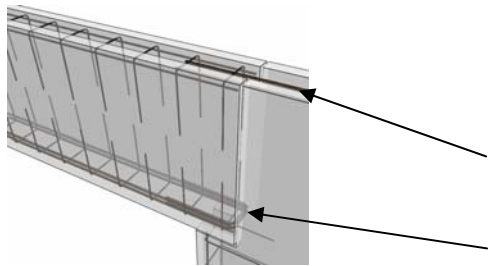


Poutre avec U inférieur et supérieur et raidisseurs horizontaux



Poutre avec corbeille CFA classique de poutre béton armé

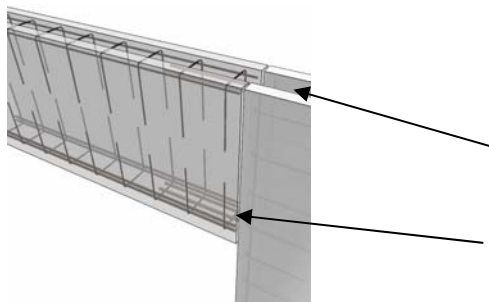
Principes d'appuis de poutres en murs précoffrés



Appui complet de toute l'épaisseur de la poutre précoffré sur l'appui.

Eclisses hautes, mises en place sur chantier dans la partie coulée en place.

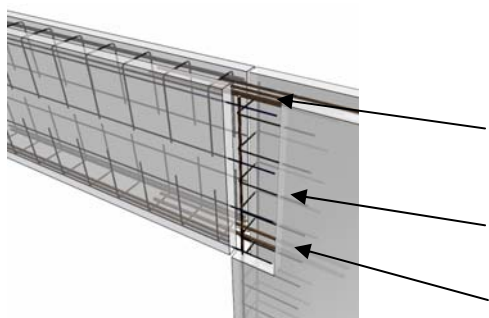
Aciers d'ancrage d'effort tranchant intégrés au mur précoffrés (U à plats ou barres droites)



Arrêt de la poutre précoffré avant l'appui avec joint de 1cm.

Eclisses hautes, mises en place sur chantier dans la partie coulée en place.

Eclisses basses, mises en place sur chantier dans la partie coulée en place.



Ouverture d'une face de la poutre précoffré sur appui..

Eclisses hautes, mises en place sur chantier dans la partie coulée en place.

Aciers horizontaux dépassants côté peau ouverte.

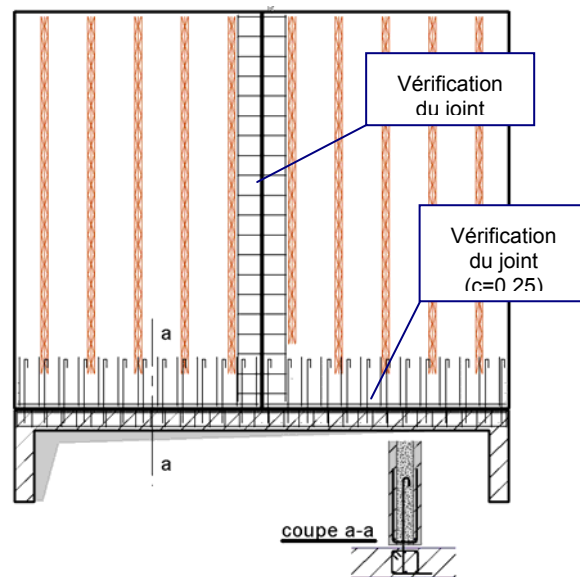
Eclisses basses, mises en place sur chantier dans la partie coulée en place.

ANNEXE 2 : CAS TYPES DE POUTRES VOILES EN MURS PRECOFFRES

CAS 1	
<ul style="list-style-type: none"> • POUTRE VOILE réalisée d'un seul tenant, avec intégration du tirant dans le mur précoffré. • Etant donné l'absence de joints, cette solution ne nécessite pas de vérifications particulières par rapport au calcul classique de poutre voile. 	
CAS 2	
<ul style="list-style-type: none"> • POUTRE VOILE réalisée en plusieurs murs précoffrés superposés. • Cette solution nécessite la vérification de la résistance du joint horizontal à l'effort tranchant. • Le type de liaison est choisi en fonction de l'effort à reprendre parmi celles de l'ANNEXE 4 Tableau 1. • Ce type de configuration nécessite la présence de raidisseurs aux extrémités de la poutre voile. 	
CAS 3	
<ul style="list-style-type: none"> • POUTRE VOILE réalisée en plusieurs parties. • Le tirant de la poutre voiles est coulé en place ou préfabriquée. • La partie au-dessus du tirant est réalisée en murs précoffrés. • Cette solution nécessite la vérification de la résistance des joints horizontaux et verticaux à l'effort tranchant. • Les types de liaisons sont choisis parmi celles de l'ANNEXE 4, TABLEAU 1 pour le joint horizontal, TABLEAU 2 pour le joint vertical. 	

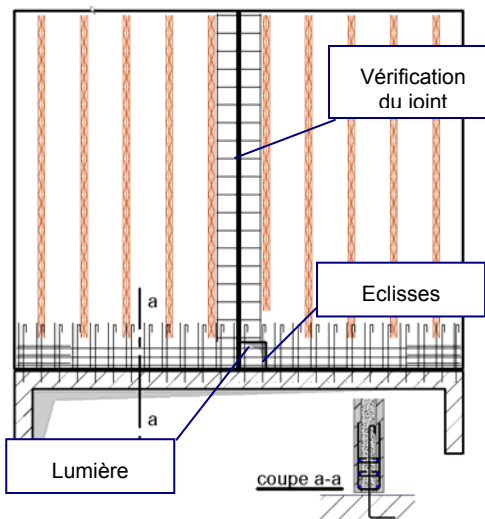
CAS 4

- POUTRE VOILE placée au-dessus d'une dalle, laquelle est suspendue à la poutre voile.
- Le tirant de la poutre voile est disposé dans l'épaisseur de la dalle.
- Cette solution nécessite la vérification de la résistance des joints horizontaux et verticaux à l'effort tranchant. Les types de liaisons sont choisis en conséquence parmi celles de l'ANNEXE 4, TABLEAU 1 pour le joint horizontal, TABLEAU 2 pour le joint vertical.

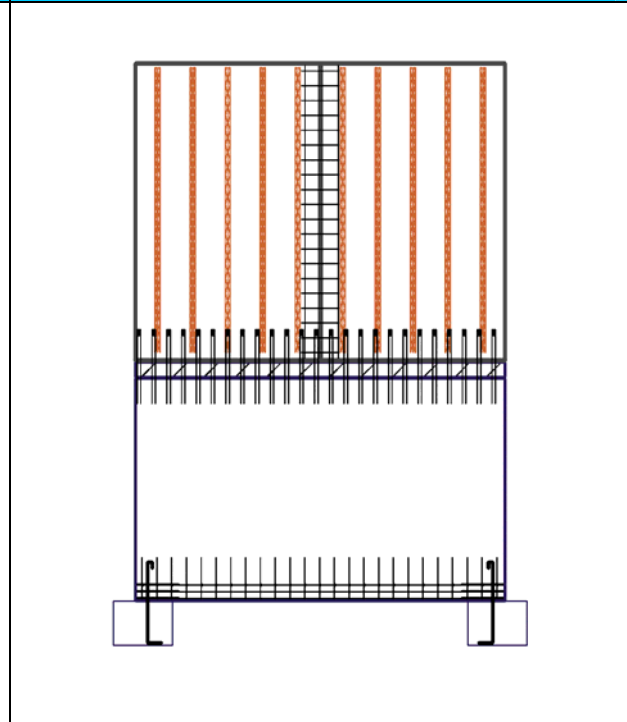
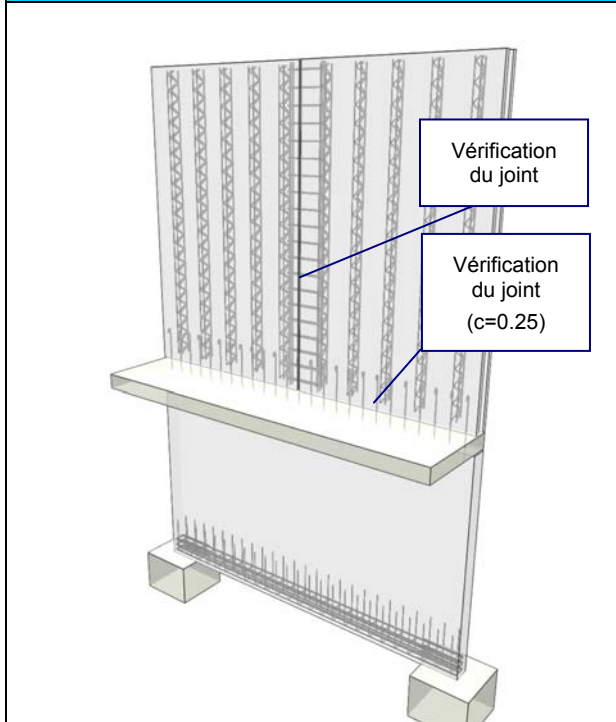


CAS 5

- POUTRE VOILE placée au-dessus d'une dalle, « VARIANTE ».
- Le tirant de la poutre voile est disposé en partie inférieure des murs précoffrés.
- Une lumière permet d'éclisser les filants du tirant au droit des joints.
- Cette solution ne nécessite que la vérification de la résistance des joints verticaux à l'effort tranchant.
- Le joint inférieur entre dalle et poutre voile n'est pas cisailé, la dalle n'étant que suspendue. Les types de liaisons sont choisis parmi celles de l'ANNEXE 4, TABLEAU 2 pour le joint vertical.

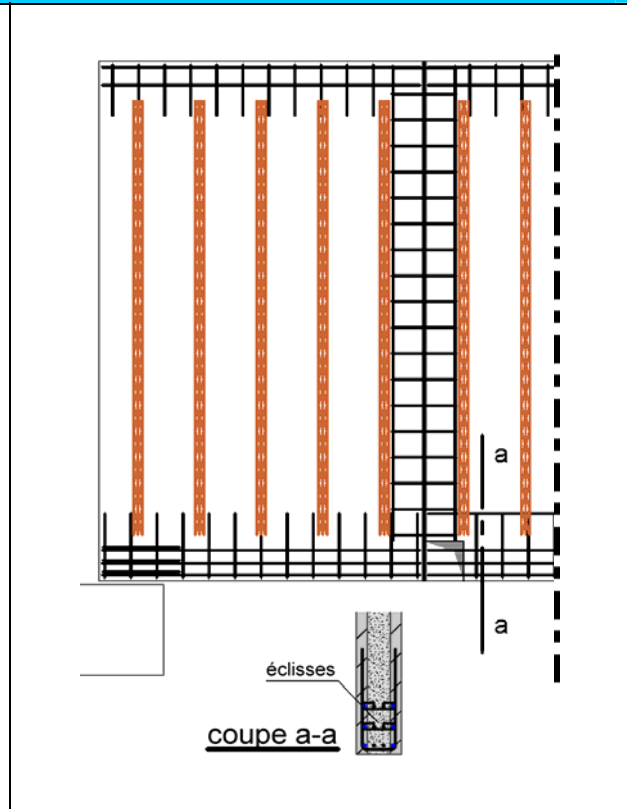
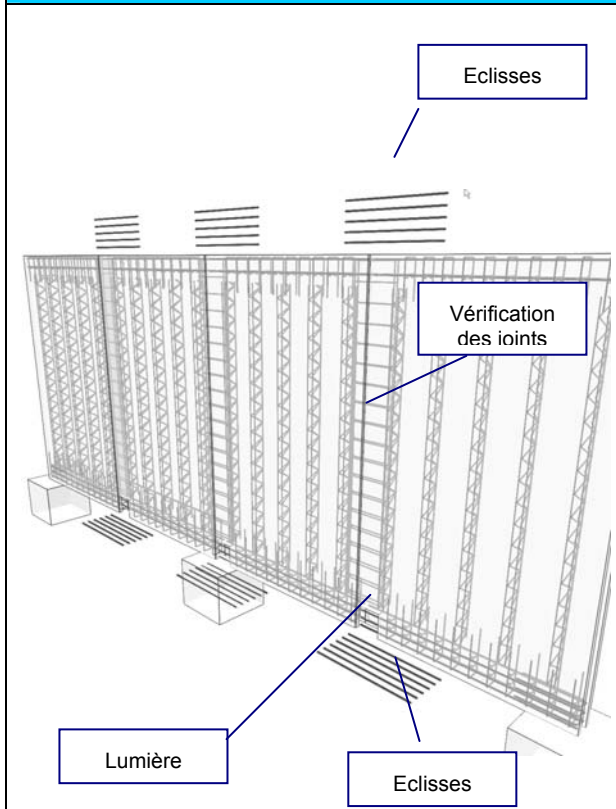


CAS 6



- **POUTRE VOILE réalisée en deux parties.**
- La partie inférieure est réalisée en béton coulé en place, la partie supérieure est réalisée en murs précoffrés.
- Cette solution nécessite la vérification de la résistance des joints horizontaux et verticaux à l'effort tranchant.
- Les types de liaisons sont choisis parmi celles de l'ANNEXE 4, TABLEAU 1 pour le joint horizontal, TABLEAU 2 pour le joint vertical.

CAS 7



- **POUTRE VOILE réalisée entièrement en murs précoffrés, avec continuité sur une ou plusieurs travées.**
- Les tirants de la poutre voile sont intégrés en partie inférieure et supérieure des murs précoffrés, et éclissés au droit des joints.
- Une lumière en partie basse permet d'éclisser les filants du tirant inférieur au droit des joints.
- Les filants du tirant supérieur ne nécessite en principe pas de lumières. Elles peuvent néanmoins être prévue si besoin.
- Cette solution ne nécessite la vérification de la résistance des joints verticaux à l'effort tranchant. Les types de liaisons sont choisis parmi celles de l'ANNEXE 4, TABLEAU 2 pour le joint vertical.
- Variantes :
 - le tirant supérieur peut être disposé entièrement dans la partie coulée en place (dans une dalle par exemple).
 - le tirant inférieur peut être disposé dans un élément préfabriqué ou dans une dalle (à l'image des CAS 3, 4 et 5 ci-dessus).

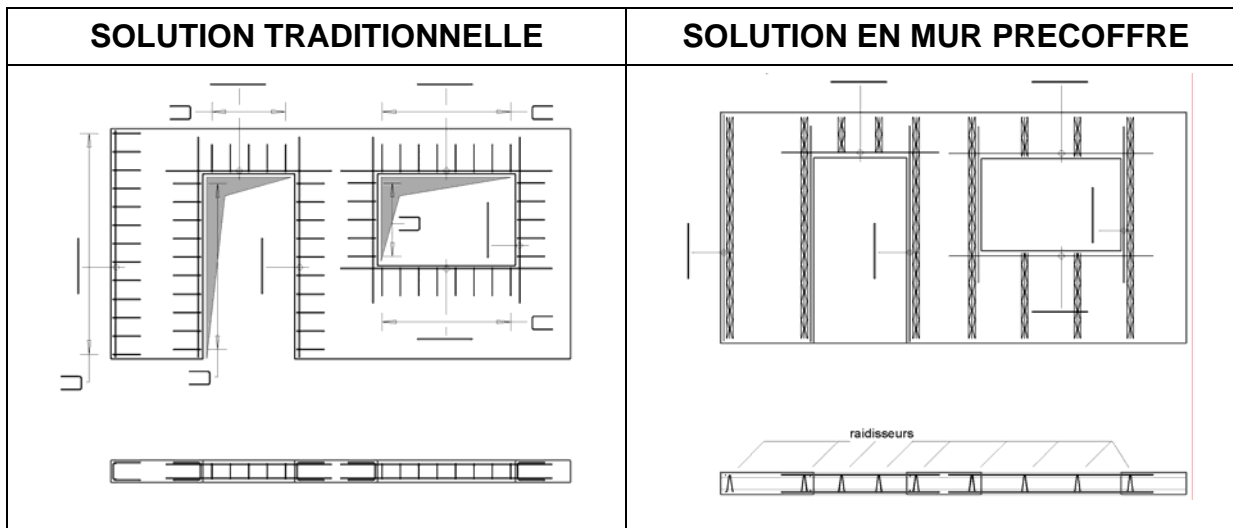
ANNEXE 3 : DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

FERRAILLAGES CONSTRUCTIFS AUTOUR D'OUVERTURES, PORTES ET FENÊTRES SUBSTITUÉS PAR DES RAIDISSEURS

Les renforcements des ouvertures et des bords libres usuellement prévus dans les voiles selon les dispositions du paragraphe 4.2.2.5. du DTU 23.1 pourront être réalisés dans les murs précoffrés à l'aide des raidisseurs définis à l'article 2.3.

Les barres de chaînages périphériques sont intégrées dans les parois du mur précoffré.

Les U de fermeture constructifs sont remplacés par des raidisseurs.

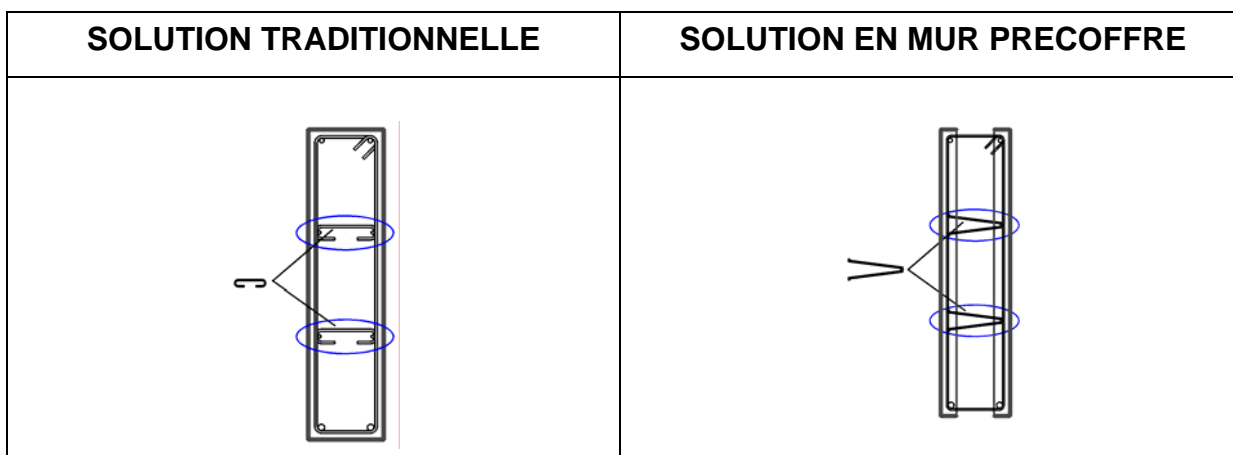


FERRAILLAGES CONSTRUCTIFS A L'AIDE D'ÉPINGLES, DE CADRES OU D'ÉTRIERS SUBSTITUÉS PAR DES RAIDISSEURS

Les ferrailages constructifs constitués de cadres, d'épingles ou d'étriers, pourront être réalisés dans les murs précoffrés à l'aide des raidisseurs définis à l'article 2.3.

Les filants sont soit intégrés en renforts dans les parois du mur précoffré, soit remplacés par les filants des raidisseurs si la section est équivalente.

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



ANNEXE 4 : CALCUL DES EFFORTS RESISTANTS DES LIAISONS DE MURS PRECOFFRES

La méthode d'approche est basée sur les critères définis dans l'EUROCODE prEN 1992-1-1 Art 6.2.5 intitulé « *Cisaillement le long des surfaces de reprise* ».

Pour les murs précoffrés, on retiendra les valeurs de c et μ suivantes :

$$\mu = 0,65$$

Pour une surface se situant à l'interface entre l'intérieur d'une paroi et la zone coulée en place :

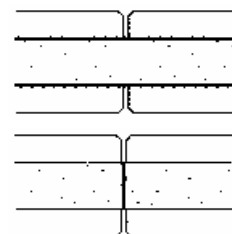
Pour une section couturée $c = 0,3$

Pour une section non couturée $c = 0,1$

Pour une surface en zone courante

Pour une section couturée $c = 1$

Pour une section non couturée $c = 0,5$



Les efforts résistants déterminés pour chaque type de liaison sont à comparer aux valeurs des efforts sollicitants définis par le BET.

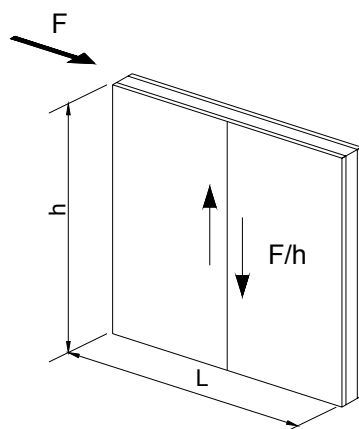
Aux ELU accidentelles (séisme), les valeurs de « c » prises en compte sont les valeurs ci-dessus divisées par 2.

EXEMPLES :

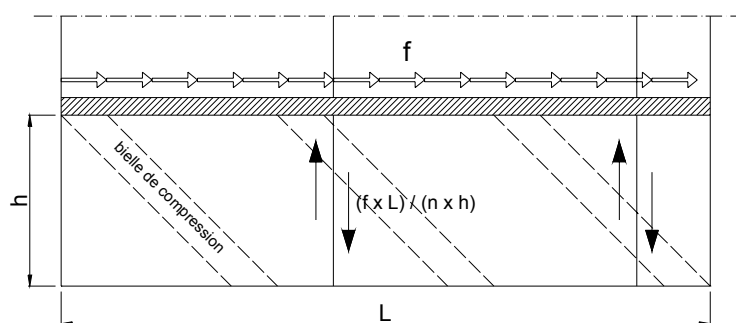
- Pour un mur de **CONTREVENTEMENT**

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

Cas 2 : reprise d'une charge linéaire horizontale sur un mur développant n bielles de compression.



Cas 1



Cas 2

- Pour une **POUTRE-VOILE**, l'effort dans les joints peut être pris égal à V .

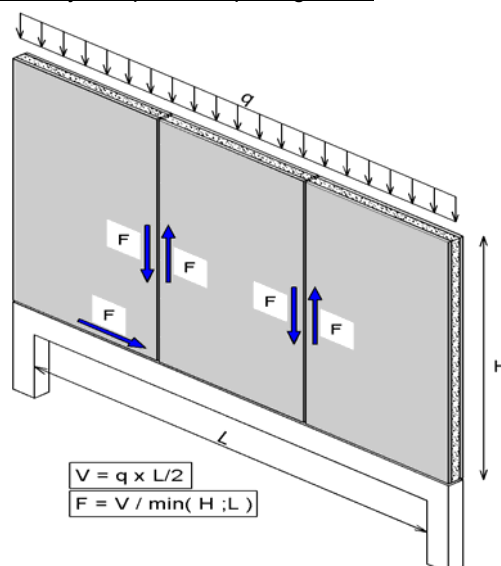
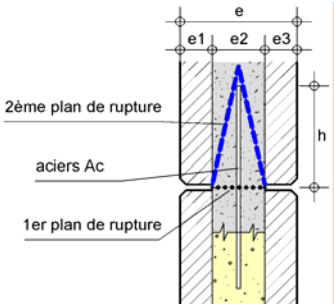
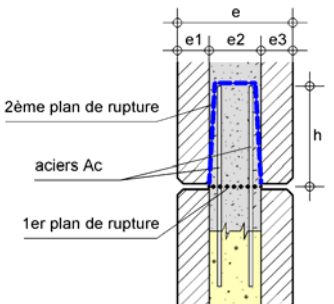


TABLEAU 1 : LIAISONS HORIZONTALES

Cas JH-1	
<p>Effort résistant V_{Rd} de la liaison :</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> $V_{Rd} = \min(V_{Rd1}; V_{Rd2})$ avec : </div> <p>V_{Rd1} : effort résistant le long du 1^{er} plan de rupture</p> $V_{Rd1} = \left[c_1 \cdot \frac{f_{t\text{noyau}}}{\gamma_c} + \mu \cdot \left(\sigma_n + \rho \cdot \frac{f_e}{\gamma_s} \right) \right] \cdot S_1$ <p>V_{Rd2} : effort résistant le long du 2^{ème} plan de rupture</p> $V_{Rd2} = c_2 \cdot \frac{f_{t\text{noyau}}}{\gamma_c} \cdot S_2$ <p> μ = 0,65 c_1 = 0,5 à l'ELU (non couturé) c_1 = 0,25 en Accidentel (séisme) c_2 = 0,1 à l'ELU (non couturé) c_2 = 0,05 en Accidentel (séisme) </p> <p> $f_{t\text{noyau}}$ = contrainte de traction admissible du béton coulé en place $= f_{ctk,0.05} / \gamma_c$ ($f_{ctk,0.05}$ suivant Tableau 3.1 règles prEN 1992-1-1) γ_c = 1,5 à l'ELU, = 1,2 en Accidentel (séisme) γ_s = 1,15 à l'ELU, = 1,00 en Accidentel (séisme) </p> <p> S_1 = Surface du 1^{er} plan de rupture = e_2 S_2 = Surface du 2^{ème} plan de rupture = $\sqrt{e_2^2 + 4 \cdot h^2}$ </p>	 <p> σ_n = contrainte normale sur le 1^{er} plan de rupture = $\frac{N}{e_2}$ N = effort normal sur la liaison ($N > 0$ en compression) ρ = $\frac{A_c}{e_2}$ </p>

Cas JH-2	
<p>Effort résistant V_{Rd} de la liaison :</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> $V_{Rd} = \min(V_{Rd1}; V_{Rd2})$ avec : </div> <p>V_{Rd1} : effort résistant le long du 1^{er} plan de rupture</p> $V_{Rd1} = \left[c_1 \cdot \frac{f_{t\text{noyau}}}{\gamma_c} + \mu \cdot \left(\sigma_n + \rho \cdot \frac{f_e}{\gamma_s} \right) \right] \cdot S_1$ <p>V_{Rd2} : effort résistant le long du 2^{ème} plan de rupture</p> $V_{Rd2} = c_1 \cdot \frac{f_{t\text{noyau}}}{\gamma_c} \cdot S_2' + c_2 \cdot \frac{f_{t\text{noyau}}}{\gamma_c} \cdot S_2''$ <p> μ = 0,65 c_1 = 0,5 à l'ELU (non couturé) c_1 = 0,25 en Accidentel (séisme) c_2 = 0,1 à l'ELU (non couturé) c_2 = 0,05 en Accidentel (séisme) </p> <p> $f_{t\text{noyau}}$ = contrainte de traction admissible du béton coulé en place γ_c = 1,5 à l'ELU, = 1,2 en Accidentel (séisme) γ_s = 1,15 à l'ELU, = 1,00 en Accidentel (séisme) </p> <p> S_1 = Surface du 1^{er} plan de rupture = e_2 S_2' = Surface partielle du 2^{ème} plan de rupture = e_2 S_2'' = Surface partielle du 2^{ème} plan de rupture = $2 \cdot h$ </p>	 <p> σ_n = contrainte normale sur le 1^{er} plan de rupture = $\frac{N}{e_2}$ N = effort normal sur la liaison ($N > 0$ en compression) ρ = $\frac{A_c}{e_2}$ </p>

Cas JH-3

Effort résistant V_{Rd} de la liaison :

$$V_{Rd} = \left[c \cdot \frac{f_{t\text{noyau}}}{\gamma_c} + \mu \left(\sigma_n + \rho \cdot \frac{f_e}{\gamma_s} \right) \right] S \quad \text{avec :}$$

$$\mu = 0,65$$

$$c = 1,0 \text{ à l'ELU (couturé)}$$

$$c = 0,5 \text{ en Accidentel (séisme)}$$

$f_{t\text{noyau}}$ = contrainte de traction admissible du béton coulé en place

$$\gamma_c = 1,5 \text{ à l'ELU,}$$

$$= 1,2 \text{ en Accidentel (séisme)}$$

$$\gamma_s = 1,15 \text{ à l'ELU,}$$

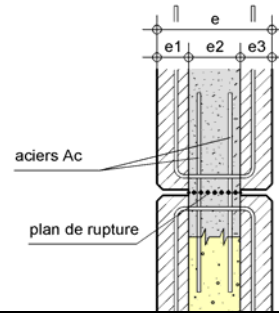
$$= 1,00 \text{ en Accidentel (séisme)}$$

$$S = \text{Surface du plan de rupture} = e_2$$

$$\sigma_n = \text{contrainte normale sur le plan de rupture} = \frac{N}{e_2}$$

N = effort normal sur la liaison ($N > 0$ en compression)

$$\rho = \frac{A_c}{e_2}$$



Cas JH-4

Effort résistant V_{Rd} de la liaison :

$$V_{Rd} = \left[c \cdot \frac{f_{t\text{noyau}}}{\gamma_c} + \mu \left(\sigma_n + \rho \cdot \frac{f_e}{\gamma_s} \right) \right] S \quad \text{avec :}$$

$$\mu = 0,65$$

$$c = 1,0 \text{ à l'ELU (couturé)}$$

$$c = 0,5 \text{ en Accidentel (séisme)}$$

$f_{t\text{noyau}}$ = contrainte de traction admissible du béton coulé en place

$$\gamma_c = 1,5 \text{ à l'ELU,}$$

$$= 1,2 \text{ en Accidentel (séisme)}$$

$$\gamma_s = 1,15 \text{ à l'ELU,}$$

$$= 1,00 \text{ en Accidentel (séisme)}$$

$$S = \text{Surface du plan de rupture} = (e - e_3)$$

$$\sigma_n = \text{contrainte normale sur le plan de rupture} = \frac{N}{(e - e_3)}$$

N = effort normal sur la liaison ($N > 0$ en compression)

$$\rho = \frac{A_c}{(e - e_3)}$$

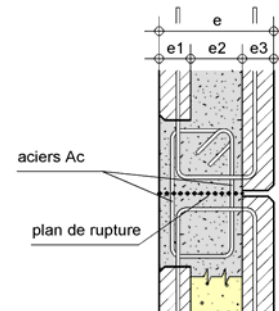
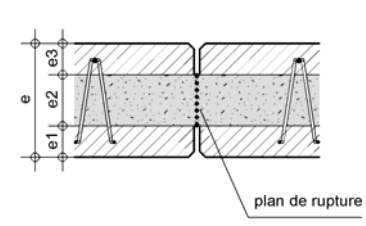
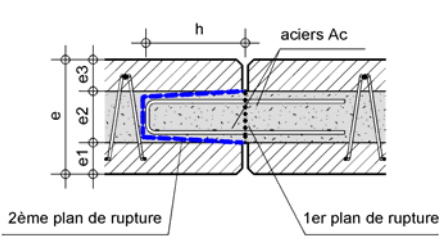
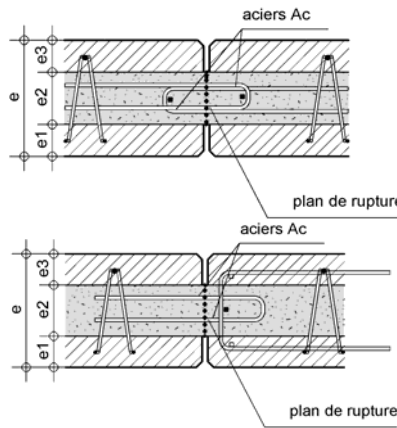


TABLEAU 2 : LIAISONS VERTICALES

Cas JV-1	
<p>Effort résistant V_{Rd} de la liaison :</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> $V_{Rd} = \left[c \cdot \frac{f_{t\text{noyau}}}{\gamma_c} + \mu \cdot (\sigma_n) \right] \cdot S$ </div> <p>avec :</p> <p>$\mu = 0,65$ $c = 0,5$ à l'ELU (non couturé)</p> <p>$f_{t\text{noyau}}$ = contrainte de traction admissible du béton coulé en place $\gamma_c = 1,5$ à l'ELU, $\gamma_s = 1,15$ à l'ELU, $S =$ Surface du plan de rupture = e_2</p>	 <p style="text-align: center;">plan de rupture</p> <p>$\sigma_n =$ contrainte normale sur le plan de rupture = $\frac{N}{e_2}$ $N =$ effort normal sur la liaison ($N > 0$ en compression)</p>

Cas JV-2	
<p>Effort résistant V_{Rd} de la liaison :</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> $V_{Rd} = \min(V_{Rd1}; V_{Rd2})$ </div> <p>avec :</p> <p>V_{Rd1} : effort résistant le long du 1^{er} plan de rupture</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> $V_{Rd1} = \left[c_1 \cdot \frac{f_{t\text{noyau}}}{\gamma_c} + \mu \cdot \left(\sigma_n + \rho \cdot \frac{f_e}{\gamma_s} \right) \right] \cdot S_1$ </div> <p>V_{Rd2} : effort résistant le long du 2^{ème} plan de rupture</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> $V_{Rd2} = c_1 \cdot \frac{f_{t\text{noyau}}}{\gamma_c} \cdot S_2' + c_2 \cdot \frac{f_{t\text{noyau}}}{\gamma_c} \cdot S_2''$ </div> <p>$\mu = 0,65$ $c_1 = 0,5$ à l'ELU (non couturé) $c_1 = 0,25$ en Accidentel (séisme) $c_2 = 0,1$ à l'ELU (non couturé) $c_2 = 0,05$ en Accidentel (séisme)</p> <p>$f_{t\text{noyau}}$ = contrainte de traction admissible du béton coulé en place $\gamma_c = 1,5$ à l'ELU, $= 1,2$ en Accidentel (séisme) $\gamma_s = 1,15$ à l'ELU, $= 1,00$ en Accidentel (séisme)</p>	 <p style="text-align: center;">2ème plan de rupture 1er plan de rupture</p> <p>$S_1 =$ Surface du 1^{er} plan de rupture = e_2 $S_2' =$ Surface partielle du 2^{ème} plan de rupture = e_2 $S_2'' =$ Surface partielle du 2^{ème} plan de rupture = $2 \cdot h$</p> <p>$\sigma_n =$ contrainte normale sur le 1^{er} plan de rupture = $\frac{N}{e_2}$ $N =$ effort normal sur la liaison ($N > 0$ en compression) $\rho = \frac{A_c}{e_2}$</p>

Cas JV-3	
<p>Effort résistant V_{Rd} de la liaison :</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> $V_{Rd} = \left[c \cdot \frac{f_{t\text{noyau}}}{\gamma_c} + \mu \cdot \left(\sigma_n + \rho \cdot \frac{f_e}{\gamma_s} \right) \right] \cdot S$ </div> <p>avec :</p> <p>$\mu = 0,65$ $c = 1,0$ à l'ELU (couturé) $c = 0,5$ en Accidentel (séisme)</p> <p>$f_{t\text{noyau}}$ = contrainte de traction admissible du béton coulé en place $\gamma_c = 1,5$ à l'ELU, $= 1,2$ en Accidentel (séisme) $\gamma_s = 1,15$ à l'ELU, $= 1,00$ en Accidentel (séisme)</p> <p>$S =$ Surface du plan de rupture = e_2</p>	 <p style="text-align: center;">plan de rupture</p> <p>$\sigma_n =$ contrainte normale sur le plan de rupture = $\frac{N}{e_2}$ $N =$ effort normal sur la liaison ($N > 0$ en compression) $\rho = \frac{A_c}{e_2}$</p>

Cas JV-4

Effort résistant V_{Rd} de la liaison :

$$V_{Rd} = \left[c \cdot \frac{f_{t\text{noyau}}}{\gamma_c} + \mu \left(\sigma_n + \rho \cdot \frac{f_e}{\gamma_s} \right) \right] \cdot S \quad \text{avec :}$$

$$\mu = 0,65$$

$$c = 1,0 \text{ à l'ELU (couluré)}$$

$$c = 0,5 \text{ en Accidental (séisme)}$$

$f_{t\text{noyau}}$ = contrainte de traction admissible du béton coulé en place

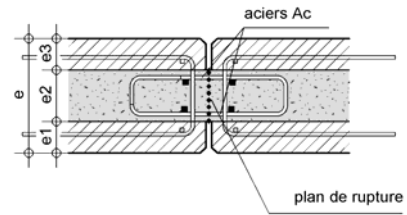
$$\gamma_c = 1,5 \text{ à l'ELU,}$$

$$= 1,2 \text{ en Accidental (séisme)}$$

$$\gamma_s = 1,15 \text{ à l'ELU,}$$

$$= 1,00 \text{ en Accidental (séisme)}$$

$$S = \text{Surface du plan de rupture} = e_2$$



$$\sigma_n = \text{contrainte normale sur le plan de rupture} = \frac{N}{e_2}$$

N = effort normal sur la liaison ($N > 0$ en compression)

$$\rho = \frac{A_c}{e_2}$$

Cas JV-5

Effort résistant V_{Rd} de la liaison :

$$V_{Rd} = \left[c \cdot \frac{f_{t\text{noyau}}}{\gamma_c} + \mu \left(\sigma_n + \rho \cdot \frac{f_e}{\gamma_s} \right) \right] \cdot S \quad \text{avec :}$$

$$\mu = 0,65$$

$$c = 1,0 \text{ à l'ELU (couluré)}$$

$$c = 0,5 \text{ en Accidental (séisme)}$$

$f_{t\text{noyau}}$ = contrainte de traction admissible du béton coulé en place

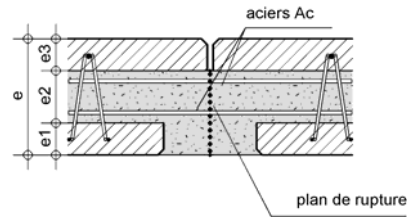
$$\gamma_c = 1,5 \text{ à l'ELU,}$$

$$= 1,2 \text{ en Accidental (séisme)}$$

$$\gamma_s = 1,15 \text{ à l'ELU,}$$

$$= 1,00 \text{ en Accidental (séisme)}$$

$$S = \text{Surface du plan de rupture} = (e - e_3)$$



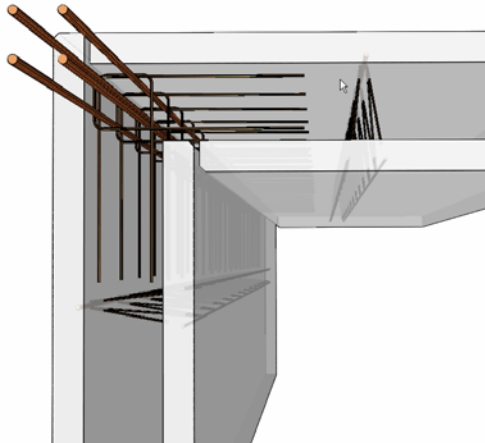
$$\sigma_n = \text{contrainte normale sur le plan de rupture} = \frac{N}{(e - e_3)}$$

N = effort normal sur la liaison ($N > 0$ en compression)

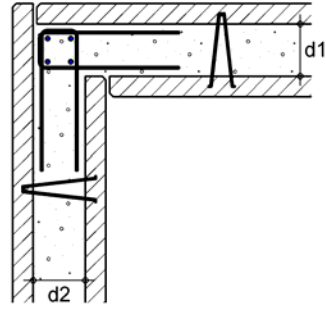
$$\rho = \frac{A_c}{(e - e_3)}$$

TABLEAU 3 : LIAISONS ENTRE VOILES

CAS 1

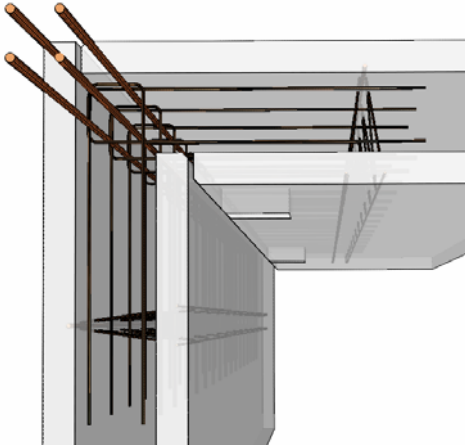


Mise en place des aciers de liaisons après pose des murs.
La cage d'aciers de liaison est descendue verticalement dans la partie à couler en place.

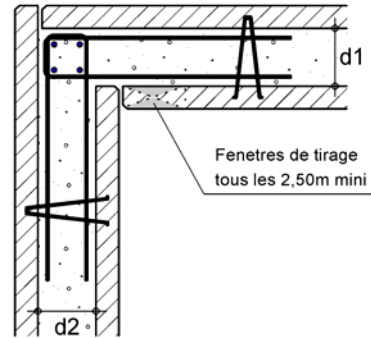


- Epaisseur minimale : 20cm.
- Bâtiments relevant des règles PS-MI 89.
- Section du tirant limité en fonction de la dimension de la partie coulée en place : \varnothing filants $\leq \min(d1; d2) / 10$.
- Zone Ia : 4 \varnothing 8 ; Zone Ib : 4 \varnothing 10 ; Zone II : 4 \varnothing 12.
- L'effort résistant de la liaison est déterminé selon la méthode du CAS JV2-TABLEAU 2.

CAS 2

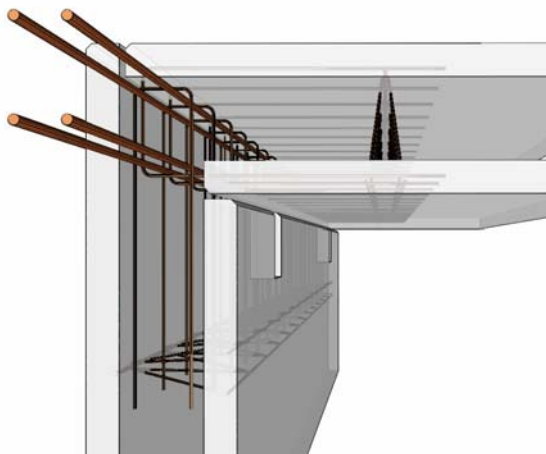


Pose des murs avec aciers de liaisons insérés au préalable.
Tirage de l'acier de liaison dans le mur muni de fenêtres de tirage, puis introduction des filants verticaux du chaînage.

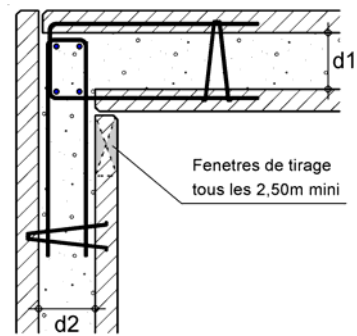


- Epaisseur minimale : 25cm.
- Bâtiments relevant des règles PS-92.
- Section du tirant limité en fonction de la dimension de la partie coulée en place : \varnothing filants $\leq \min(d1; d2) / 10$.
- L'effort résistant de la liaison est déterminé selon la méthode du CAS JV3-TABLEAU 2.

CAS 3

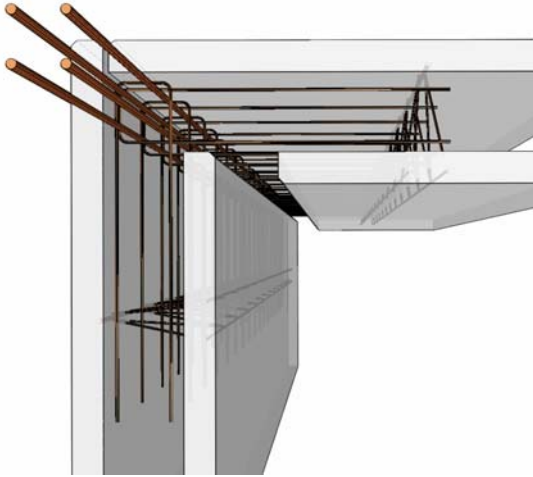


Pose des murs avec aciers de liaisons insérés au préalable.
Tirage de l'acier de liaison dans le mur muni de fenêtres de tirage, puis introduction des filants verticaux du chaînage.

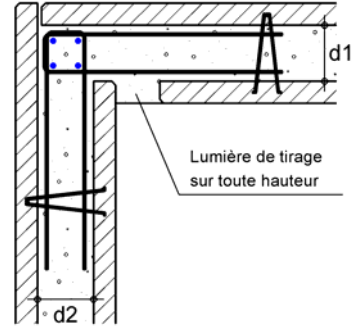


- Epaisseur minimale : 20cm.
- Bâtiments relevant des règles PS-92.
- Section du tirant limité en fonction de la dimension de la partie coulée en place : \varnothing filants $\leq \min(d1; d2) / 10$.
- L'effort résistant de la liaison est déterminé selon la méthode du CAS JV3-TABLEAU 2.

CAS 4

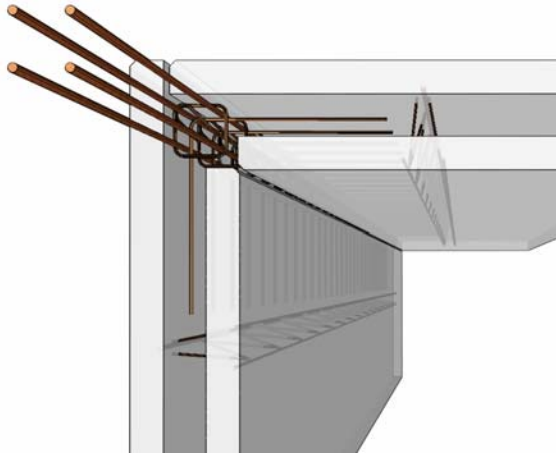


Pose des murs avec aciers de liaisons insérés au préalable.
Tirage de l'acier de liaison au travers de la lumière, puis introduction des filants verticaux du chaînage.

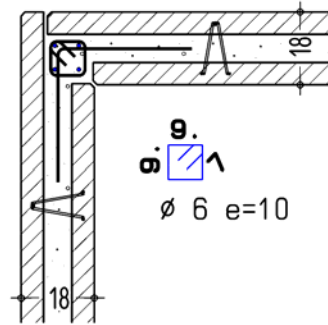


- Epaisseur minimale : 18cm.
- Bâtiments relevant des règles PS-92.
- Section du tirant limité en fonction de la dimension de la partie coulée en place : \varnothing filants $\leq \min(d1; d2) / 10$.
- L'effort résistant de la liaison est déterminé selon la méthode du CAS JV5 TABLEAU 2.

CAS 5

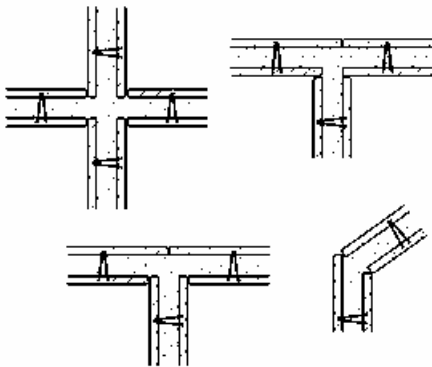


Mise en place des aciers de liaisons après pose des murs.
La cage d'aciers de liaison est descendue verticalement dans la partie à couler en place.



- Epaisseurs : 18cm.
- Bâtiments relevant des règles PS-MI 89.
- \varnothing filants ≤ 12 mm.
- Zone Ia : 4Ø8 ; Zone Ib : 4Ø10 ; Zone II : 4Ø12.

LIAISONS en X ou en T



Les CAS 1 à 5 exposés ci-dessus sont valables et transposables pour toute jonction de deux murs faisant entre eux un angle $\neq 90^\circ$, ou pour toute jonction de plus de deux murs.

Elles sont adaptées en conséquence en gardant l'esprit des liaisons d'angles CAS 1 à 5 ci-dessus.

ANNEXE 5 : MUR PRÉCOFFRÉ ÉPAISSEUR 16CM

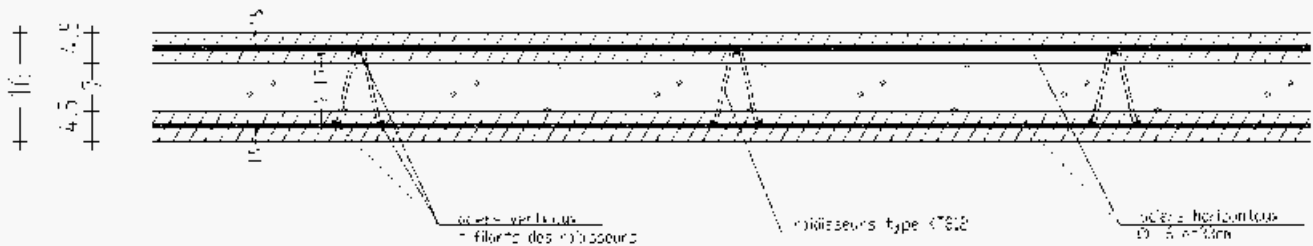
Le mur précoffré d'épaisseur 16 cm est basé sur le même concept que le mur précoffré classique.
Les points de divergence ne concernent que des principes de fabrication du mur :

- les épaisseurs de peaux sont réduites à 4 ou 4,5 cm,
- les enrobages des armatures sont réduits à 1.5cm sur les faces non exposées,
- le ferrailage vertical est réduit aux seules armatures filantes des raidisseurs.

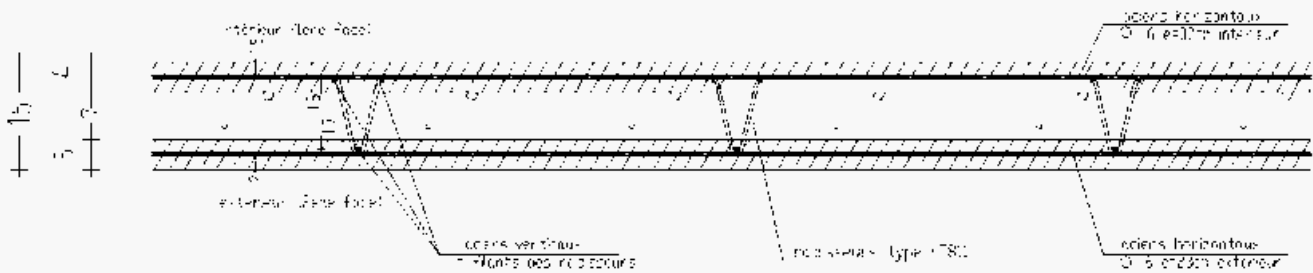
Pour les murs de façades, compte tenu de la réduction d'enrobage intérieur des filants de raidisseurs (1.5 cm au lieu de 1.7 cm), la vitesse de bétonnage est limitée à 55cm par heure au lieu de 70cm par heure du cas courant.

D'autre part compte tenu des limitations des enrobages (1.5cm, voire 2.0cm sur la 2^{ème} face), le domaine d'emploi des murs de 16 cm est limité aux murs dont les enrobages nécessaires restent inférieurs ou égaux à ces limites.

Mur précoffré ép. 16cm en
REFEND INTERIEUR

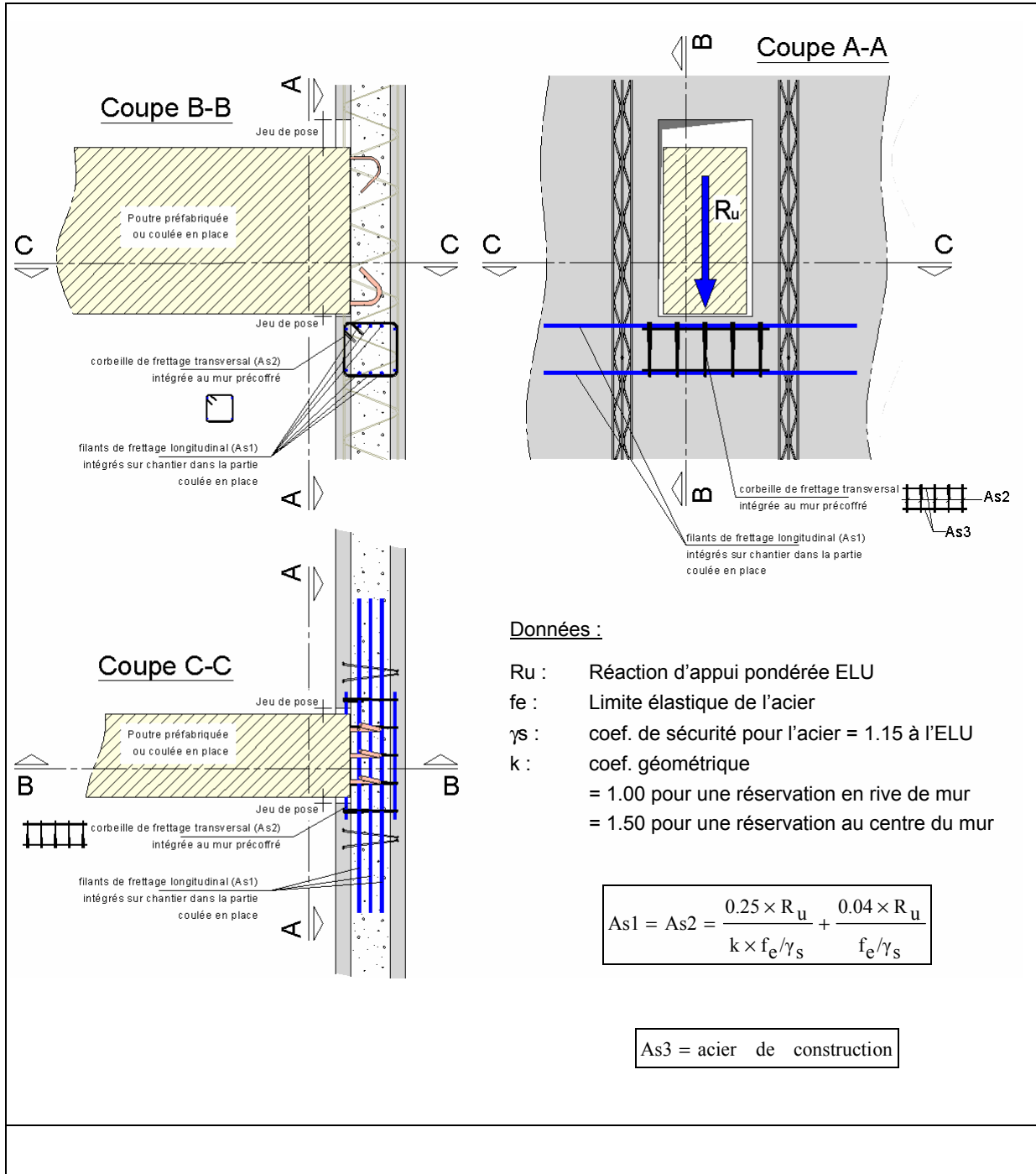


Mur précoffré ép. 16cm en
FACADE



ANNEXE 6 : JUSTIFICATION DES RENFORTS DE PRECOFFRES CLASSIQUES SOUS APPUI PONCTUEL DE POUTRES

Cette justification est basée sur les principes de calcul de l'ANNEXE E.8 des règles BAEL 91.



Poutre positionnée avec jeu de pose muni d'un joint souple en sous-face pour éviter de charger uniquement la paroi