

# Avis Technique 16/05-488

*Mur de façade*

---

## Elco alvéolé

---

**Titulaire :** ELCO  
293- 295 boulevard Saint Denis  
F-92400 Courbevoie  
Tél. : 01 30 70 63 63  
Fax : 01 30 70 64 64  
E-mail : elco-bloc.com

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

**Groupe Spécialisé n°16**

Produits et procédés spéciaux pour la maçonnerie

Vu pour enregistrement le 26 septembre 2005



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

**Le Groupe Spécialisé n° 16 de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques a examiné le 19 janvier 2005 le procédé de mur de façade "ELCO Alvéolé" exploité par la société ELCO. Ce procédé dérive du procédé qui, sous la même dénomination, avait fait l'objet de l'Avis Technique 16/00-398. Il a formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après. Cet Avis a été formulé pour les utilisations en France Européenne. Cet Avis ne vaut que pour les fabrications bénéficiant d'un certificat de qualification CSTBat attaché à cet Avis, délivré par le CSTB.**

## 1. Définition succincte

Maçonnerie de blocs en béton apparents à alvéoles débouchantes, empilés à sec par emboîtement horizontal et vertical à joints croisés et renforcés localement par bétonnage dans les alvéoles, de potelets de chaînage et de raidissement pour constituer des murs porteurs en façade et, partiellement, en murs intérieurs de maisons individuelles et de leurs dépendances, ainsi que des murs de bâtiments industriels ou agricoles.

Cette paroi est organisée pour assurer le drainage à chaque niveau des eaux de pluie qui la pénètrent et dont le recueil est assuré, au droit du plancher de rez-de-chaussée et du plancher d'étage par une brette souple à larmier collée sur la rive de plancher.

En périphérie des volumes habitables, la paroi maçonnée reçoit un complexe intérieur collé constituant un doublage isolant.

## 2. AVIS

### 2.1 Domaine d'emploi accepté

Murs porteurs en façade et partiellement en murs intérieurs, dans des maisons individuelles ou petits bâtiments dont la hauteur des façades ne dépasse pas 10 mètres. En variante, murs de bâtiments industriels ou agricoles. L'utilisation éventuelle du procédé en zone sismique n'a pas été examinée. L'utilisation du procédé pour la réalisation d'acrotères n'est pas visé 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 murs de façade « ELCO Alvéolé » est normalement assurée dans le domaine d'emploi accepté et dans les conditions de conception et de mise en œuvre précisées dans le Cahier des Prescriptions Techniques et le Dossier Technique ci-après.

##### **Sécurité incendie**

Compte tenu de la nature des matériaux constitutifs des murs de façade « ELCO Alvéolé », ceux-ci ne posent pas de problème particulier dans le domaine d'emploi accepté.

##### **Isolation thermique**

Ce procédé peut permettre de satisfaire à la réglementation.

La vérification est à effectuer selon les Règles Th U en prenant pour résistance thermique de la paroi en blocs  $R = 0,16 \text{ m}^2 \text{ K/W}$  dans l'hypothèse où l'étanchéité à l'air du mur est assurée par le complexe de doublage.

##### **Isolement acoustique**

Les essais réalisés au CSTB sur trois configurations de mur en blocs de géométrie voisine et référencés dans le Dossier Technique ci-après, ont montré que la paroi extérieure associée à un doublage isolant, permet de satisfaire à la réglementation sur l'isolement acoustique contre les bruits de l'espace extérieur dans les zones où l'isolement requis est égal à 30 dB avec un doublage plaque de plâtre/polystyrène expansé ou avec une cloison de doublage sandwich 10+80+10 associant les mêmes matériaux.

Le mur en blocs ne permet pas d'assurer à lui seul l'isolement requis en séparatif de logements.

##### **Étanchéité des murs**

En l'absence de revêtement intérieur, l'étanchéité à l'air n'est pas assurée et il y a lieu d'en tenir compte dans l'évaluation de la compatibilité d'une telle disposition avec la destination des locaux dans les-

quels on prévoit de l'utiliser (voir en outre le Cahier des Prescriptions Techniques § 2.3.1.).

Par contre, sur la base des résultats d'essais mentionnés dans le Dossier Technique, l'étanchéité à la pluie des murs de façade avec doublage de ce procédé peut être considérée comme normalement assurée dans le domaine d'emploi accepté. L'étanchéité à l'air repose alors entièrement sur l'ouvrage de doublage et notamment sur l'efficacité des dispositions prises pour le calfeutrement des raccords ou percements de ce doublage qui doivent, de ce fait, être particulièrement soignés. Le Cahier des Prescriptions Techniques indique les prescriptions particulières à prendre en la matière.

##### **Confort d'été**

Pour la détermination de la classe d'inertie thermique des logements, qui constitue 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 à la catégorie des parois à isolation intérieure, dont la faible inertie thermique peut être compensée par leur association à des parois intérieures massives (planchers et refends principalement).

##### **Finition - Aspect**

L'aspect est celui de maçonneries en blocs de béton apparents. Malgré la relative fragilité de formes particulières des blocs « ELCO Alvéolé », l'expérience a montré que leur intégrité peut être assurée au stade final moyennant des précautions particulières de manutention et stockage.

##### **2.2.2 Durabilité - Entretien**

Les blocs de béton apparents de ce procédé ne posent pas de problème de durabilité intrinsèque dans le domaine d'emploi accepté. Toutefois les contrôles portant sur la résistance et sur la précision dimensionnelle des blocs revêtent ici une importance particulière en raison du niveau élevé des exigences formulées et de leur incidence directe sur le comportement des murs vis-à-vis de la fissuration à laquelle le montage à sec les expose particulièrement. De ce point de vue, les essais réalisés sur les blocs de la géométrie décrite dans le présent Dossier Technique ont montré un comportement plus favorable que les blocs de la géométrie antérieure (cf. chapitre B « Résultats expérimentaux »).

La durabilité du doublage isolant intérieur peut être estimée équivalente à celle qu'il aurait sur un support en maçonnerie traditionnelle, étant entendu que cette appréciation est conditionnée par le respect des valeurs limites des contraintes de compression verticale des parois en blocs indiquées dans les Prescriptions Techniques ci-après.

L'épaisseur des parois longitudinales extérieures permet d'escompter, compte tenu de la résistance du béton constitutif des blocs, une résistance aux chocs satisfaisante, y compris en façade exposée à rez-de-chaussée.

Dans ces conditions la durabilité globale des murs « ELCO Alvéolé » utilisés dans le domaine d'emploi accepté ci-avant peut être estimée équivalente à celle de murs en maçonnerie traditionnelle placés dans les mêmes conditions.

##### **2.2.3 Fabrication et mise en œuvre**

La précision dimensionnelle exceptionnelle visée ici nécessite un équipement de précision tant pour la fabrication des blocs elle-même que pour leur rectification sur produit durci. Pour que cette dernière s'effectue dans de bonnes conditions il est nécessaire que la précision de moulage des divers types de blocs soit homogène. Cette fabrication fait l'objet d'un autocontrôle suivi par le CSTB et le CERIB dans le cadre de la procédure des certificats de qualification CSTBat. Les produits bénéficiant d'une telle certification sont repérables par la présence du logo de la marque CSTBat suivi du numéro de marquage apposé sur 5 % au moins de la production.

La mise en œuvre des blocs nécessite un calepinage préalable précis, un approvisionnement par lots regroupant près du maçon la variété des blocs à mettre en place (après avoir apprêté ceux qui ont été prédécoupés à cet effet) et une manutention avec précautions pour éviter les épaufrures, notamment des blocs les plus lourds (blocs du type « éclaté »). L'absence de toute possibilité de réglage sur la hauteur d'étage engendrée par la pose à sec rend particulièrement stricte l'exigence de précision de pose du premier rang. L'expérience a cependant prouvé la faisabilité du montage décrit ici.

Ainsi qu'il est prévu (cf. § 4.1 du Dossier Technique) l'application de ce procédé s'effectue en liaison avec le titulaire du présent Avis Technique qui doit diffuser à tout applicateur (concepteur et entreprise), avec le dossier de mise en œuvre spécifique au projet, un cahier des charges de mise en œuvre reprenant au minimum le contenu du présent Avis Technique (domaine d'emploi, prescriptions techniques de conception-calcul et de mise en œuvre,...) que l'applicateur est tenu de respecter.

## 2.3 Cahier des prescriptions techniques

### 2.3.1 Prescriptions de conception et calcul :

- Les dimensions, tant horizontales que verticales, des ouvrages doivent être multiples du module propre au procédé.
- L'association, sur la longueur d'un même mur porteur continu, de la paroi en blocs « ELCO Alvéolé » à des maçonneries traditionnelles de petits éléments ou en béton banché n'est pas visée dans le présent Avis. Toutefois lorsque les blocs « ELCO Alvéolé » sont utilisés en remplissage d'une ossature assurant à elle seule la stabilité et la rigidité du mur, ils peuvent être associés dans ce même mur à d'autres types de matériaux compte tenu de ce qu'ils n'interviennent pas alors dans la déformabilité du mur. Par ailleurs, des murs adjacents perpendiculaires ou obliques ou des trumeaux détachés du reste des murs peuvent être réalisés avec d'autres maçonneries ou en béton armé.
- Le champ d'application du procédé est celui des ouvrages autres que courants au sens de la norme X PP 10-202-3/A1 (référence DTU 20.1 - partie 3 « Guide pour le choix des types de murs de façade en fonction du site », paragraphe 4-4 visant les maçonneries apparentes non doublées, murs de type I).
- Les contraintes admissibles dans les parois porteuses sous l'effet des charges verticales doivent être calculées, conformément au chapitre 4 des Règles de calcul du DTU 20.1 en appliquant à la contrainte de résistance caractéristique des blocs un coefficient global de réduction égal à 14.

Ce coefficient n'est applicable que pour des murs dont la hauteur libre ne dépasse pas 2,60 m. Au-delà, cette valeur de 14 est à multiplier par les coefficients suivants :

hauteur du mur (m)	Coefficient
2.60 à 2.80	1.25
2.80 à 3.00	1.60
3.00 à 3.20	2.00

Les charges de valeur localement supérieure, telles que des charges concentrées, doivent être reprises sur des potelets en béton calculés sans prise en compte des blocs dans lesquels ils sont cofrés.

- On doit limiter à 8 m<sup>2</sup> la surface des panneaux de blocs entourés par les potelets et les chaînages.
- On doit utiliser pour la réalisation des bavettes souples formant larmier, une membrane d'étanchéité en polyéthylène à faces gaufrées.

### 2.3.2 Prescriptions de fabrication

Les tolérances sur les dimensions et les variations dimensionnelles des blocs doivent répondre aux spécifications de la norme NF P 14-102 « Blocs en béton destinés à rester apparents, pour les blocs de type C » sauf pour la hauteur des sections d'appui des blocs pour laquelle le procédé impose une tolérance beaucoup plus réduite :

- Précision dimensionnelle sur la hauteur des sections d'appui des blocs : ± 0,3 mm
- Précision dimensionnelle sur la hauteur d'un muret constitué de 5 rangs : les cotes extrêmes mesurées aux 4 angles supérieurs ne devront pas s'écarter de plus de 3 mm.

De plus, la résistance caractéristique en compression rapportée à la section brute, doit être supérieure ou égale à 5 MPa.

C'est pourquoi les produits doivent faire l'objet d'un autocontrôle suivi par le CSTB et le CERIB, dans le cadre de la marque CSTBat.

### 2.3.3 Prescriptions de mise en œuvre

Outre les prescriptions de mise en œuvre données dans le Dossier Technique établi par le demandeur, doivent être respectées les prescriptions ci-après concernant :

- La sécurité sur chantier : lorsque les murs en cours de montage ne sont pas contreventés par d'autres murs perpendiculaires à leur plan (et reliés l'un à l'autre par harpage des blocs) ils doivent, en raison de leur relative instabilité, être étayés pendant la mise en œuvre jusqu'à la réalisation du plancher haut.
- Les réservations et saignées dans les murs : les réservations et les saignées horizontales et verticales ne sont pas admises dans les blocs des murs ayant une fonction de résistance (murs porteurs ou de contreventement) ; seuls les percements ponctuels au droit des alvéoles sont autorisés. La réalisation de saignées dans les doublages de murs extérieurs est interdite.
- L'étanchéité à l'air ne peut être obtenue qu'en présence de doublage. Il est rappelé que les prescriptions de mise en œuvre de ce doublage, outre celles habituelles conformes aux règles de l'art, sont données au § 461 du dossier technique établi par le demandeur : Pour assurer l'étanchéité à l'air du doublage, on dispose un joint horizontal continu de mastic de 2cm minimum d'épaisseur en rive de planchers et rive de plafond.

## Conclusions

### Appréciation globale

Pour les fabrications bénéficiant d'un Certificat CSTBat délivré par le CSTB, l'utilisation du procédé dans le domaine d'emploi visé est apprécié favorablement.

### Validité

Jusqu'au 31 janvier 2008

Pour le Groupe Spécialisé n° 16  
Le Président

E.DURAND

## 3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le procédé « ELCO Alvéolé », qui reprend pour l'essentiel les dispositions figurant dans l'Avis Technique n° 16/00-398, aujourd'hui annulé, vise l'utilisation de blocs dont les caractéristiques mécaniques de compression ont été sensiblement améliorées, notamment par une augmentation des rayons des congés de raccordement entre cloisons transversales et longitudinales de ces blocs.

Les essais réalisés au CSTB sur trumeaux de hauteur d'étage ont confirmé cet accroissement de la résistance notamment à la première fissuration, et ont permis, outre l'établissement d'un coefficient global de réduction plus favorable que celui donné dans l'Avis Technique mentionné ci-avant, la validation d'un modèle pour le calcul des murs de hauteur libre supérieure à celle des trumeaux testés. La contrainte de résistance en compression à l'état limite ultime de service qui en résulte est, comme dans l'Avis Technique du procédé d'origine, largement suffisante pour couvrir le domaine d'emploi accepté.

Il est rappelé que les spécificités de ce procédé résident non pas seulement dans le mode de pose à sec des blocs mais surtout dans l'absence de remplissage ultérieur de ces blocs (sauf au droit des potelets) et dans l'absence d'enduit. Il s'ensuit d'abord que pour limiter les effets défavorables des « points durs » sur la capacité des murs à transmettre les charges sans fissuration, les surfaces de transmission doivent présenter une exceptionnelle précision de planéité, obtenue par rectification à sec au disque diamanté. C'est la raison pour laquelle le présent Avis est assorti de la nécessité de soumettre les fabrications à un certificat de qualification CSTBat. **En l'absence d'enduit, l'étanchéité à l'air ne peut être assurée que par le doublage intérieur.** Cette particularité est à l'origine des prescriptions visant le domaine d'emploi des murs non doublés. Elle a aussi pour conséquence qu'en cas d'immersion accidentelle du pied de mur, celui-ci n'offre pas d'obstacle à la pénétration de l'eau, du moins au-dessus de l'extrémité du relevé de bavette.

Compte tenu de son organisation, le mur « ELCO Alvéolé » fonctionne comme un mur drainant, les inévitables pénétrations d'eau étant recueillies et évacuées en pied d'ouvrage par une bavette souple à larmier. A l'étage, le larmier s'insère dans une cannelure d'une douzaine de millimètres de profondeur, débouchant à l'intérieur du mur. La non-obturation de cette cannelure par la bavette ni par les gravois de chantier requiert la plus grande attention. D'une façon générale la mise en œuvre du procédé nécessite beaucoup plus de soin que celle des murs en blocs traditionnels, c'est pourquoi l'assistance technique que le titulaire de l'Avis s'est engagé à apporter aux entreprises appliquant le procédé revêt ici une importance particulière.

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé  
n° 16*

*M.CHENAF*

# Dossier Technique

## établi par le demandeur

## A. Description

### 1. Destination et principe

Le procédé « ELCO Alvéolé » est destiné à la réalisation de murs porteurs en façade et, partiellement, en murs intérieurs, dans des maisons individuelles ou des petits bâtiments devant répondre à des exigences équivalentes ; en variante, le procédé permet la réalisation de murs de bâtiments industriels ou agricoles. Il met en œuvre des blocs en béton à alvéoles débouchantes de 20 cm d'épaisseur brute destinés à rester apparents, empilés à sec par emboîtement horizontal et vertical à joints croisés pour la réalisation des murs et des points singuliers de la construction. L'ensemble est ensuite renforcé par des potelets verticaux de chaînage et de raidissement réalisés à chaque niveau, au moins dans les angles saillants et rentrants, ainsi que de part et d'autre des joints de fractionnement du bâtiment. Cette paroi est organisée pour assurer le drainage à chaque niveau des eaux de pluie qui la pénètrent et pour les évacuer en pied du rez-de-chaussée au moyen d'une membrane souple de rejet par larmier. Elle est complétée, en périphérie des volumes habitables, par un complexe de doublage isolant collé.

### 2. Matériaux

#### 2.1 Blocs en béton

Le procédé « ELCO Alvéolé » comporte plusieurs types de blocs permettant de traiter tous les points singuliers d'un ouvrage en maçonnerie.

##### 2.1.1 Gamme des éléments préfabriqués

La gamme comporte 4 familles de blocs correspondant chacune aux blocs conditionnés sur une même palette :

- Le bloc standard, pour les parties courantes.
- Les blocs d'angle droit et gauche, destinés au traitement des angles sortants et rentrants dans les parties courantes des murs.
- Les blocs d'about (bloc entier et demi-bloc) destinés à réaliser les tableaux d'ouvertures, les reprises de refend, et les extrémités de murs.
- Les blocs de chaînage et de linteau :
  - bloc filant en U pour les rangs de chaînage intermédiaire sans plancher, les linteaux, les dessous d'appuis de baies, les rampants de pignons,
  - bloc débouchant pour continuité des potelets avec les chaînages et les rampants de pignons,

Pour assurer les jonctions avec les autres éléments de gros œuvre (dalles, poutres, refends), on pratique sur chantier dans les blocs ci avant les découpes nécessaires en L ou en empoche ment.

#### 2.1.2 Caractéristiques : formes, dimensions et poids des blocs

##### 2.1.2.1 Formes des blocs

- Les blocs standards courants, d'angle et d'about comportent deux alvéoles principales séparées par une cloison transversale, refendue par une alvéole centrale. Ces blocs qui présentent une symétrie centrale, sont réversibles.

Les faces longitudinales extérieures peuvent être soit planes (aspect lisse, grenailé ou poli), soit clivées (face de clivage en relief ou cannelé).

Les faces transversales, au profil de baïonnettes (disposées symétriquement par rotation de 180° autour de l'axe central du bloc), sont destinées à l'emboîtement vertical des blocs.

Les faces basse et haute présentent sur les bords extérieurs longitudinaux des profils complémentaires de rainures et languettes, destinés à l'emboîtement horizontal des blocs.

Des rainures longitudinales situées au pied des languettes du côté intérieur du bloc sont destinées à évacuer dans les alvéoles les eaux ayant franchi les languettes.

- Les blocs d'about diffèrent des blocs standards par l'une de leurs faces transversales qui est plane, ainsi qu'une empreinte sur une partie de leur surface de compression permettant le passage de ferrailage horizontal.
- Les blocs de chaînage et linteau en U et en U débouchant présentent le même volume extérieur que les blocs standards. Le volume interne est évidé en forme de U de 90/165 ou 100/160 mm d'ouverture ; les blocs destinés à recevoir un chaînage vertical en partie courante, ou en angle, comportent un percement du fond à l'une de leurs extrémités pour permettre le passage d'aciers verticaux.
- Les blocs de chaînage en L sont dérivés des blocs de chaînage en U par suppression de l'une des ailes du U pour former le L ; la base est ainsi réduite à une hauteur de 35 à 40 mm. Les blocs de chaînage en L débouchant destinés à recevoir un chaînage vertical comportent un percement du fond de l'une de leurs extrémités pour permettre le passage des aciers verticaux.
- Les blocs d'angles, gauche et droit, présentent une face transversale d'extrémité plane ; le relief en baïonnette est tourné à 90° en extrémité d'une des faces longitudinales. Les blocs de chaînages d'angles sont obtenus par découpe des cloisons internes pour permettre la mise en œuvre des rangs de chaînage horizontaux.
- Variante de blocs clivés ou cannelés : ils sont obtenus par un épaississement de 0 à 20 mm de l'une des faces de parement, à laquelle on donne par clivage un aspect de pierre naturelle ; ces blocs sont réversibles moyennant épaississement.

##### 2.1.2.2 Dimensions et poids des blocs

Les dimensions courantes et poids nominaux sont indiquées dans le tableau 1.

Types de parements : lisse et clivé (cf. Tableau 1).

##### 2.1.3 Composition des bétons :

Les blocs sont fabriqués à partir de béton composé de :

- ciments CPA-CEM1-52.5R blanc ou gris conforme à la norme NF P 15-301,
- granulats de graviers et de sable provenant de carrières, concassés et lavés, conformes à la norme NF P 18-101 « Béton, classification et désignation des bétons hydrauliques » et NF P 18-541 « Granulats naturels pour bétons hydrauliques ».
- adjuvants :
  - adjuvant hydrofuge de masse selon la norme 18-334.
  - adjuvant destiné à améliorer la mise en place et la compacité des bétons à faible rapport Eau/Ciment conformément à la norme NF EN 934-2 « adjuvants pour béton ».
  - colorants minéraux en solution.

Composition de béton généralement utilisée :

Béton : Sable 0/5 : 600 kg ; Gravier 3/8 : 30 kg ; Ciment : 110 kg ; Sable 0/3 : 320 kg ; Adjuvant hydrofuge : 2 % ; Colorant : variable ; eau 6 % du poids total.

Cette composition de béton peut évoluer en fonction des usines et des granulats utilisés, tout en offrant des caractéristiques de résistance analogues.

##### 2.1.4 Caractéristiques physiques des blocs

Les blocs « ELCO Alvéolé » doivent répondre aux spécifications suivantes :

###### Dimensions

- Dimensions de coordination des blocs courants (e x h x L) : 20 x 20 x 40 cm
- Dimensions de coordination des demi blocs (e x h x L) : 20 x 20 x 20 cm

### Sections du bloc standard d'épaisseur brute de 20 cm :

- Section brute ( $S_b$ ) : 793,66 cm<sup>2</sup>
- Section nette ( $S_{nt}$ ) : 444,63 cm<sup>2</sup>, soit 56,02% de la section brute (la section nette est calculée par déduction des vides)
- Section nette porteuse ( $S_{np}$ ) : 181,97 cm<sup>2</sup>, soit 24,19% de la section brute (la  $S_{np}$  correspond à la surface cumulée des entretoises de transmission de charges).

### Tolérances

- La tolérance sur la hauteur des parties porteuses (entretoises) est de  $\pm 0,3$  mm
- La tolérance sur les hauteurs de parties de parement est de  $\pm 2,5$  mm.
- La tolérance sur la longueur des blocs est de  $\pm 2$  mm.

### Épaisseur

Épaisseur des parois extérieures :

- entre 3,2 cm et 4 cm pour les parois à parement lisse, grenailé, grésé ou poli
- entre 4,5 cm et 5,5 cm pour les parois à parement clivé ou cannelé

## 2.15 Présentation et distribution

Les blocs sont conditionnés sur des palettes bois de 1,2 x 1 m. Chaque palette comportant ou bien six rangées de 10 blocs lisses, grenailés, grésés ou polis (60 blocs au total), ou bien six rangées de 8 blocs clivés ou cannelés (soit 48 blocs au total).

Les rangées de blocs palettisés sont intercalées par une feuille de polystyrène évitant ainsi les frottements entre les différentes faces lisses de chaque bloc.

Une fois palettisées, les rangées de blocs sont protégées et maintenues soit par une housse thermo-rétractable soit par un film plastique étirable.

Cette présentation et ces modes de distribution peuvent évoluer selon les différents sites de productions tout en respectant les critères de qualité requis.

## 2.2 Autres matériaux

### 2.21 Armatures des potelets :

Acier et étriers selon calculs du bureau d'études, disposition systématique en angle et en tableaux de baies avec en plus, des potelets intermédiaires de façon à délimiter des panneaux de blocs de 8 m<sup>2</sup> de surface maximale.

### 2.22 Mortier des assises de départ :

A chaque niveau de dalle et de plancher, chaque première rangée de blocs est posée sur un lit de mortier fin de ragréage tel que prévu dans les dispositions de mise en œuvre décrites ci-après.

Le remplissage de béton des blocs de chaînages nécessite un soin particulier dont les modalités sont reprises dans les dispositions de mise en œuvre décrites ci-après.

### 2.23 Bavettes de rejet :

Au rez-de-chaussée et au droit d'un plancher étage, on utilise une membrane souple Zedmarc (ou équivalent) avec sur le coté intérieur du mur un relevé d'étanchéité collé au mastic silicone.

### 2.24 Appuis de baies :

Ils reposent sur des blocs de chaînage en U remplis de béton et dont on a préalablement supprimé les rails horizontaux de guidage supérieurs.

### 2.25 Menuiseries :

Dans le cadre de mur avec un complexe isolant intérieur, les menuiseries sont disposées, en intérieur, en applique contre la maçonnerie après traitement des joints en tableaux et en retour intérieur par garniture de mastic silicone.

Dans le cadre de mur ne comportant pas de complexe isolant intérieur (mur de garage par exemple), les menuiseries sont insérées en périphérie intérieure des tableaux d'ouverture de porte ou de fenêtre après traitement des joints en tableaux par garniture de mastic silicone.

## 2.26 Doublage :

Complexe de doublage isolant du type plaque de plâtre/isolant collé par plots de colle de 10 mm d'épaisseur nominale.

## 3. Fabrication

La fabrication est effectuée à partir de presses à blocs répondant aux exigences de fabrication du produit.

Les blocs sont pondus avec un surcroît de matière au niveau des surfaces de transmission des charges. Après séchage et étuvage des blocs, les faces supérieures de transmission des charges sont abrasées par une calibreuse qui règle leur hauteur et les rend planes et horizontales.

Les blocs sont, après durcissement, palettisés et stockés sur parc. Le délai de livraison est au minimum de 21 jours après production.

A l'issue de la fabrication industrielle, un suivi du contrôle des précisions dimensionnelles est régulièrement réalisé et s'effectue par un contrôle de prélèvement aléatoire effectué au sein des stocks de blocs disponibles avant livraison.

Lors de la mise en œuvre sur le chantier, l'entreprise devra effectuer systématiquement un nettoyage des surfaces de transmission des charges des produits, avant l'empilage de chaque rang de blocs afin d'éviter toute interposition de particules.

## 4. Mise en œuvre

### 4.1 Principes de base

Les entreprises ou poseurs effectuant la mise en œuvre du procédé de mur « ELCO Alvéolé » doivent avoir reçu l'agrément du titulaire de l'Avis Technique.

L'entreprise devant effectuer la mise en œuvre de ce procédé doit préalablement demander au titulaire de l'Avis Technique le dossier de mise en œuvre spécifique au projet et sur cette base recueillir auprès de lui toute information technique complémentaire qu'il juge nécessaire à l'exécution correcte de cette mise en œuvre.

Les bâtiments sont réalisés selon un principe de coques périmétriques, par succession de lits de blocs assemblés systématiquement par leurs faces d'emboîtements.

Ces murs sont organisés pour assurer le drainage des eaux de pluie qui les pénètrent à chaque niveau de l'ouvrage.

Cette eau de pluie est recueillie en étage au droit du plancher et au rez-de-chaussée au dessus de la longrine par une membrane souple d'étanchéité à larmier.

En pied de mur l'eau est évacuée à l'extérieur du mur.

En périphérie des volumes habitables, la paroi maçonnée reçoit un doublage isolant traditionnel collé par plots.

La qualité de mise en œuvre du premier rang est importante pour l'ensemble des critères suivants :

- Planéité et horizontalité : la qualité d'exécution de cette opération conditionne et garantit la régularité des joints jusqu'au sommet de l'ouvrage.
- Etanchéité : notamment en assurant le bon fonctionnement au final du dispositif de drainage des eaux d'écoulement par l'intérieur des blocs.
- Précision des cotes : tant par les respects des cotes générales, des cotes des baies et de la précision géométrique de l'ouvrage.

### 4.2 Travaux préparatoires

Les fondations sont réalisées de façon traditionnelle : longrine sur semelle filante.

#### **COULAGE DES DALLES OU LONGRINES**

Afin de compenser les variations d'altimétrie des dalles ou longrines, la hauteur de coulage des longrines doit prendre en compte la nécessité d'une chape de mortier de 2cm minimum nécessaire à la pose de la première rangée de Blocs.

Il est impératif d'en tenir compte lors de la conception et du coulage des dalles ou longrines en les prévoyant 2 à 3 cm plus basses pour compenser la hauteur du lit de mortier de 1<sup>er</sup> rang.

Notamment pour respecter :

- Les hauteurs de linteau prévues initialement
- les niveaux de planchers etc.

## **DIMENSIONNEMENT DES DALLES OU LONGRINES**

En pied de mur extérieur, les blocs de la première rangée sont posés en débord extérieur de 4 cm par rapport aux dalles ou longrines. Le dimensionnement de la longueur des longrines doit prendre en compte la pose du bloc Elco Alvéolé en débord extérieur de 4cm. Par exemple : un mur de bloc Elco Alvéolé de 10 m de long sur 5 m en nu extérieur nécessite une longrine de 9,92 m de long sur 4,92 m.

## **IMPLANTATION DES ACIERS DE LIAISON AVEC LES DALLES OU LONGRINES**

1. De préférence on effectue l'implantation des aciers en attente par scellement chimique après le coulage des longrines. Après la mise en œuvre de la première rangée de blocs, on perce la longrine on plante et ancre les aciers par scellement chimique. On veille à un bon positionnement des fers par rapport aux bords intérieurs des évidements des blocs afin de respecter le nécessaire enrobage de l'acier par le béton.
2. Dans le cas où les fers d'attente sont prévus avec le coulage des longrines (ou dalles), ils doivent impérativement être posés au cordeau et ainsi être parfaitement alignés et disposés afin de respecter le bon enrobage béton.

## **4.21 VERIFICATION DE LA CONFORMITE DES DALLES OU LONGRINES**

Réceptionner le support de montage, avant début de montage.

Avant de démarrer le montage ELCO Alvéolé, il est impératif de vérifier :

- les dimensions et l'implantation des longrines (ou dalles)
- le réglage des différents équerrages (+ ou - 1 cm sur diagonales),
- la planéité par la recherche du point «haut» et du point «bas» des dalles ou longrines (attention ces points doivent tenir compte de l'ensemble des longrines ou extrémités car le niveau de départ de l'Elco va concerner l'ensemble de l'ouvrage et sera le même pour l'ensemble des murs),
- de la position des ouvertures (portes, fenêtres)
- en murs extérieurs, l'état de surface (lisse) des longrines qui ne devra pas poinçonner la membrane d'étanchéité PVC. Il faut insister sur le meulage du béton d'arase de l'ensemble des longrines (ou nez de dalles) à la ponceuse à disque jusqu'à pouvoir passer la paume de la main sur le béton sans griffure. On évite ainsi tout risque de perforation de la membrane d'étanchéité, par un éventuel granulat saillant.

## **4.3 Montage**

La mise en œuvre, préalablement calepinée, comporte les opérations suivantes :

### **4.31 Premier rang en Murs intérieurs :**

En mur intérieur la membrane n'est pas nécessaire sauf cas particuliers.

#### **4.311 Murs intérieurs sur longrine**

Comme indiqué dans les chapitres ci-dessus la pose du premier rang de blocs doit s'effectuer sur une chape de mortier de 2 à 3 cm parfaitement réglée en altimétrie et en planéité sur tout le pourtour de l'édifice à réaliser.

Il est recommandé le coulage de cette chape de mortier entre 2 règles aluminium ou planches dont la tolérance de planéité < 1 mm aura été vérifiée et positionnées de part et d'autre des longrines.

Cette chape de mortier sera lissée au nu supérieur des 2 règles aluminium ou planches servant de coffrage.

Il est recommandé une largeur de longrine de 16 cm ainsi qu'une épaisseur des règles ou planches de 2 cm d'épaisseur minimum.

Comme l'indique le schéma correspondant, le bloc de premier rang déborde de 2cm de part et d'autre du côté extérieur et intérieur de la longrine.

Longueur de longrine : le dimensionnement de la longueur des longrines doit prendre en compte la pose du bloc Elco Alvéolé en débord extérieur à la longrine de 2cm. Pour exemple : un mur de bloc Elco Alvéolé de 10 m de long sur 5 m en nu extérieur nécessite une longrine de 9,96 m de long sur 4,96 m.

## **A. Préparation et mise en place des règles ou planches**

Ces règles ou planches servent de coffrage de part et d'autre des longrines. De part et d'autre, on les maintient par une rondelle serrée par boulon planté dans la longrine.

### **Mise en place :**

Déterminer le niveau de départ du montage :

Altitude de départ = point «haut» des longrines + 2 cm

Présenter les règles ou planches de chaque côté de la longrine. Régler au niveau laser l'altimétrie de chaque règle à l'altitude de départ. Afin de garantir une bonne précision, la pige du niveau laser doit être équipée d'un niveau à bulle permettant de valider la parfaite verticalité de la pige lors des réglages d'altimétrie.

Par constat, le réglage d'une extrémité modifie toujours le réglage de l'autre extrémité, il est impératif d'effectuer un contrôle de vérification.

Procéder ainsi pour l'ensemble des règles ou planches.

## **B. Mise en place de la chape de mortier de réglage du premier rang**

On étale la chape de mortier à l'arase supérieure des règles ou planches dont la tolérance de planéité < 1 mm aura été vérifiée.

## **C. Pose du premier rang de blocs**

On pose la première rangée de blocs sur la chape de mortier frais en appui sur les règles ou planches

On démarre la pose du premier bloc en partant d'une ouverture de baie. On procède à un dernier contrôle de l'altimétrie des blocs en posant une règle sur les surfaces d'appui des blocs. La règle doit impérativement reposer sur chaque surface d'appui de chaque bloc. De préférence on pose les autres rangées de blocs le lendemain.

### **4.312 Murs intérieurs sur dalle**

- Dans le cas d'une pose sur dalle de murs intérieurs sur talonnette, on peut reprendre les dispositions du chapitre 4.3.1.1
- Dans le cas d'une pose de murs intérieurs sur dalle sur une chape de 2 à 3 cm il ne faut pas omettre que la première rangée de bloc s'effectue sur un lit de mortier frais et doit impérativement être parfaitement réglée en altitude et en planéité.

On détermine le niveau de départ du montage :

Altitude de départ = point «haut» de la dalle + 2 cm

Ce niveau va correspondre au niveau de réglage du mortier.

Il est impératif d'en tenir compte lors de la conception du projet en prévoyant soit un décaissement de la dalle de 2 à 3 cm pour compenser la hauteur du lit de mortier de premier rang, soit une talonnette.

Notamment pour respecter :

- Les hauteurs de linteau prévues initialement
- Les niveaux de planchers etc.

### **Mise en œuvre de la chape de mortier de réglage du premier rang :**

- On repère au niveau laser les points hauts et bas de la dalle
- On commence impérativement la mise en œuvre de la chape de mortier de réglage de la première rangée de blocs en démarrant du point le plus haut du pourtour de la dalle.
- En partant d'une des extrémités de l'ouvrage on pose un plot de mortier tous les 3,5m. Sur chaque plot de mortier frais on scelle une règlette métallique (ou tout autre élément parfaitement plane) devant servir de cale de niveau dont la longueur correspond au minimum à l'épaisseur de la paroi à réaliser soit 20cm. Sans laisser durcir les plots de mortier frais, on règle l'horizontalité de chaque cale de niveau à l'aide d'un niveau à bulle. Afin de garantir une bonne précision, la pige du niveau laser doit être équipée d'un niveau à bulle permettant de valider la parfaite verticalité de la pige lors des réglages d'altimétrie. Retirer à la truelle le mortier qui dépasse de chaque cale de niveau, Laisser durcir au moins 20 minutes le scellement de chaque cale de niveau.

- On étale un lit de mortier entre chaque cale de niveau. Après durcissement des plots de scellement on tire à la règle chaque lit de mortier en prenant appui sur les cales de niveau,
- Casser et retirer les plots de scellement de chaque cale de niveau qui constituent des points durs dans le lit de mortier frais. Reboucher au mortier frais l'espace de chaque plots de scellement.  
Sans appuyer, lisser à la taloche la surface du mortier,
- En partant du droit d'une ouverture de baie on pose les blocs de premier rang sur les lits de mortier encore frais en procédant à un dernier contrôle de l'altimétrie des blocs en posant une règle sur les surfaces d'appui des blocs. La règle doit impérativement reposer sur chaque surface d'appui de chaque bloc.

#### 4.32 Premier rang en Murs extérieurs:

Vérification de la conformité des dalles ou longrines comme indiquée dans le paragraphe 4.2 ci-avant.

##### 4.321 Pose de la membrane d'étanchéité

En murs extérieurs on pose la première rangée de blocs sur une membrane d'étanchéité PVC

Cette membrane d'étanchéité est directement posée et collée sur le dessus des longrines ou nez de dalles dont l'état de surface (lisse) ne devra pas poinçonner la membrane d'étanchéité.

Il faut donc meuler le béton d'arase de l'ensemble des longrines (ou nez de dalles) à la ponceuse à disque jusqu'à pouvoir passer la paume de la main sur le béton sans griffure. On évite ainsi tout risque de perforation de la membrane d'étanchéité, par un éventuel granulats saillant.

1. Sur tout le pourtour des longrines (ou nez de dalles), pose de 2 bandes de colle continues de 1 cm d'épaisseur minimum. Sur béton sec on utilise du SIKAFLEX 11FC (ou similaire) ou sur béton humide du 1000 Fix de chez SOUDAL (ou similaire). La 1ère bande est collée à 1 cm du bord extérieur et la 2ème bande est collée en intérieur à 13 cm du bord extérieur. (Il faut prévoir 300 millilitres de colle pour 7 ml).
2. La colle doit être directement appliquée sur le béton et non pas sur la membrane.
3. Pour un bon encollage de la membrane : On plaque à la main la membrane souple d'étanchéité sur le dessus du béton en vérifiant du même coup au touché qu'aucun agrégat ou corps étranger saillant ne se trouve entre la longrine (ou dalle) et la membrane.
4. Il faut prendre soin de ne jamais sectionner la membrane et de laisser un débord de membrane de 4 cm par rapport au coté extérieur de la longrine (ou nez de dalle), permettant ainsi de former un larmier.
5. Un débord de 8 cm au minimum par rapport au coté intérieur de la longrine (ou nez de dalle) permet de réaliser un relevé d'étanchéité en relevant et en collant la membrane sur le coté intérieur des murs.
6. Dans les parties droites, en cas de poteaux, la membrane est découpée autour de chaque réservation, puis garnie sur sa périphérie, en dessous et au-dessus par des cordons de joint silicone.
7. Dans les angles, la membrane est pliée pour épouser l'angle et elle est découpée autour de la réservation du poteau. Elle ne doit jamais être totalement sectionnée (Voir schéma ci-joint).
8. On liaisonne 2 extrémités de membrane Zedmarc (ou équivalent) accolées côte à côte par le collage respectif de ces extrémités sur le dessus d'une bande de membrane souple ayant une même largeur que ces dernières.
9. Dans le cas où le ferrailage a été implanté lors du coulage des longrines (ou dalle), la pose de la membrane souple d'étanchéité nécessite que l'on pose 2 bandes continues de colle supplémentaires de 1 cm d'épaisseur le long du ferrailage coté intérieur et extérieur.
10. Au droit des fers d'attente on découpe au cutter une ouverture dans la membrane souple afin de permettre le liaisonnement du béton des longrines (ou dalle) avec celui du coulage des poteaux.
11. Une fois que la membrane est collée, on vient ensuite réaliser la chape de mortier de réglage de premier rang.

#### 4.322 Murs extérieurs sur longrine

##### A. Préparation et réglage des règles ou planches :

Suite à la mise en œuvre de la membrane d'étanchéité, on réalise une chape de mortier de réglage des 1<sup>er</sup> rangs de blocs.

Tel que décrit dans le chapitre 4.3.1.1 il est recommandé une pose de la première rangée de blocs réglée et en appui sur deux règles aluminium ou planches **dont la tolérance de planéité < 1 mm aura été vérifiée.**

##### En intégrant les phases suivantes :

Il est recommandé une largeur de longrine de 14 cm (et non 16 cm comme en murs intérieurs).

Comme l'indique le schéma ci-joint, le bloc de premier rang déborde de 4cm du coté extérieur de la longrine et de 2 cm du coté intérieur.

Le dimensionnement de la longueur des longrines doit prendre en compte la pose du bloc Elco Alvéolé en débord extérieur à la longrine de 4cm.

Par exemple : un mur de bloc Elco Alvéolé de 10 m de long sur 5 m en nu extérieur nécessite une longrine de 9,92 m de long sur 4,92m

Coté extérieur les règles ou planches doivent avoir une épaisseur minimum de 4 cm et coté intérieur une épaisseur minimum de 2 cm

Préalablement au positionnement des règles ou planches on rabat la membrane d'étanchéité sur le pourtour de la longrine entre la paroi de la longrine et les règles ou planches. (cf. Schéma).

##### B. Mise en place de la chape de mortier de réglage du premier rang

On étale la chape de mortier à l'arase supérieure des règles ou planches dont la tolérance de planéité < 1 mm aura été vérifiée.

##### C. Pose du premier rang de blocs

On pose la première rangée de blocs sur la chape de mortier frais en appui sur les règles ou planches.

On démarre la pose du premier bloc en partant d'une ouverture de baie. On procède à un dernier contrôle de l'altimétrie des blocs en posant une règle sur les surfaces d'appui des blocs. La règle doit impérativement reposer sur chaque surface d'appui de chaque bloc. De préférence on pose les autres rangées de blocs le lendemain.

#### 4.323 Murs extérieurs sur nez de dalle

On applique les mêmes dispositions de mise en œuvre d'un mur extérieur sur longrine sauf qu'étant sur dalle on ne peut pas régler l'altimétrie et de la planéité du bord intérieur du mur Elco Alvéolé par des règles ou planches.

On procède donc de la manière suivante :

- Coté extérieur on positionne les règles ou planches (de 4 cm d'épaisseur) à l'altimétrie souhaitée (comme indiqué dans le chapitre précédent),
- On étale le lit de mortier de réglage du premier rang à l'arase supérieure des règles ou planches
- On laisse légèrement durcir le lit de mortier,
- On pose le premier rang de blocs en appui sur les règles ou planche et lit de mortier.
- On règle la planéité des blocs avec une cale en appui sur les surfaces de compression des blocs et un niveau à bulle (cf. schéma).
- Coté intérieur, on évite l'affaissement des blocs lors du séchage de la chape de mortier en maintenant un bloc sur deux par une cale en biais placée sous le parement du bloc (cf. schéma).

On démarre la pose du premier bloc en partant d'une ouverture de baie. On procède à un dernier contrôle de l'altimétrie des blocs en posant une règle sur les surfaces d'appui des blocs. La règle doit impérativement reposer sur chaque surface d'appui de chaque bloc.

De préférence on pose les autres rangées de blocs le lendemain.

#### 4.33 Pose des rangs courants

On attend le lendemain avant de poser le 2ème rang de blocs supérieur



La principale règle de pose des rangs courant des blocs Elco alvéolé repose sur la nécessité impérative de vérifier la qualité de la pose des blocs avant chaque coulage de raidisseurs verticaux et horizontaux

En cas d'erreurs on la rectifie par dépose et repose des blocs concernés. L'un des principaux contrôle doit porter sur la vérification du parfait parallélisme des joints verticaux des blocs accolés deux à deux.

Si tel n'est pas le cas, il est certain que le maçon n'a pas remarqué l'existence d'un point dur ou d'un faux aplomb, d'un des blocs des rangs inférieurs sur lequel reposent les blocs présentant ce défaut de parallélisme. Il faut donc déposer et reposer le ou les blocs concernés avant coulage des raidisseurs béton

- Chaque rangée de blocs doit être posée au cordeau.
- Réglage du facettage des parements

On doit impérativement éliminer rang par rang les aspects de facettage des parements des blocs accolés les uns aux autres.

L'intégralité des parements des blocs doit être sur un même alignement parfaitement plane.

Avant le coulage des raidisseurs horizontaux et verticaux, on règle le facettage des parements des blocs en plaquant une règle de 3 ou 4 m sur le coté extérieur de chaque longueur de chaque rangée et en alignant parfaitement le parement des blocs pour éliminer tout débord des uns par rapport aux autres.

Les blocs n'étant pas maçonnés, on peut régler des problèmes de facettage de quelques millimètres en faisant rentrer le débord concerné en tapant sur une cale de bois plaquée sur le dit débord.

Il ne faut pas placer la cale trop près des bords des parements afin d'éviter tout risque d'épaufrure.

- Tolérance dimensionnelle de +/- 2 mm dans la longueur des blocs ELCO devant être prise en compte.

Dans leur longueur, les blocs ELCO ont une précision dimensionnelle pouvant varier de +/- 2 mm.

La prise en compte de cette éventualité de jeu est importante dans le dimensionnement des longrines préalablement à leur coulage.

La prise en compte de ce jeu est également importante lors de la pose des blocs afin d'ajuster rangée par rangée la longueur de chaque rang.

- Vérification des évacuations des dispositifs d'écoulements des eaux

Préalablement à la mise en œuvre de chaque bloc de chaînage, de linteau et d'angle il faut vérifier que les évacuations des dispositifs d'écoulements des eaux soient parfaitement propres.

- Ferrailage des murs

La mise en place des armatures des poteaux, des raidisseurs et des tableaux de baie est réalisé à l'achèvement de la pose de chaque septième ou huitième rangée de blocs.

Le ferrailage de l'ensemble des chaînages, potelets, raidisseurs, encadrement de baies doit être calculé par le bureau d'étude et validé par le bureau de contrôle. Il ne doit pas être surdimensionné afin de ne pas faire fissurer le béton.

- Coulage du béton

Le bétonnage des potelets, des raidisseurs, des tableaux de baie, est réalisé à l'achèvement de la pose de chaque septième ou huitième rangée de blocs après la mise en place des armatures.

Le béton utilisé pour le coulage ne doit surtout pas être trop dosé en ciment. Il ne doit pas être trop liquide afin d'éviter toute coulure de laitance de béton le long des parements des blocs. Il ne doit pas non plus être trop plastique afin d'assurer un remplissage correct des blocs par passage d'une barre d'acier mais on n'utilisera pas d'aiguille vibrante.

En pratique le béton de remplissage devra généralement présenter une granulométrie comprise entre 0/8 et 0/20 mm et une consistance légèrement plastique telle que l'affaissement au cône d'Abrams soit compris entre 10 et 14 cm, les valeurs d'affaissement les plus élevées étant requises dans les cas suivants :

- - Granulométrie supérieure à 0/10 mm
- - Hauteur de coulage supérieure à 7 rangées de blocs.

Le coulage du béton directement au seau est à éviter, l'utilisation des goulottes tronconique est préconisée.

Afin de gérer au mieux les reprises de bétonnage, et afin d'éviter les coulures de béton venant gêner la pose des blocs des rangs supérieurs, il importe de couler toujours à un niveau de 4 à 5 cm plus bas que celui de l'arête haute du dernier rang de blocs.

- Pour les blocs de chaînage on finit de couler proprement le béton jusqu'à l'affleurement de la partie haute du bloc. Dans le cas d'un mur extérieur, on bouche à l'aide de mortier les évidements latéraux d'écoulement des eaux coté intérieur du bâtiment (cf. schéma).

Pour des raisons pratiques d'organisation de chantier, il peut être souhaitable d'utiliser le même béton à la fois pour le coulage des dalles de plancher et pour le remplissage des blocs. En cas de doute sur la convenance d'un béton de plus forte granulométrie, des tests de remplissage sur murets doivent être réalisés sur chantier.

## 4.34 Autres étapes de pose

1. Réalisation sur le parement intérieur du relevé d'étanchéité par collage par points de la membrane au mastic silicone.
2. Pose des blocs de chaînage en appui et en linteau (étayage). En mur extérieur exclusivement et selon la nature des bâtiments à réaliser, on obstrue au mortier les feuillures horizontales d'écoulement des eaux situées sur le coté intérieur de chaque bloc de chaînage soit sur toute la périphérie du chaînage, soit uniquement au droit des linteaux.
3. Pose des armatures de linteaux et bétonnage de ces dernières, pose des dernières rangées de blocs jusqu'au chaînage de dalle.
4. En mur extérieur exclusivement, pour tout bloc standard posé au-dessus d'un bloc de chaînage, on casse du coté extérieur du mur l'ailette située en partie basse de chacun de ses évidements (cf. schéma).
5. Au départ de l'étage on répète les dispositions de mise en œuvre requises pour la pose de la maçonnerie « ELCO Alvéolé » en rez-de-chaussée, omis le fait qu'en mur extérieur (exclusivement) le larmier n'est pas collé sur la surface extérieure du mur, mais est collé sur le rebord intérieur de la cannelure d'écoulement des eaux des blocs de chaînages en L ou en U.

### Dispositions communes

Pose à sec et à joints croisés des rangées de blocs suivants et bétonnage des potelets tous les 7 à 8 rangs de blocs.

## 4.4 Exécution des points singuliers

### 4.41 Jonctions d'angles et en T, potelets en partie courante

- Tous les 6 à 8 rangs, pose des armatures des potelets d'angle et de partie courante puis bétonnage dans les alvéoles des blocs.
- Pour une jonction en T de 2 murs de blocs ou d'un mur de blocs avec un mur d'une autre nature, les raccordements ne se font que par une continuité du bétonnage des rangs de chaînage bas et haut.

### 4.42 Jonction maçonnerie-baies

#### 4.421 Tableaux de baie

Les tableaux de baies sont réalisés à l'aide de blocs d'about et demi blocs d'about ; ils sont renforcés sur leur hauteur par un potelet en béton coulé mis en œuvre dans la dernière alvéole de part et d'autre de la baie.

#### 4.422 Linteaux

Quel que soit le linteau, un bon étayage est primordial pour garder un aspect de joints verticaux parallèles et réguliers entre les blocs ainsi qu'une parfaite horizontalité de la sous face du linteau

Un bon étayage de linteau se traduit par un étai tous les mètres supportant une planche épaisse de 4 cm minimum, dont l'épaisseur doit être dimensionnée pour la charge des rangs de blocs étayés.

Les linteaux sont réalisés par des blocs de chaînage en U et des blocs de chaînage en U débouchant destinés à recevoir un chaînage vertical à chaque extrémité. Après mise en place des armatures, le béton de chaînage est coulé à une cote légèrement inférieure à l'arase des surfaces d'appui des blocs de chaînage. Le remplissage est complété jusqu'à l'arase des surfaces d'appui par un mortier de ragréage fin dans le but d'obtenir une surface parfaite

tement plane et horizontale destinée à recevoir les rangées de blocs supérieures et ainsi éviter tout faux-aplomb.

#### 4.423 Rangs sous appuis de baies

Ils sont constitués de blocs de chaînage en U. Au préalable, les rails de guidage des blocs de chaînage sont découpés de façon à reposer l'appui de baie sur les surfaces d'appui des blocs.

#### 4.424 Appuis des planchers, chaînages horizontaux et verticaux

Pour reposer les planchers, on utilise des blocs de chaînage borgnes en L en partie courante, des blocs de chaînage débouchant en L pour assurer la continuité des poteaux et des blocs d'angle dont les cloisons intérieures sont découpées.

Après coulage du plancher, on répète les opérations de départ sur rez-de-chaussée.

### 4.5 Adaptation du procédé « ELCO Alvéolé » pour utilisation en secteur industriel ou agricole

Une maçonnerie « ELCO Alvéolé » mise en œuvre en remplissage entre 2 poteaux en béton ou en acier ou mise en œuvre en applique sur une structure de poteaux en béton ou en acier doit être reliée par des ancrages aux poteaux en béton ou en acier. Les ancrages sont à disposer sur chaque poteau au niveau des chaînages horizontaux ainsi qu'à mi-distance entre ces chaînages.

Les ancrages sont scellés dans un potelet continu bétonné au droit de chaque poteau.

L'espacement entre les poteaux en béton ou en acier servant au contreventement de la maçonnerie ne doit pas excéder 8m. Au-delà de cet espacement il doit être prévu entre les poteaux en béton ou en acier la mise en œuvre de contreforts constitués par des potelets bétonnés dans une maçonnerie en retour.

Un joint de dilatation doit être prévu tous les 50m selon les dispositions reprises dans le schéma correspondant.

### 4.6 Travaux de finitions

#### 4.61 Doublages intérieurs

Les panneaux de complexe isolant sont collés sur la face intérieure des murs par des plots de colle de 10 mm d'épaisseur nominale selon un espacement et les dispositions requises dans le D.T.U. en vigueur ou l'Avis technique, le cas échéant.

Pour assurer l'étanchéité à l'air du doublage, on dispose un joint horizontal continu de mastic de 2cm minimum d'épaisseur en rive de planchers et rive de plafond.

Pour la même raison, les percements dans le doublage tels que prises électriques et interrupteurs sont calfeutrés par une mousse Néoprène en bombe.

#### 4.62 Enduits et revêtements de finitions :

Dans le cas de maçonnerie non doublée, on peut mettre en place un enduit en parement intérieur.

## B. Résultats expérimentaux

### 1. Essais de compression sur murets et trumeaux.

Des essais de compression centrée et excentrée ont été réalisés sur murets et trumeaux montés à l'aide de blocs clivés en béton fabriqués par la société EXINCOURT BETON S.A. et rectifiés à sec (Rapport d'essai du CSTB n° 36334 du 10 Mai 1994).

#### 1.1 Corps d'épreuves

##### 1.1.1 Murets

Trois essais ont été réalisés sur des murets dont les caractéristiques dimensionnelles étaient les suivantes : hauteur 120 cm, largeur 100 cm, épaisseur 20 cm avec le montage suivant : sur une semelle en béton sont posés un rang de deux blocs plus un demi bloc avec lit de mortier (1<sup>ère</sup> assise) puis 4 rangs de deux blocs et d'un demi bloc posés à sec à joints croisés et enfin un chaînage

horizontal supérieur en béton coulé dans des blocs chaînage (deux plus un demi).

#### 1.1.2 Trumeaux

Six essais ont été réalisés sur trumeaux dont trois avec charge centrée et trois avec charge excentrée (de 22 mm).

Les caractéristiques dimensionnelles des trumeaux étaient les suivantes :

- hauteur : 200 cm,
- largeur : 100 cm,
- épaisseur : 20 cm.

Le montage de blocs différait de celui des murets par l'ajout de 4 rangs de deux blocs standard plus un demi bloc sous le rang des blocs chaînages.

### 1.2 Résultats

Les résultats sont résumés sous les numéros 1 à 9 dans le tableau ci-après :

#### 1.3 Essais complémentaires de septembre 1996

Deux essais complémentaires ont été réalisés en compression centrée sur des trumeaux de 220 cm de hauteur, 80 cm de largeur et 20 cm d'épaisseur, en blocs lisses de fabrication EXINCOURT BETON S.A. réalisés avec une machine de rectification plus précise que les précédentes (Rapport d'essais du CSTB n° 40687 du 5 septembre 1996). Les résultats sont résumés dans le tableau suivant sous les numéros d'épreuve 10 et 11.

Dans tous les essais, la rupture, précédée d'une fissuration des blocs, survient par ouverture de ces derniers avec manifestation d'un clivage préférentiel aux extrémités des entretoises de compression.

#### 1.4 Essais complémentaires de septembre 1999

Deux essais complémentaires ont été réalisés en compression excentrée sur des trumeaux de mêmes dimensions que celles ci-dessus (rapport d'essais du CSTB n°980066 du 28 septembre 1999) montés avec des blocs présentant des résistances à l'écrasement élevées (moyenne : 8,8 MPa). Les résultats sont résumés dans le tableau 3 sous les numéros d'épreuve 12 et 13.

## 2. Essais de perméabilité à l'air et d'étanchéité à l'eau

Ces essais, réalisés au CSTB du 29 septembre 1993 au 14 février 1994 sur la base des normes NF P 08-331 et NF P 08-341 sur des murs en éléments identiques à ceux décrits ici, ont fait l'objet du rapport d'essais n° 36 335.

### 2.1 Corps d'épreuves et modalités des essais.

Il s'agit d'un mur de 2,80 m de longueur et 2,20 m de hauteur mis en place dans un caisson permettant d'exercer une pression d'air sur le parement extérieur et de mesurer le débit de fuite, ce qui permet d'en déduire la perméabilité du mur testé.

Une rampe d'arrosage placée entre le mur de réaction du caisson et le parement extérieur de la maçonnerie permet de créer un ruissellement d'eau simulant la pluie et de déterminer la perméabilité à l'eau du mur sous différents niveaux de pression extérieure. Un dispositif de récupération des eaux dans une rainure moulée dans l'axe de la première assise de blocs et dans une gouttière ménagée en parement intérieur de la maçonnerie des blocs permet, par mesure du volume d'eau récupéré, d'évaluer le débit pénétrant dans l'axe du mur et en parement intérieur.

Le débit d'eau en tête du parement extérieur est de 75 l/h/m<sup>2</sup> soit environ 1,3 l/min/m<sup>2</sup>.

### 2.2 Résumé des résultats des essais

#### 2.2.1 Etanchéité à l'air :

En l'absence de dispositif d'étanchéité à l'air en parement intérieur du mur, la pression d'air dans un premier montage n'a pas pu excéder 40 Pa. Un second montage a permis de mesurer une perméabilité de 1416 m<sup>3</sup>/h sous 135 Pa.

## 2.22 Etanchéité à l'eau

- 2.221 Sans dispositif d'étanchéité à l'air et sans pression extérieure, l'eau s'infiltré dans l'épaisseur de la maçonnerie avec un débit faible de 5 l/h. Après 1 h d'essai des traces d'humidité très localisées apparaissent sur certains joints horizontaux en parement intérieur. Après 24 h d'essai la longueur des joints affectés augmente mais sans qu'il y ait ruissellement.
- 2.222 En appliquant une pression extérieure de 40 Pa avec le même débit d'eau, le débit interne passe à 12 l/h et les traces d'humidité intérieures apparaissent après 45 min. Pas de modification après 24 h d'essai.
- 2.223 Après habillage du parement intérieur par collage d'un complexe de doublage PSE + plaque de plâtre (90 + 10) étanche à l'air et séparé du support par une lame d'air d'environ 1 cm d'épaisseur (en ménageant des fenêtres d'observation en plexiglass) sous une pression extérieure de 50 Pa, le débit interne est réduit à 2,4 l/h et l'on ne constate plus d'humidité en parement intérieur. Sous 500 Pa le débit croît à 13,2 l/h et sous 600 Pa à 15,6 l/h, aucune trace d'humidité n'étant constatée en parement intérieur.
- 2.224 En organisant en rive basse du doublage un passage d'air d'environ 40 cm<sup>2</sup> destiné à représenter d'éventuels défauts d'étanchéité à l'air du doublage, le débit interne est doublé par rapport au cas précédent sous des pressions de 50 et 100 Pa et il est multiplié par 7 sous une pression de 500 Pa (96 l/h). Quelques traces d'humidité apparaissent en parement intérieur à partir d'une pression de 400 Pa mais aucun écoulement ne se manifeste sur ce parement.
- 2.225 Un enduit souple d'étanchéité pour piscine est appliqué en continu en 2 couches (consommation totale 3,5 kg/m<sup>2</sup>) sur le parement intérieur de la maçonnerie laissée sans doublage (enduit ERTOFLEX 226 sur une moitié du mur, enduit THOROSEAL FX 100 sur l'autre moitié). Un dispositif de recueil et d'évacuation vers l'extérieur des eaux ayant pénétré dans la maçonnerie est organisé en pied de mur sous forme d'une gouttière en mortier revêtue d'un film polyane. La pression extérieure est augmentée par paliers jusqu'à 4900 Pa (puissance maximale de la turbine). Aucun décollement d'enduit ni aucun passage d'eau en parement intérieur ne sont observés.

## 3. Essais d'isolement acoustique

Des essais ont été réalisés au CSTB sur une paroi en blocs clivés avec et sans doublage (Rapport d'essais n° 713-950-0173 du 7 décembre 1995).

Les indices d'isolement acoustique correspondants des parois soumises aux essais sont résumés dans le tableau ci-après :

	Mur brut	Mur brut + complexe de doublage prégystyrène 10 + 80	Mur brut + doublage sandwich prégystyrène 10 + 80 + 10
R <sub>rose</sub>	31 dB(A)	38 dB(A)	41 dB(A)
R <sub>route</sub>	26 dB(A)	31 dB(A)	34 dB (A)
R <sub>w</sub>	32 dB	40 dB	43 dB

## 4. Essais d'absorption acoustique

Des essais d'absorption acoustique ont été réalisés au CSTB sur une paroi de 10 m<sup>2</sup> (rapport d'essais n°00-0056 du 14 avril 2000)

$\alpha_w = 0,25$

# C. Références :

### Habitation

26 pavillons individuels ou bandes en R+1 situés à Cusset (03) soit 3600 m<sup>2</sup> de mur, hauteur hors sol 6,20 m (8,60 m avec sous-sol); cette opération fait l'objet d'une attestation d'innovation délivrée par le Ministère de l'équipement.

Pavillons à Hagondange (57)

Pavillons Vayringe 1 & 2 à Nancy (57)

Collectif à Haubourdin (59)

Logements Cellini à Montpellier (34)

Maison de retraite à Nanterre (92)

Maison de retraite à Roiffieux (07)

Maison de retraite de ADAPEI à Hornoy le Bourg (80)

### Equipements

Bâtiment d'équipement de la piscine de la ville de Puys-Guillaume (03) : 266 m<sup>2</sup> de mur sans doublage sur 2,40 m de hauteur.

Atelier musical à Amiens (80)

Aménagements et murs d'enceinte Super U à Iff (14)

Plateau médical à Thionville (57)

Aménagements et usine ST2M à Etupes (25)

Camping de Courseulle (14)

Mur de préau au collège de Cernay (68)

Centre entretien à Briare (45)

Centre entretien à Pannes (45)

GIFI à Villeneuve sur Lot (47)

GIFI à Château-Bernard (16)

### Bureau

Siège social de la Société Saintot (filiale du groupe SAE pour la région de la Franche-Comté), situé à Besançon (25) : 290 m<sup>2</sup> de murs avec doublage sur 4,80 m de hauteur

Bureaux à Loos (59)

Bureaux à Ribecourt (60)

### Equipement public

Assistance Publique et Hôpital de Mantes-la-Jolie (78) (2800 m<sup>2</sup>)

Caserne Bonnière à Bonnières sur Seine (78)

Caserne de Colmar à Colmar (68)

Hôtel du Département de Colmar (68)

CCI Aéroport de Gap (05)

Gymnase du lycée Pravaz de la ville de Pont de Beauvoisin (13) : 763 m<sup>2</sup> de murs avec et sans doublage sur 5 m de hauteur

Gymnase de Valognes (50)

Gymnase Elboeuf (27)

Gymnase à Ouistreham (14)

Salle des fêtes de St Contest (14)

Collège de la Souffel à Pfulgriesheim (67)

Commissariat de police à Saint Maur (94)

Poste de police à Carcassonne (11)

Crèche à Ouistreham (14)

Ecole à Hem (59)

Ecole du Plessis (71)

Ecole élémentaire de Puiseaux (45)

Ecole à Vendargues (34)

Médiathèque à Florange (57)

Groupe scolaire de Saint Ouen (93)

Gare de TGV à Valence (26)

Palais des Sports à Cesson Sévigné (35)

### Secteur Industriel

Usine Swatch / Mercedes à Sarreguemines : 3800 m<sup>2</sup> de murs industriels intérieurs, en remplissage et en applique, sans doublage, jusqu'à 10,80 m de hauteur

# Tableaux et figures du Dossier Technique

**Tableau 1**

DESIGNATION DES BLOCS	Quantités de blocs par m <sup>2</sup> de murs ou par mètre	Epaisseur en mm		Hauteur des entretoises porteuses en mm.	Longueur des modules de parements en mm.	Poids en kg	
		Lisses	Clivés			Lisses	Clivés
Standard courant	12.5 blocs/m <sup>2</sup>	200	220	200	400	20	22.5
About	5 blocs/m.	200	220	200	400	19,8	22.3
Demi-About	5 blocs/m.	200	220	200	200	9,9	11.2
Chainage en U	2.5 blocs/m.	200	220	200	400	19,5	22
Chainage en L	2.5 blocs/m.	200	220	200	400	14	16.5
Angle de chainage en L	1 bloc/angle	200	220	200	400	14,5	18
Angle	5 blocs/m.	200	220	200	400	20	23.7

**Tableau 2**

Eprouvette n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Longueur moyenne (mm)	402,1	402,2	402,0	401,9	402,7	402,3	402,6	403,0	402,1	402,6
Hauteur moyenne (mm)	200,5	200,5	200,4	200,8	200,5	200,7	200,8	201,0	200,8	200,8
Epaisseur moyenne (mm)	199,5	199,7	199,6	199,7	199,7	199,7	199,7	199,7	199,8	199,7

**Tableau 3 - Tableau des Résultats d'essais**

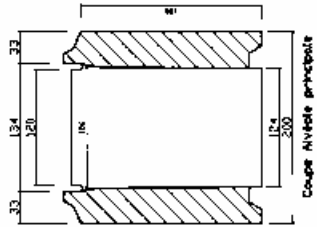
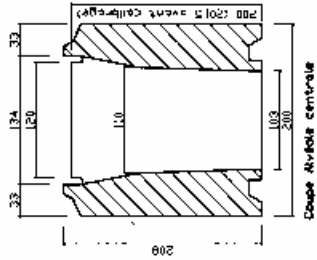
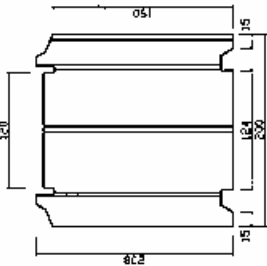
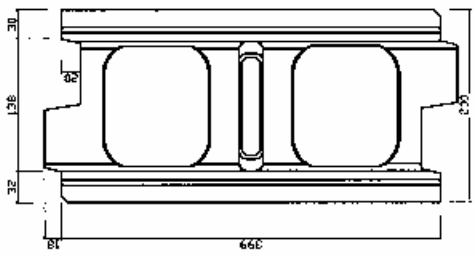
N°	Nature du corps d'épreuve	Excentricité E (mm)	Contrainte de rupture bloc plaque élastomère (Section brute) (MPa)	Contrainte 1 <sup>ère</sup> fissure corps d'épreuve (MPa)	Contrainte rupture corps d'épreuve (MPa)	Rapport contrainte moyenne 1 <sup>ère</sup> fissure sur contrainte rupture
1	muret	0		2,4	2,4	
2				2,0	2,39	
3				2,0	2,47	
Moy.			4,3 (1)	2,13	2,42	0,88
4	trumeau	0		0,5	2	
5				0,75	2,28	
6				0,5	2,49	
Moy.			4,3 (1)	0,58	2,25	0,25
7	trumeau	22		0,75	1,85	
8				1	2,29	
9				0,29	2	
Moy.			4,3 (1)	0,68	2,04	0,33
10	trumeau	0		0,61	2,5	
11				0,56	3,2	
Moy.				3,9 (2)	0,58	2,85
12	trumeau	22		2,50	3,62	
13				1,87	3,75	
			8,8 (3)	2,18	3,7	0,59

(1) Résultats de mesures effectuées par le fabricant des blocs.

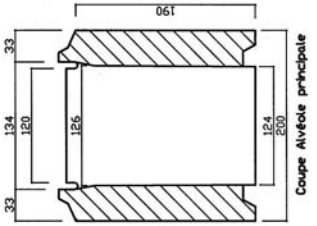
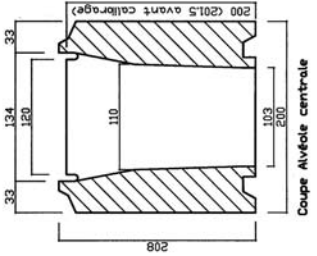
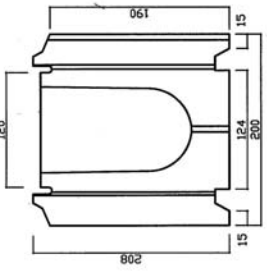
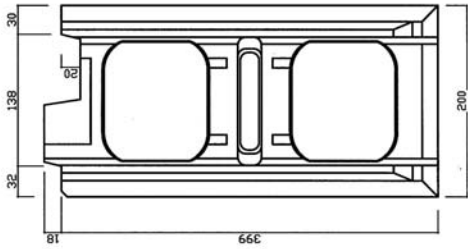
(2) Essais réalisés au CSTB sur les blocs des maquettes ; 1<sup>ère</sup> fissure à 3,5 MPa.

(3) Essais réalisés au CSTB sur les blocs des maquettes.

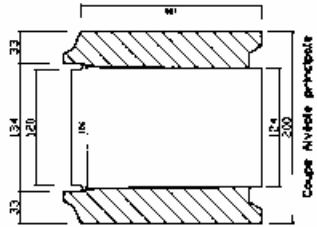
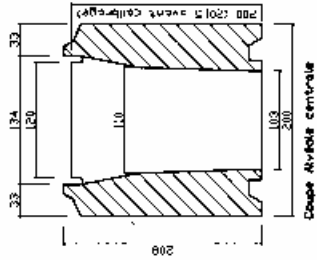
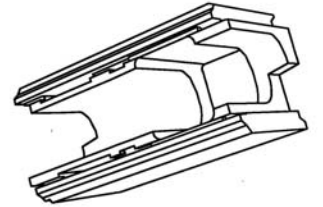
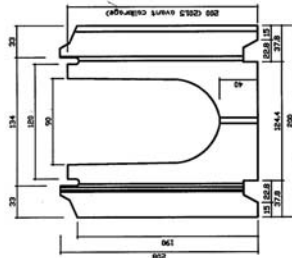
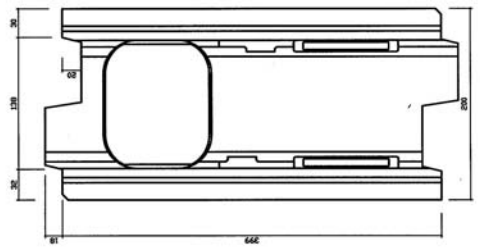
Bloc STANDARD



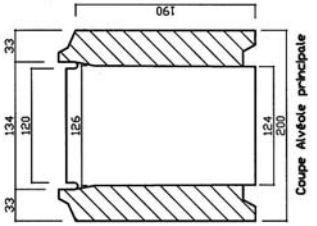
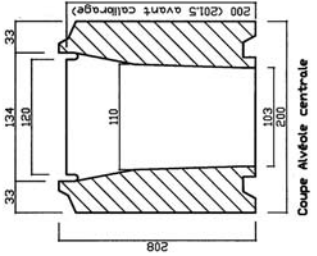
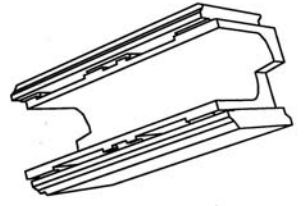
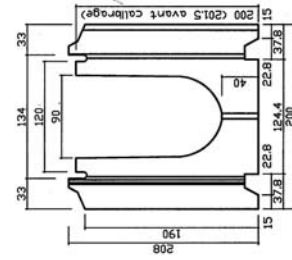
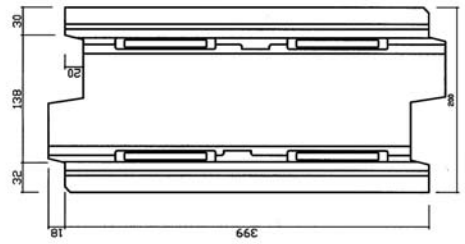
Bloc d'ABOUT



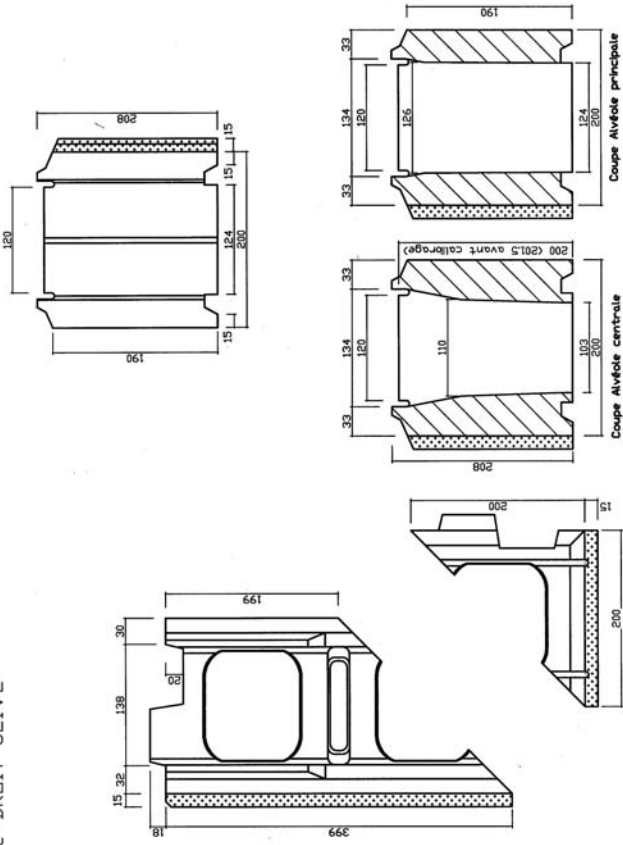
Bloc de CHAINAGE DEBOUCHANT



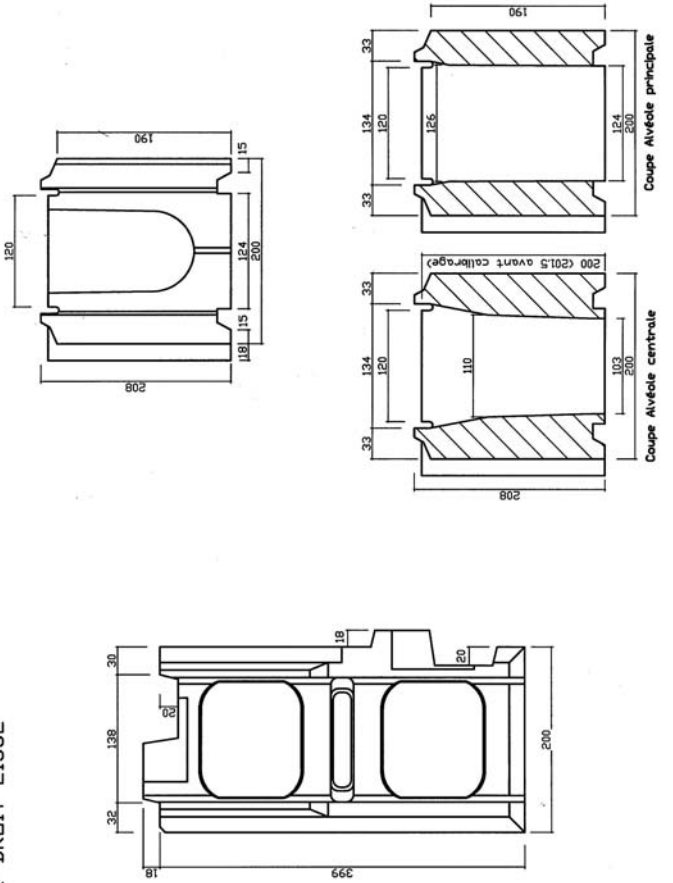
Bloc de CHAINAGE



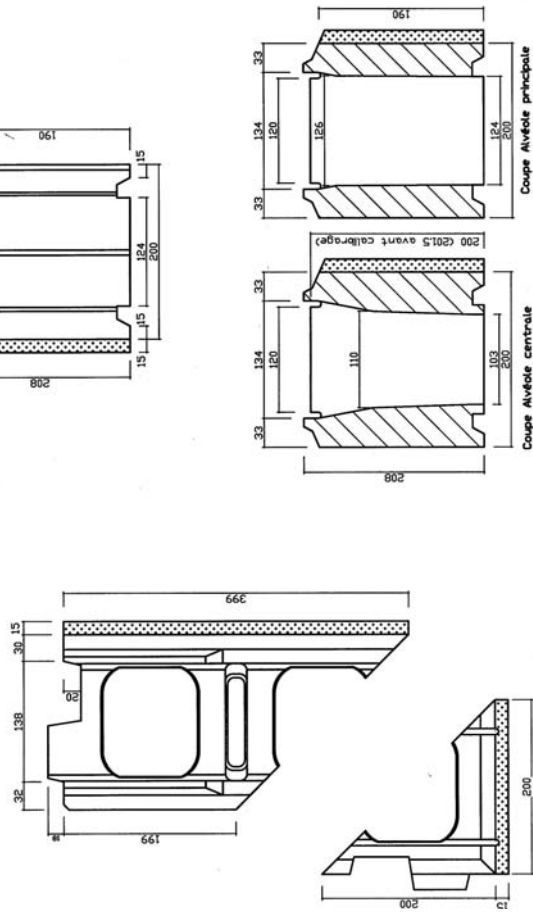
Angle DROIT CLIVE



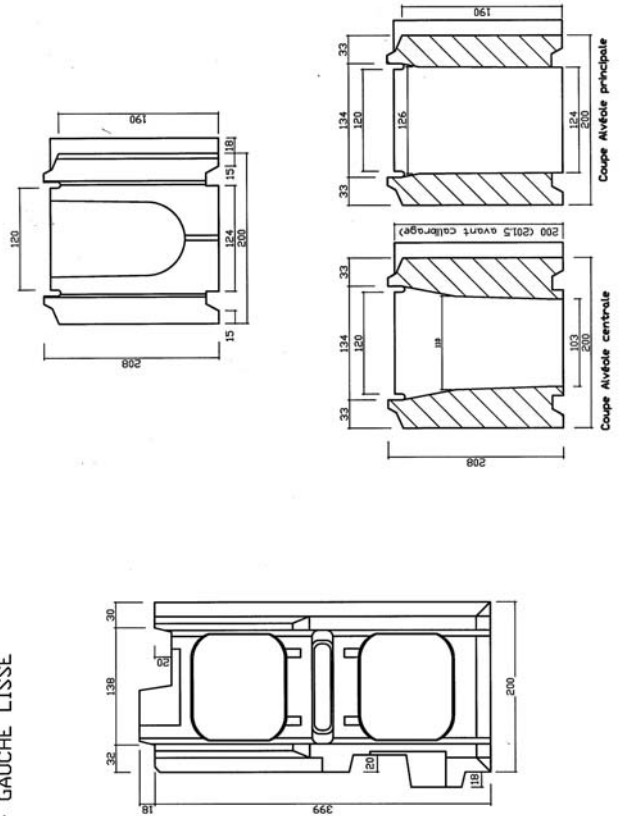
Angle DROIT LISSE



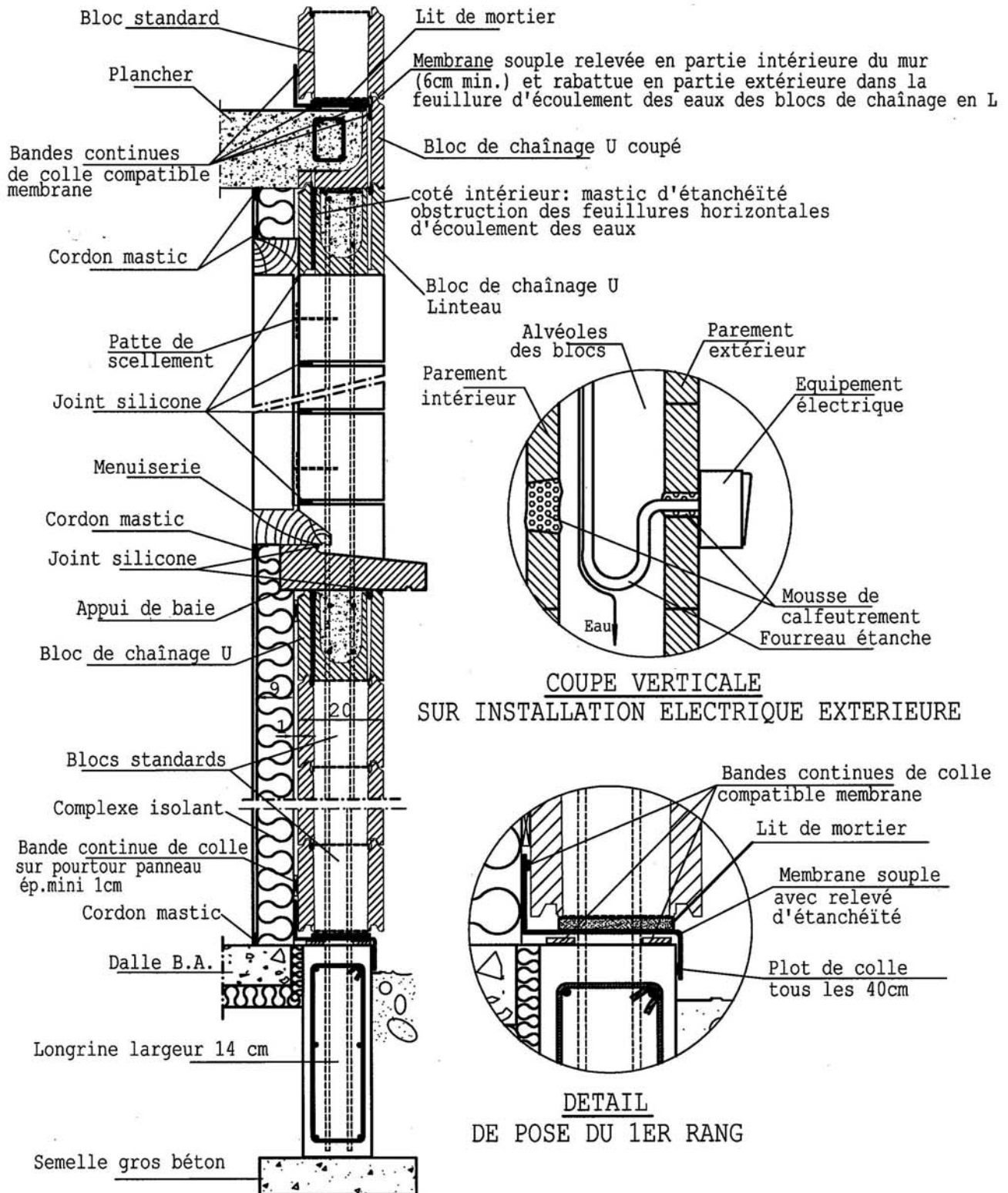
Angle GAUCHE CLIVE



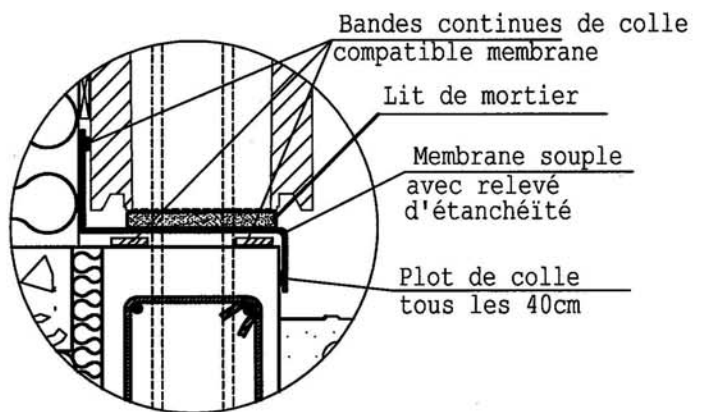
Angle GAUCHE LISSE



## COUPE VERTICALE SUR MUR

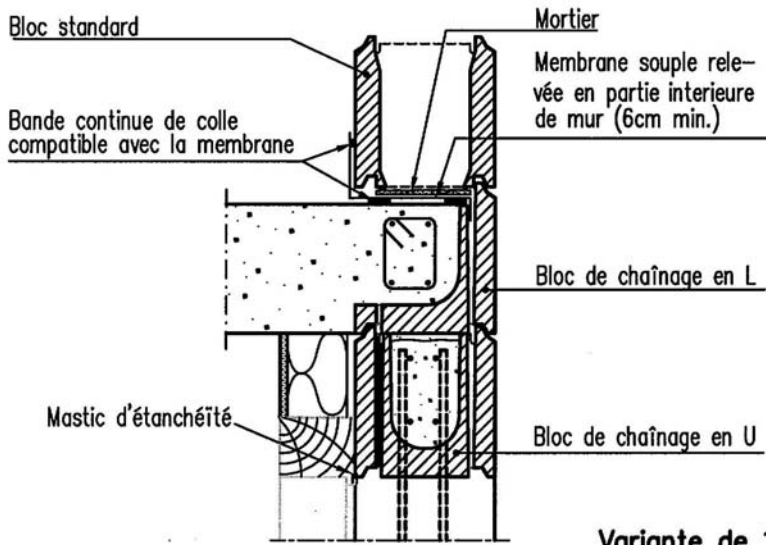


## COUPE VERTICALE SUR INSTALLATION ELECTRIQUE EXTERIEURE



## DETAIL DE POSE DU 1ER RANG

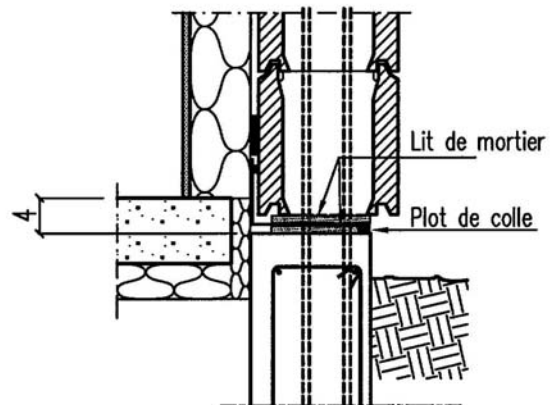
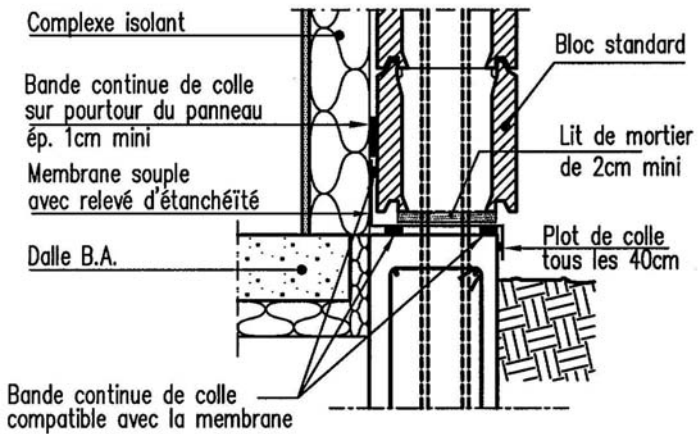
## COUPES VERTICALES



Variante de 1er rang

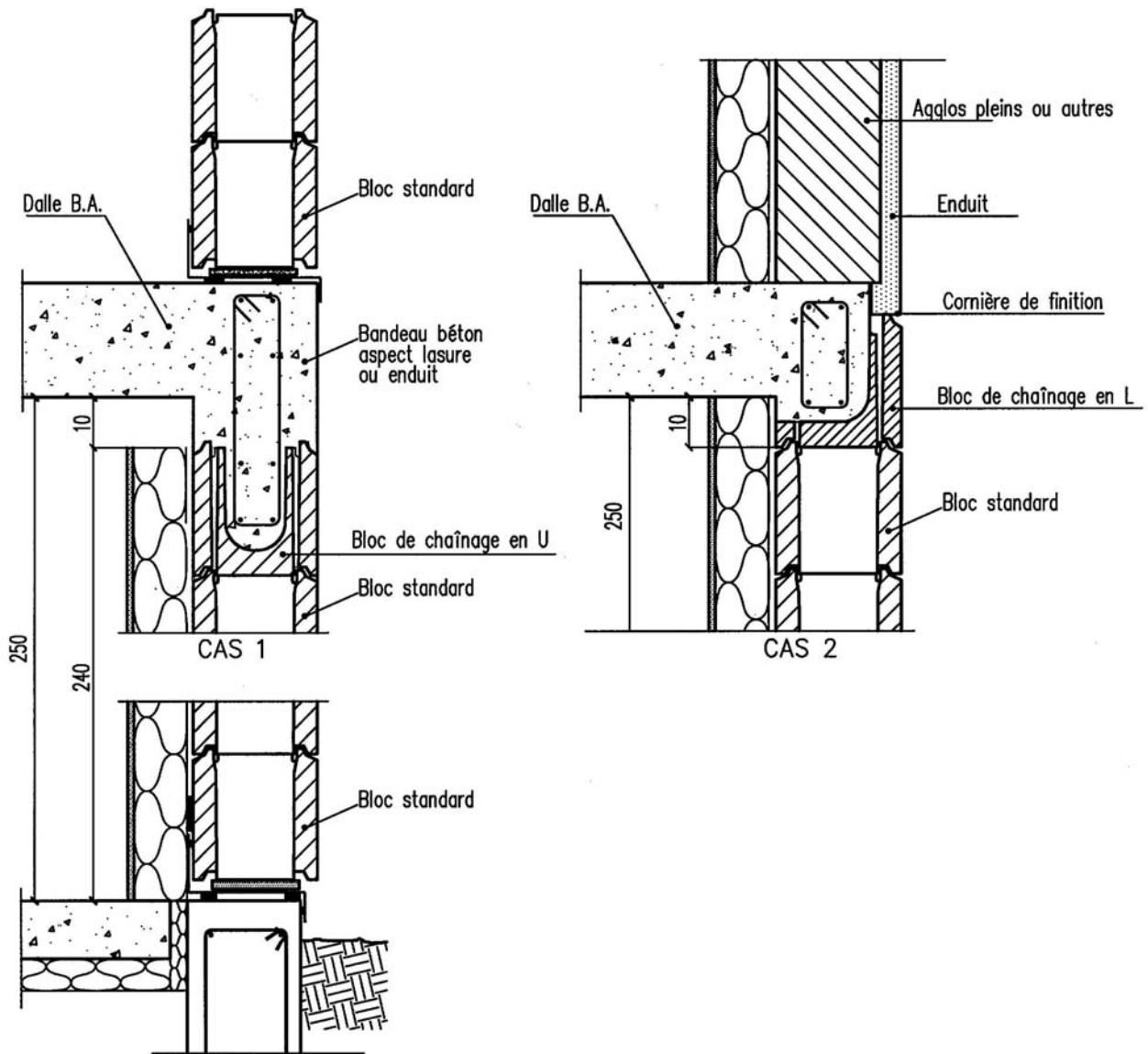
Variante 1

Variante 2

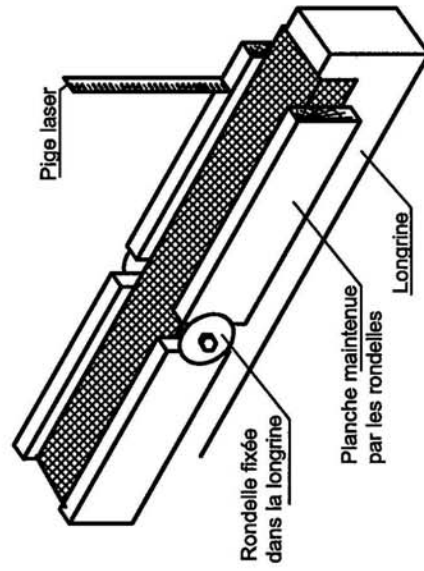




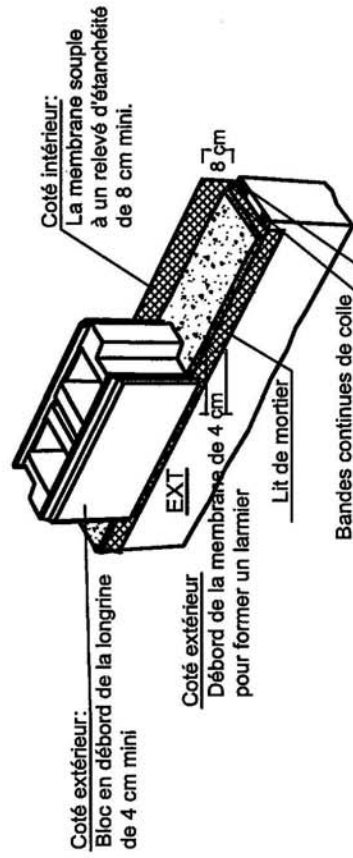
COUPE DE PRINCIPE  
 DANS LE CAS DE HAUTEUR SOUS PLAFOND NON MULTIPLE DE 20CM



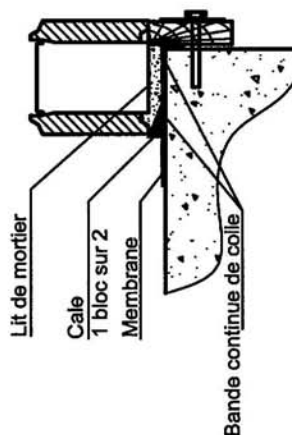
### DETAIL DE MISE EN OEUVRE



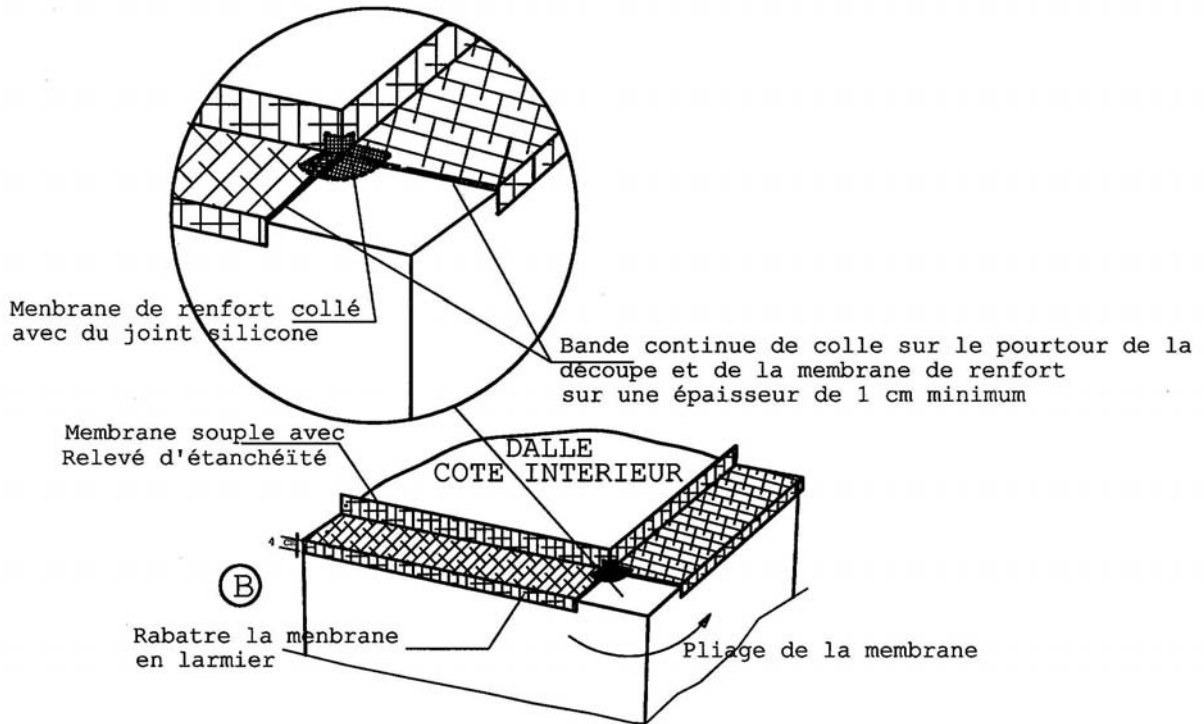
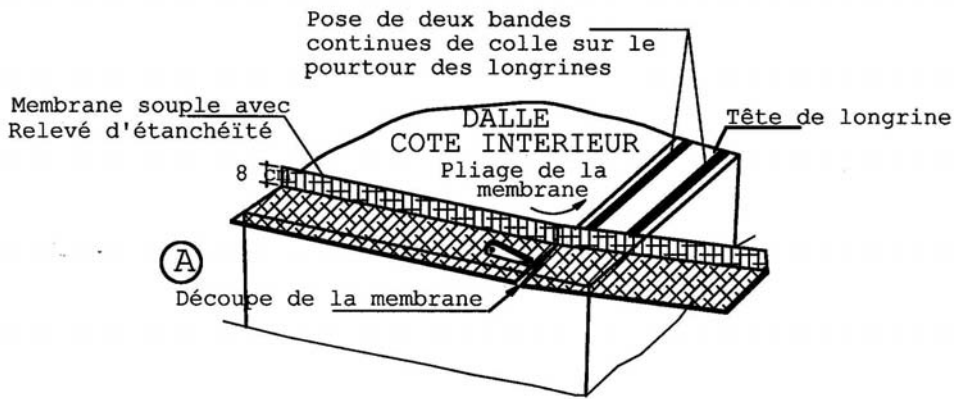
### DETAIL SUR LONGRINE



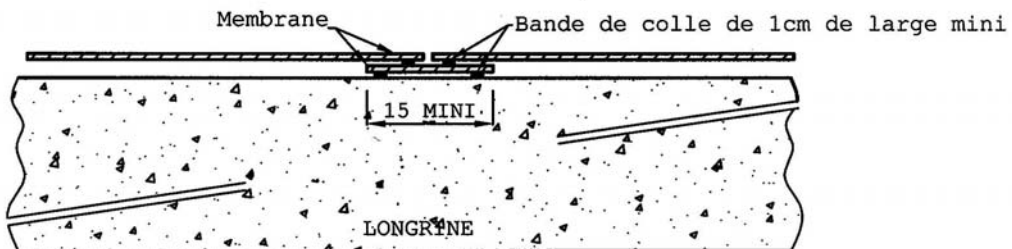
### DETAIL SUR DALLAGE



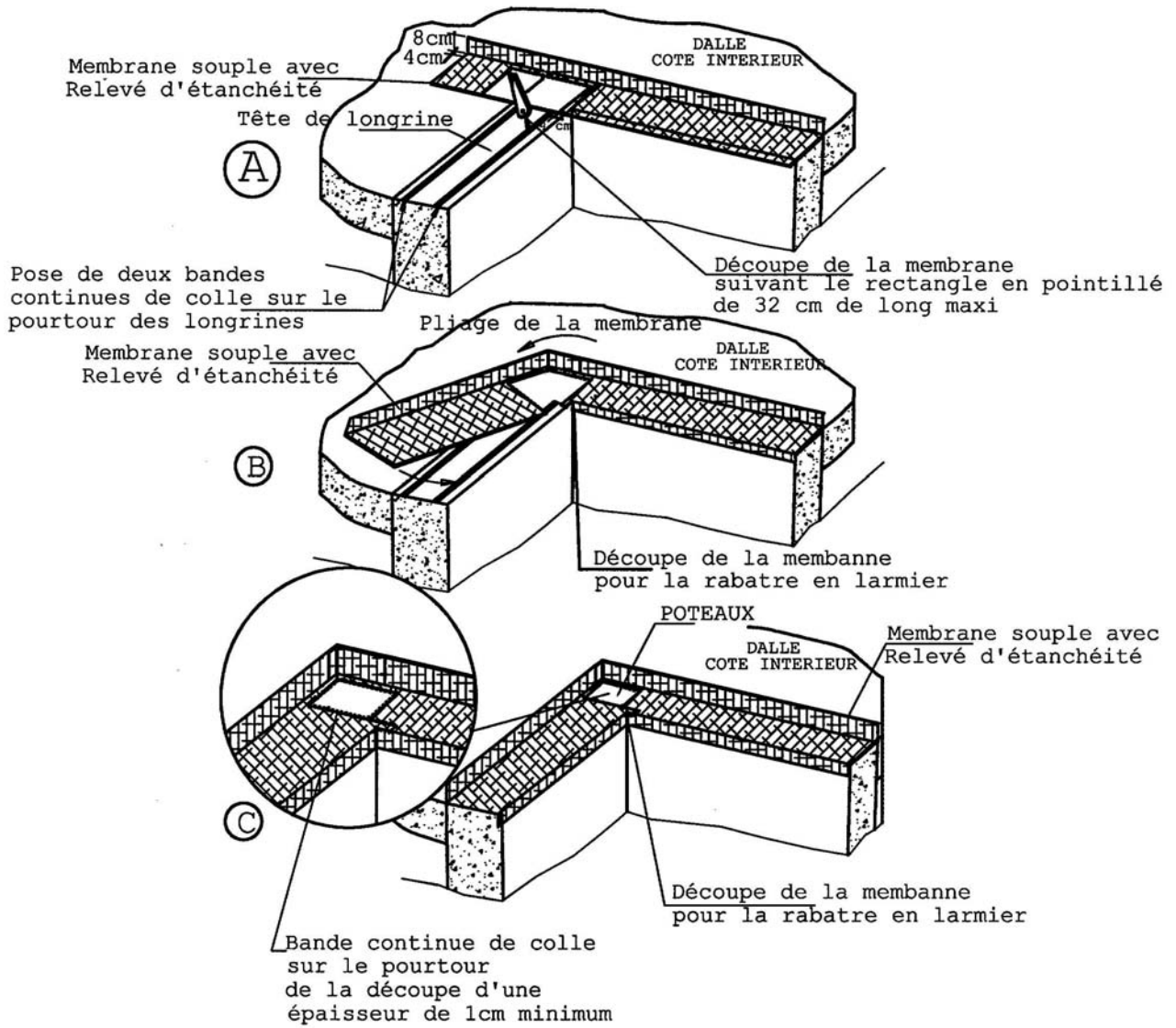
# ANGLE SORTANT



## Raccord de 2 extrémités de membrane

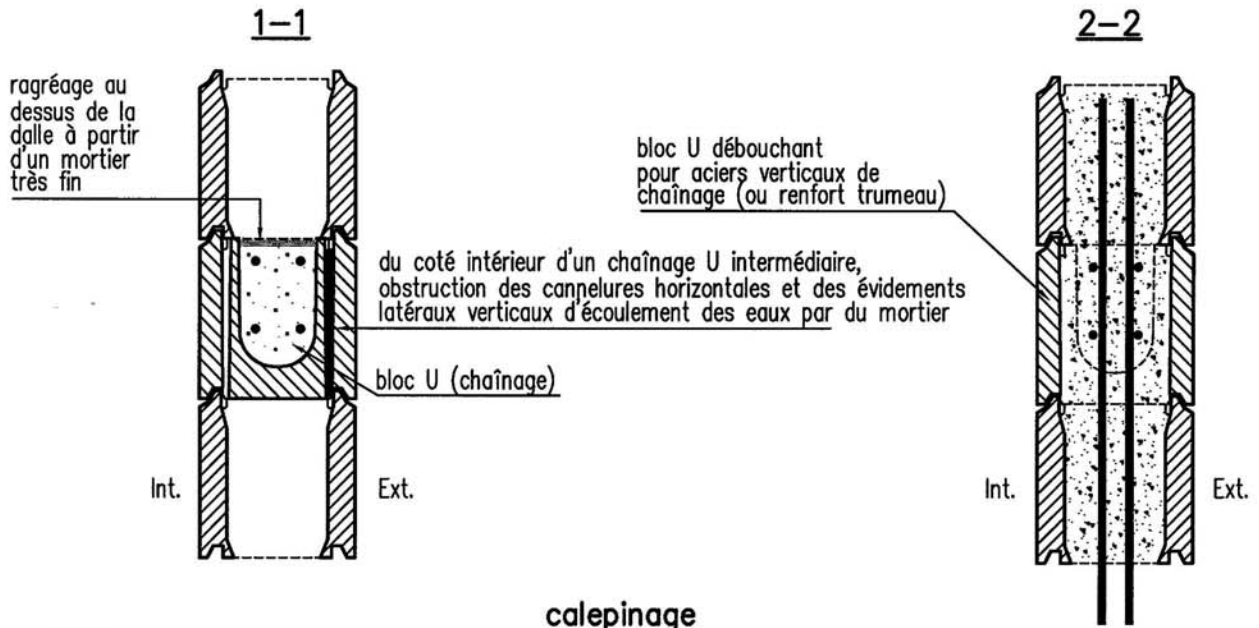


# ANGLE RENTRANT

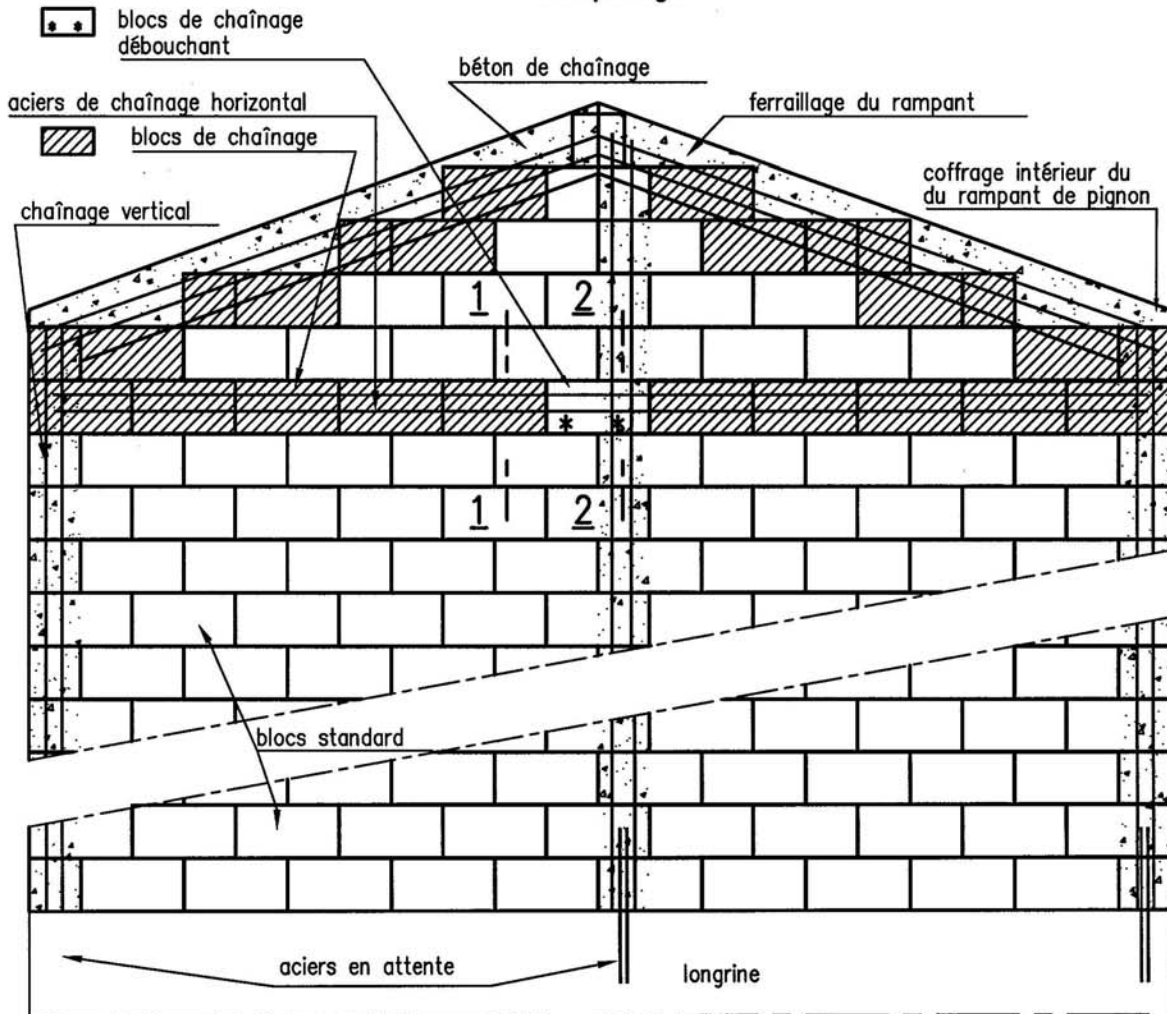


# COUPES VERTICALES SUR MUR

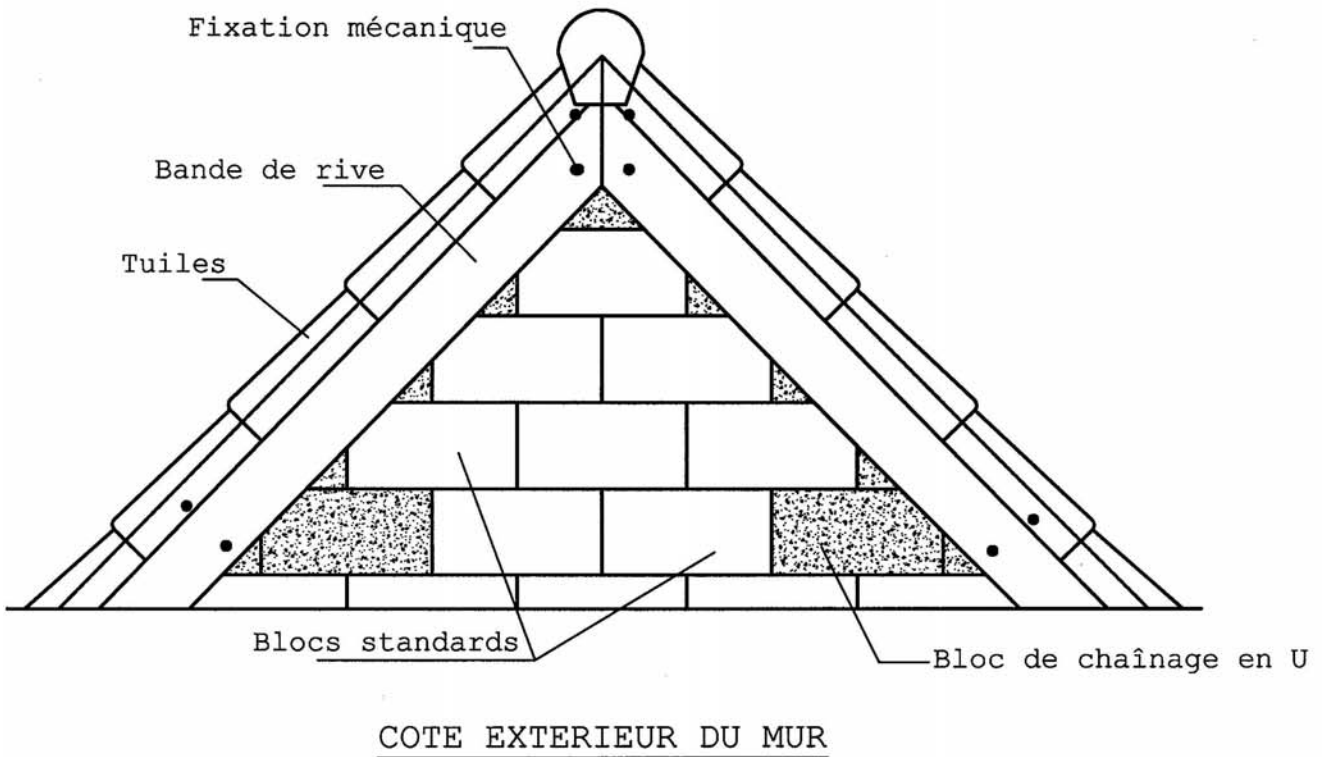
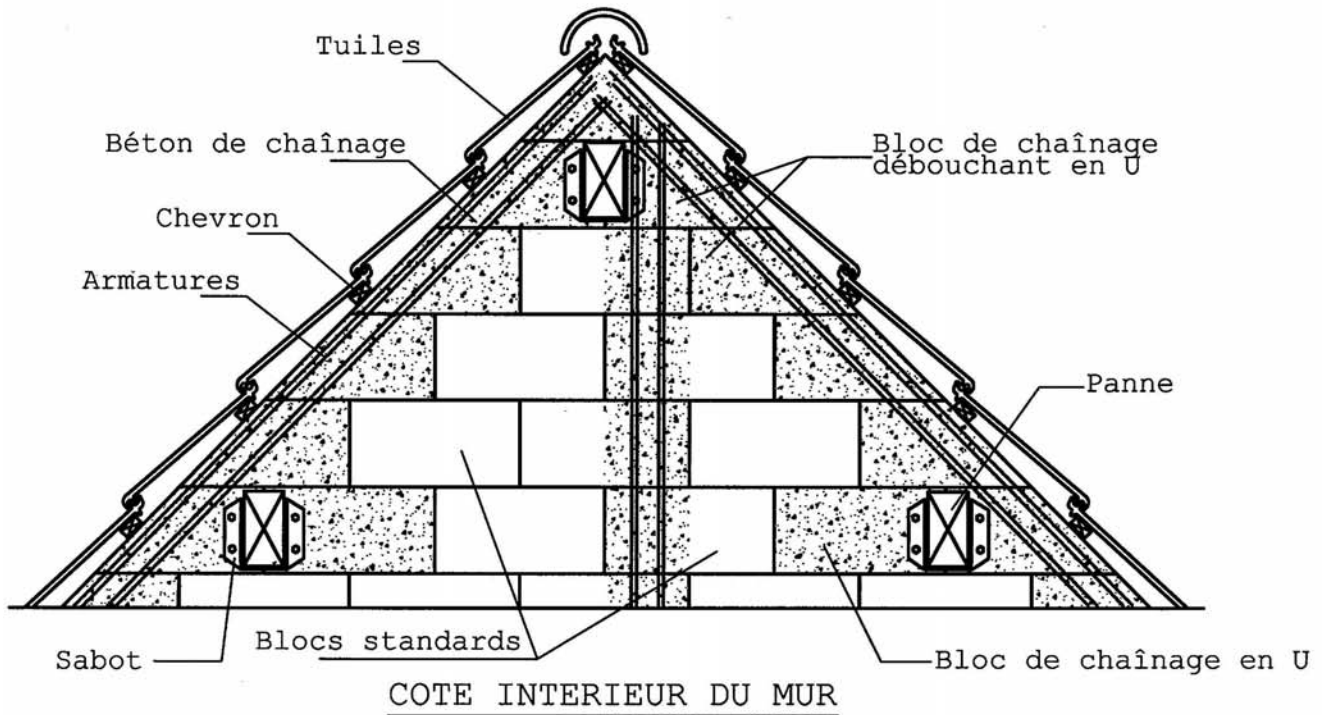
## cas d'un mur pignon sans plancher intermédiaire



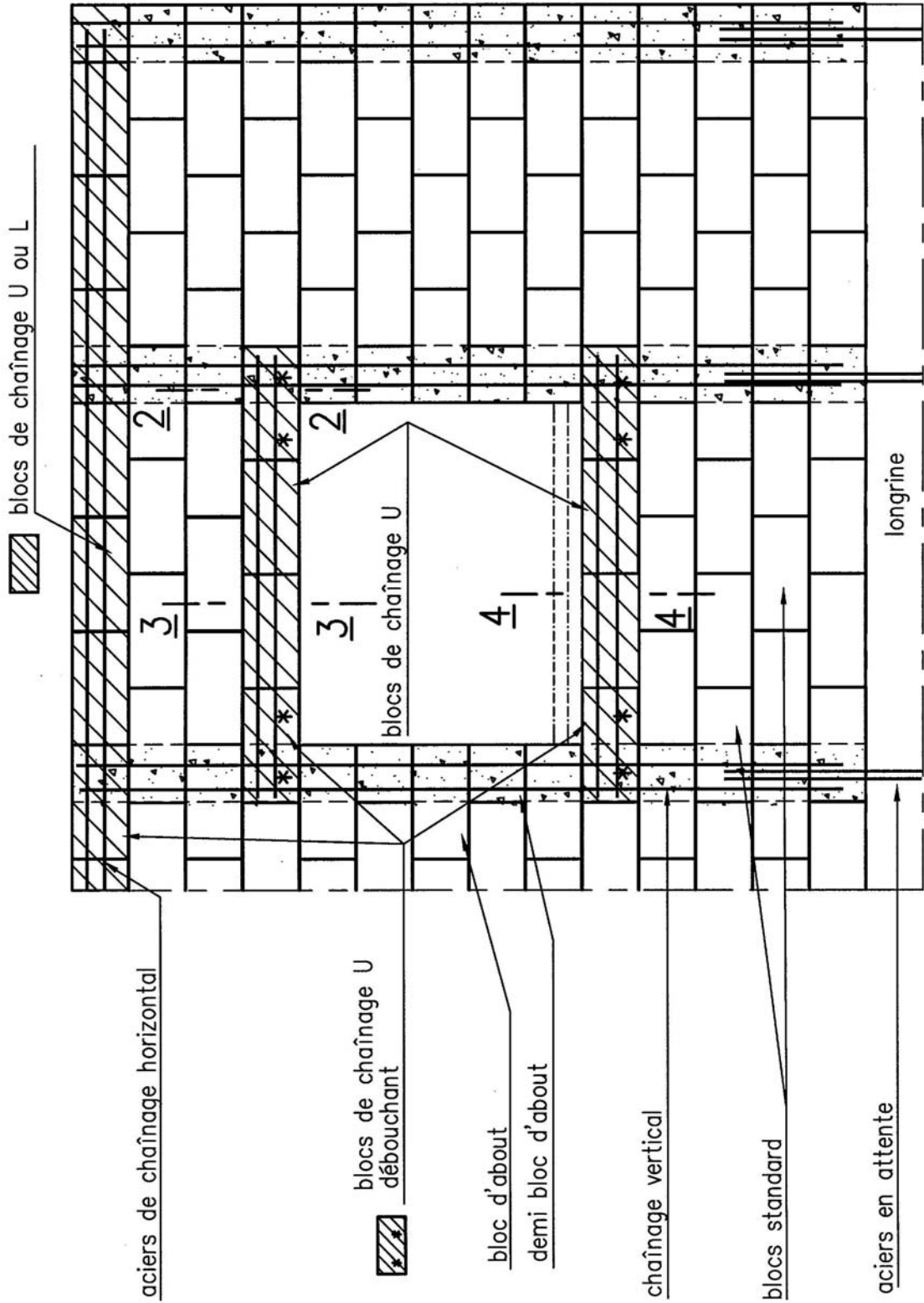
### calepinage



# MISE EN OEUVRE DES PIGNONS PAR DECOUPE DES BLOCS DE RIVES



# calepinage d'un mur avec baie



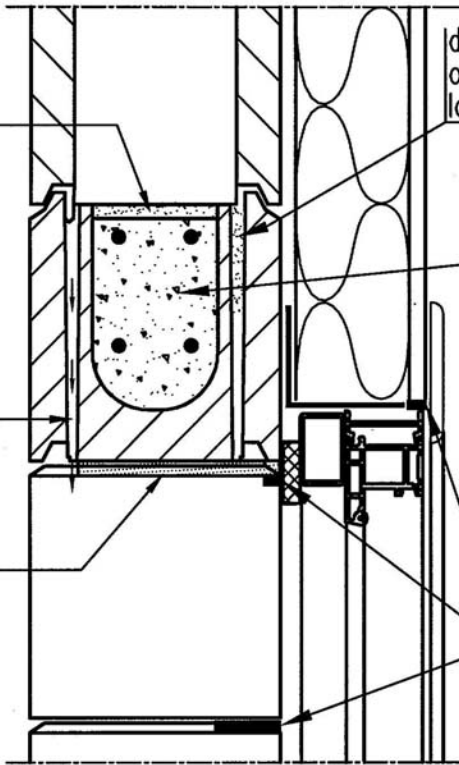
coupe 3-3

ragréage au dessus de la dalle à partir d'un mortier très fin

du coté intérieur d'un chaînage U intermédiaire, obstruction des feuillures horizontales et des évidements latéraux verticaux d'écoulement des eaux par du mortier

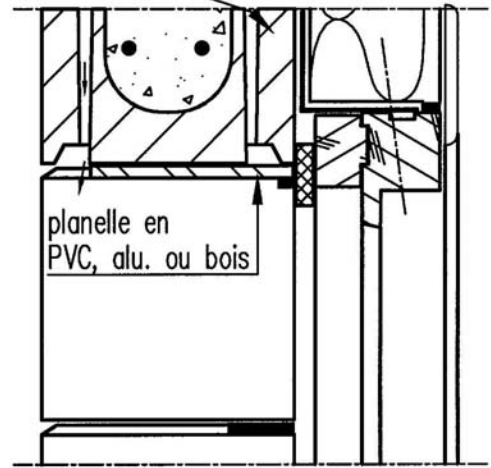
écoulement des eaux de condensation

enduit de finition



coupe 3-3 variante

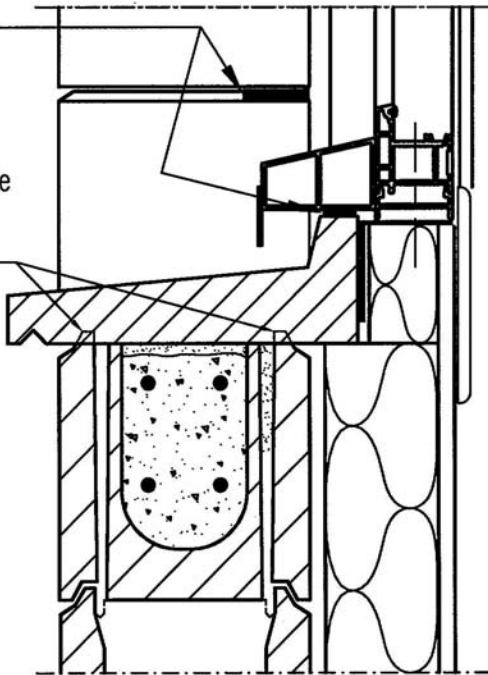
bloc U (chaînage)



coupe 4-4

cordons silicone

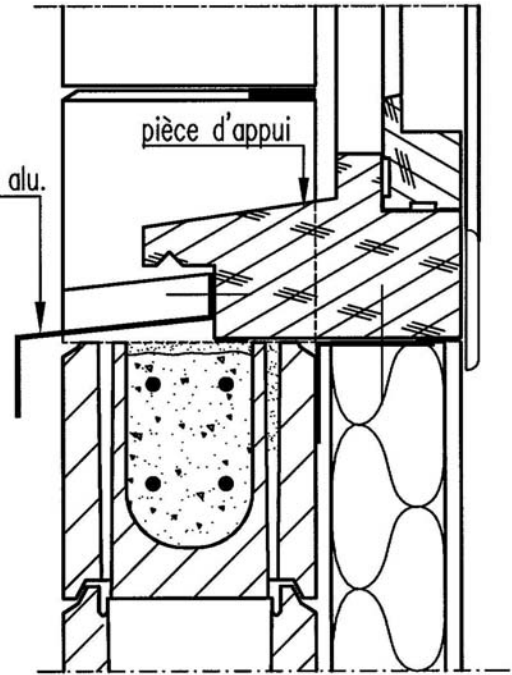
découpe des rails de guidage sous appui de fenêtre



coupe 4-4 variante

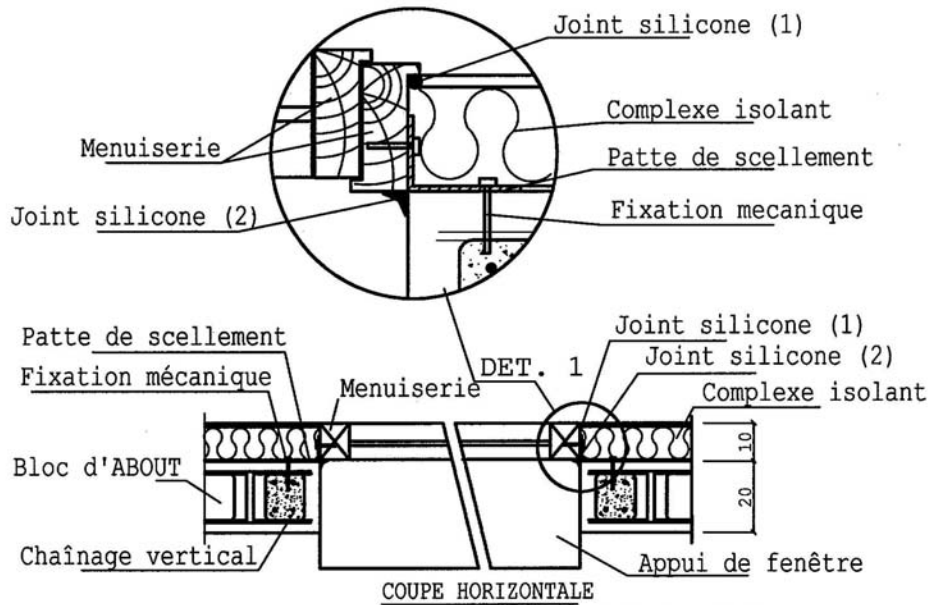
bavette alu.

pièce d'appui

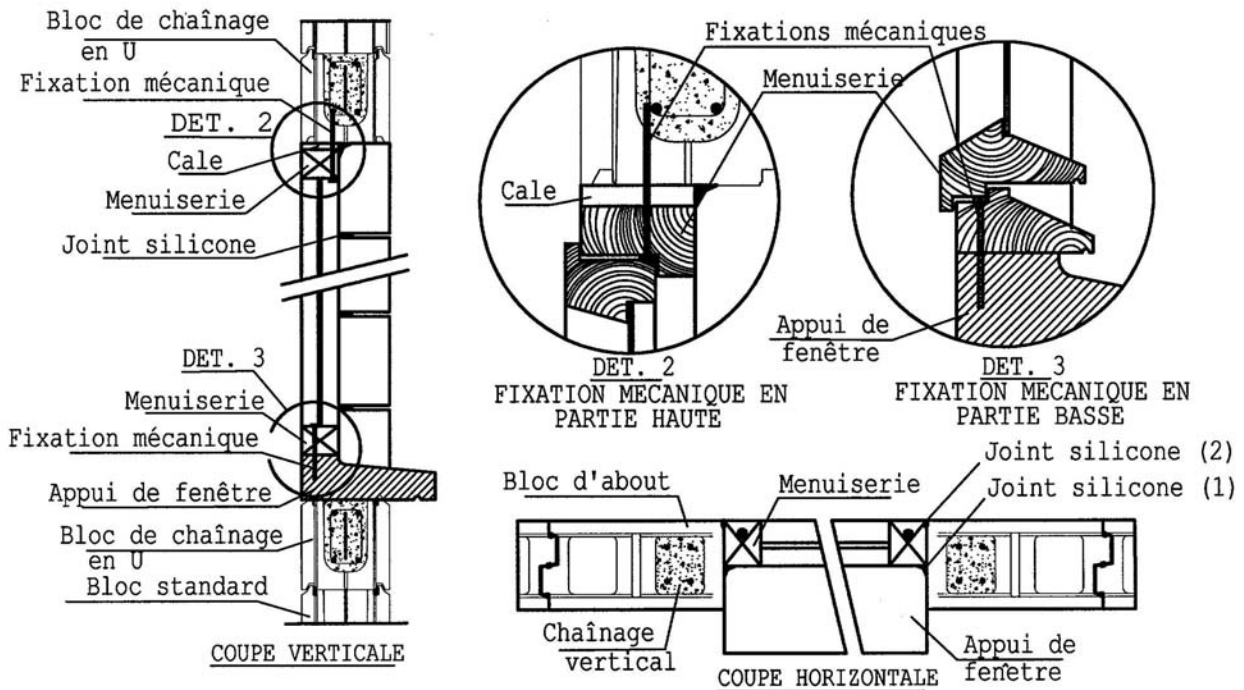




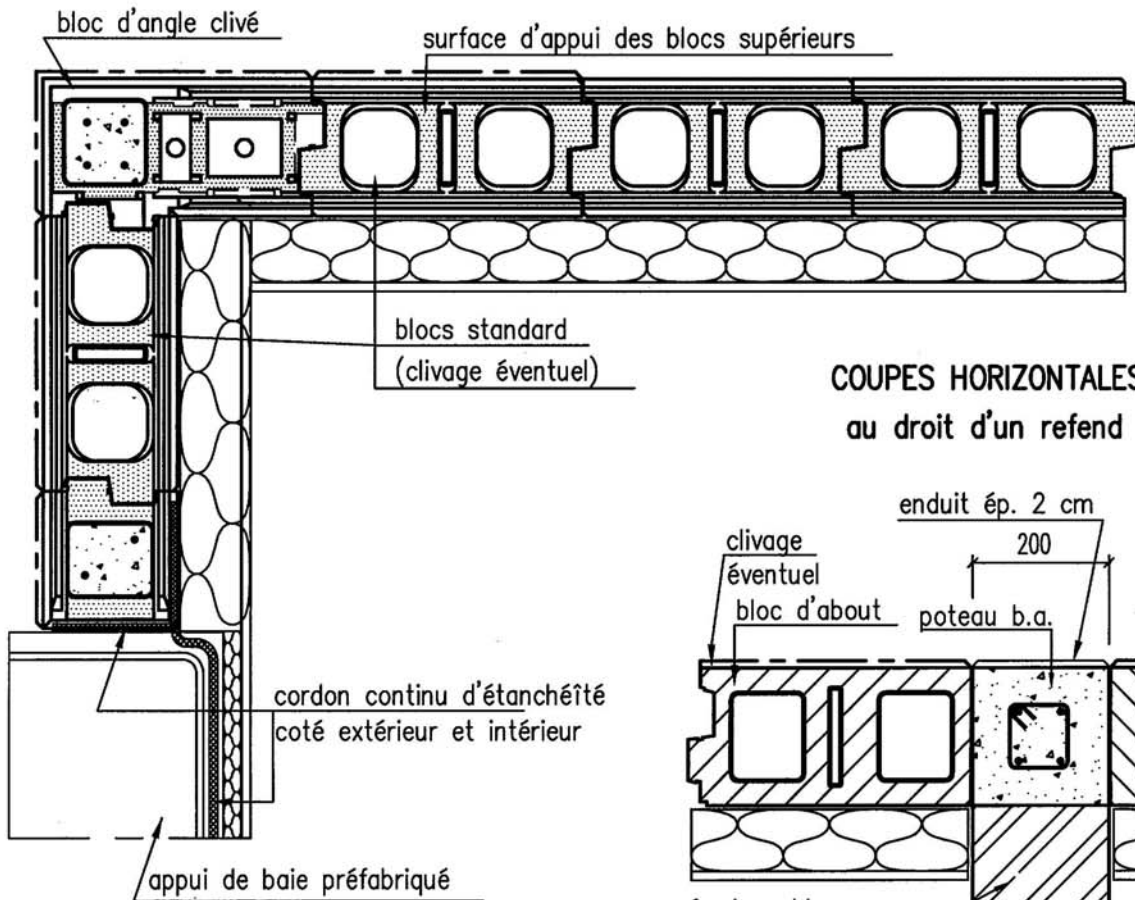
## POSE DES MENUISERIES MUR AVEC COMPLEXE ISOLANT



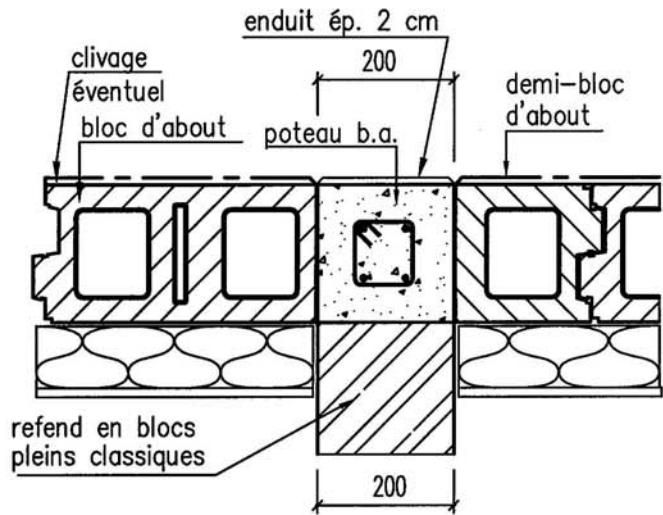
## MUR SANS COMPLEXE ISOLANT



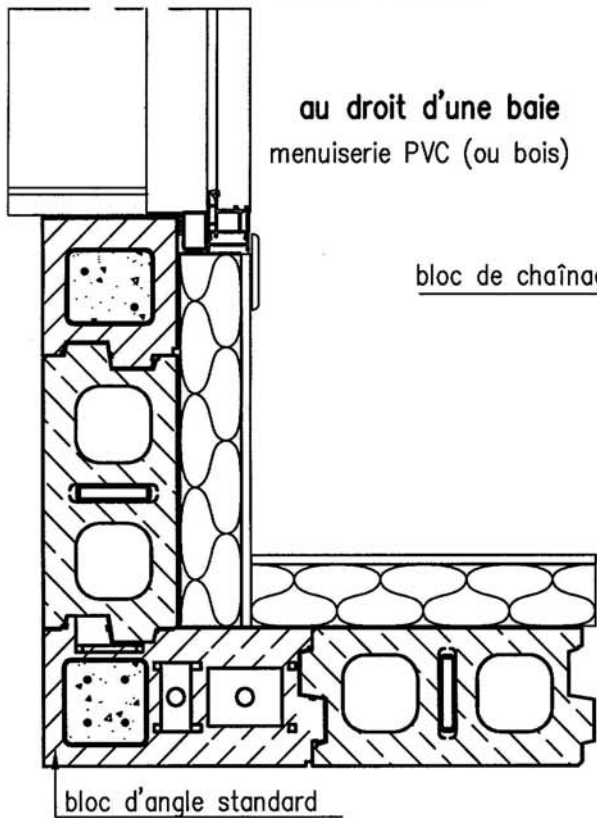
## VUE HORIZONTALE D'UN MUR



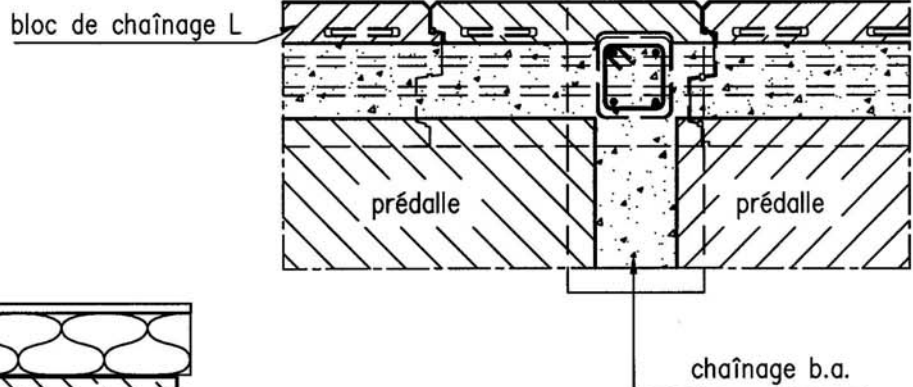
## COUPES HORIZONTALES au droit d'un refend



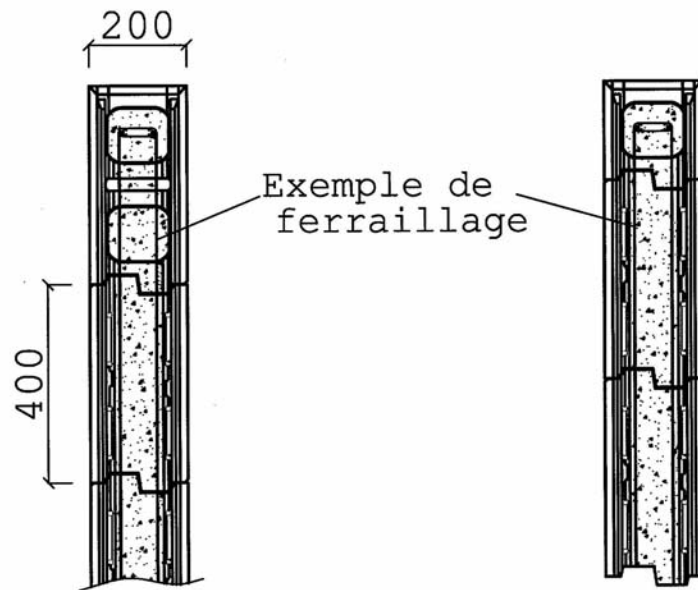
## au droit d'une baie menuiserie PVC (ou bois)



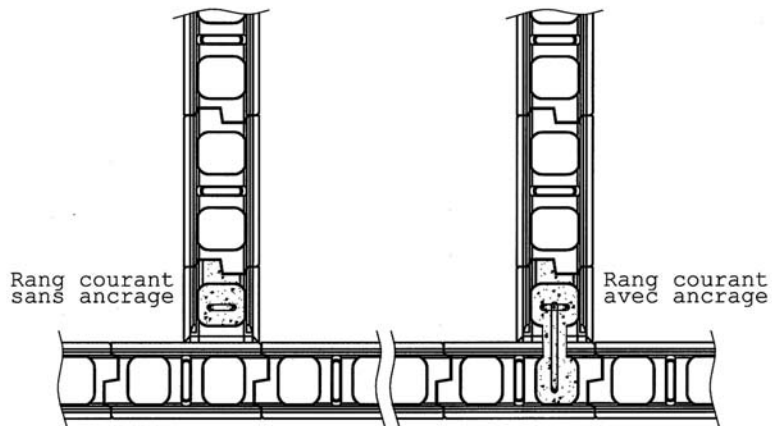
## au droit d'un refend niveau plancher



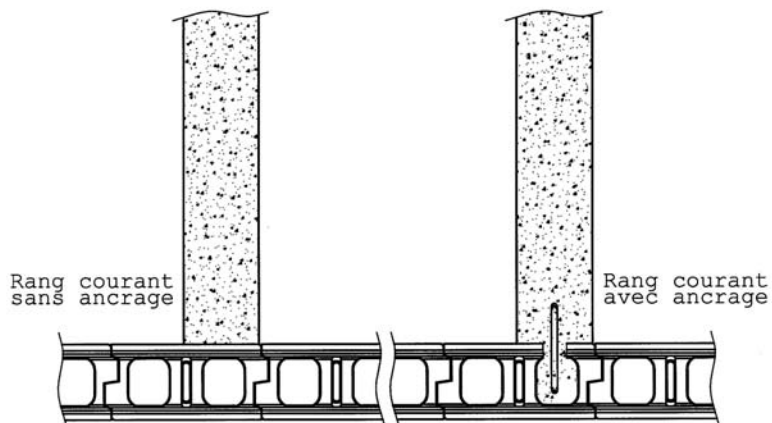
# Liaison About ou demi-About avec Chaînage



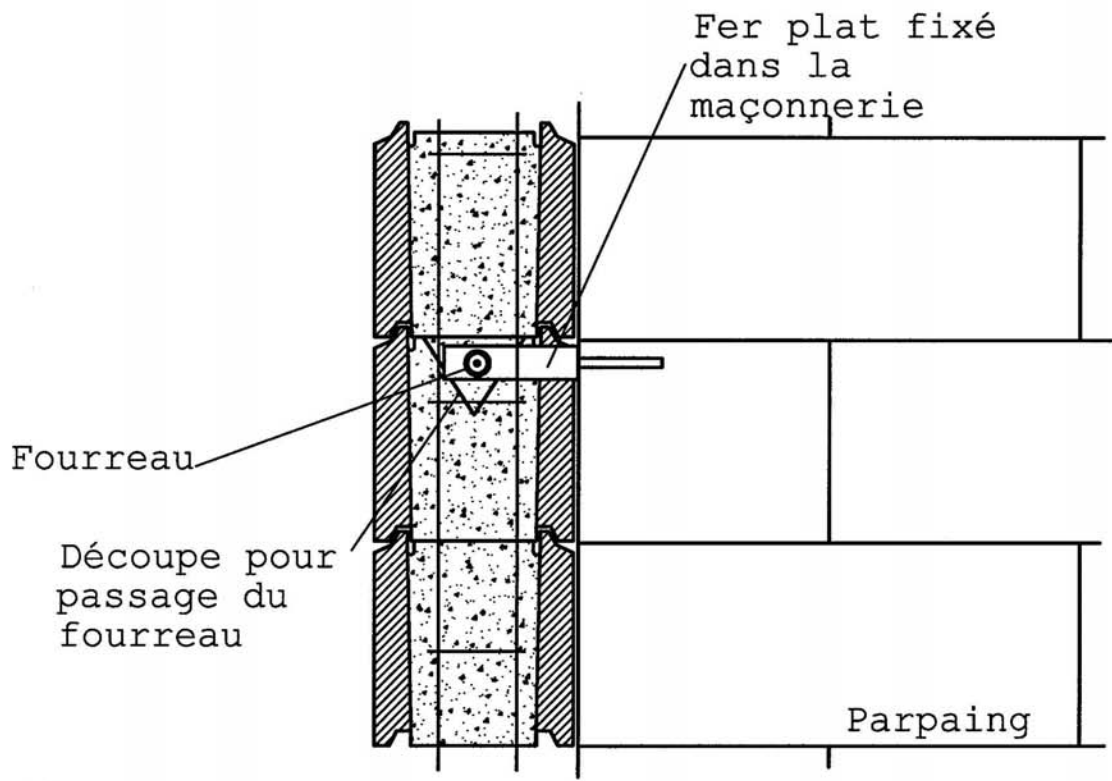
JONCTION AVEC REFEND EN ELCO

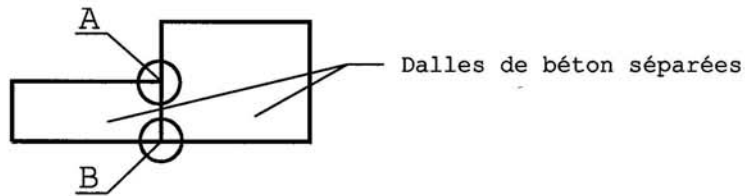


JONCTION AVEC REFEND EN BETON



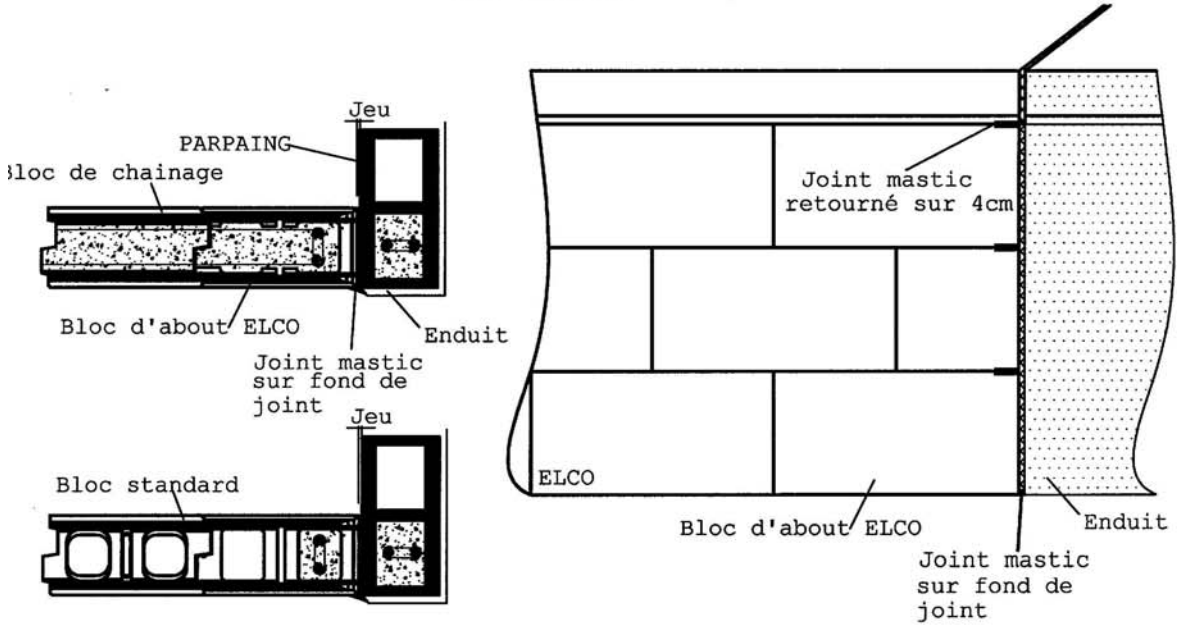
DETAIL SUR JOINT DE DILATATION





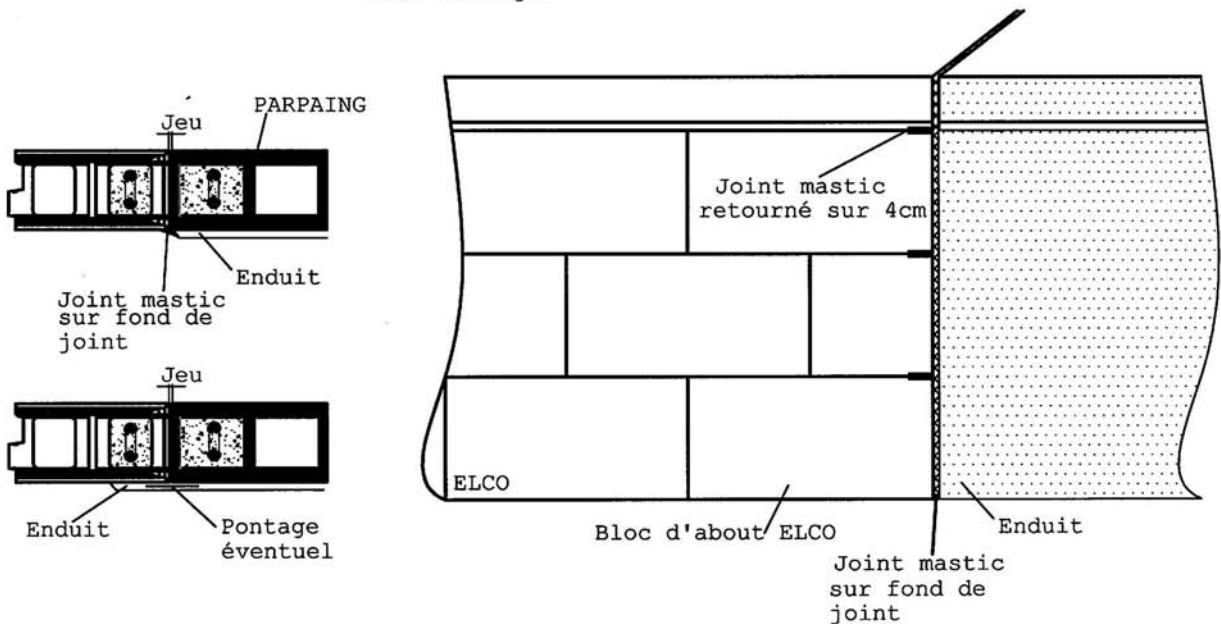
**A** JONCTION AVEC UNE AUTRE MAÇONNERIE DANS UN ANGLE

sans ancrage

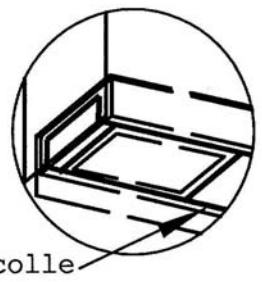
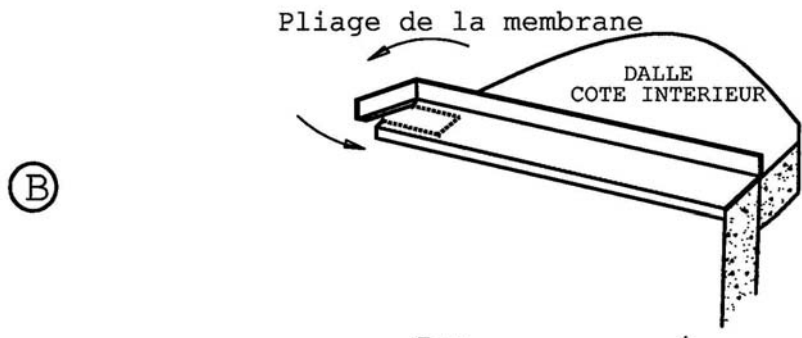
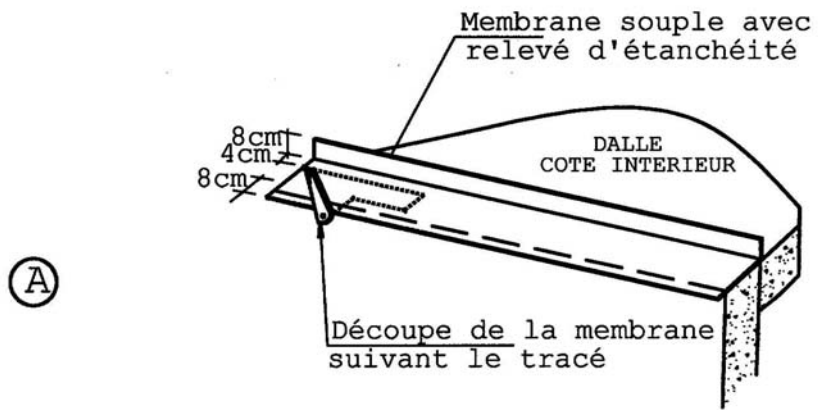


**B** JONCTION AVEC UNE AUTRE MAÇONNERIE EN PROLONGEMENT, PORTANT UNE DALLE DE PLANCHER SEPARÉE

sans ancrage

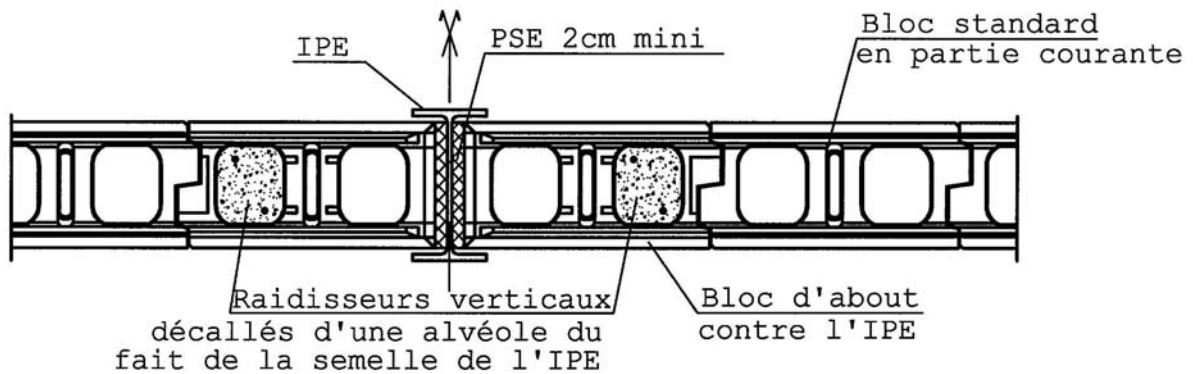


JONCTION AVEC AUTRE MACONNERIE DETAIL SUR MEMBRANE

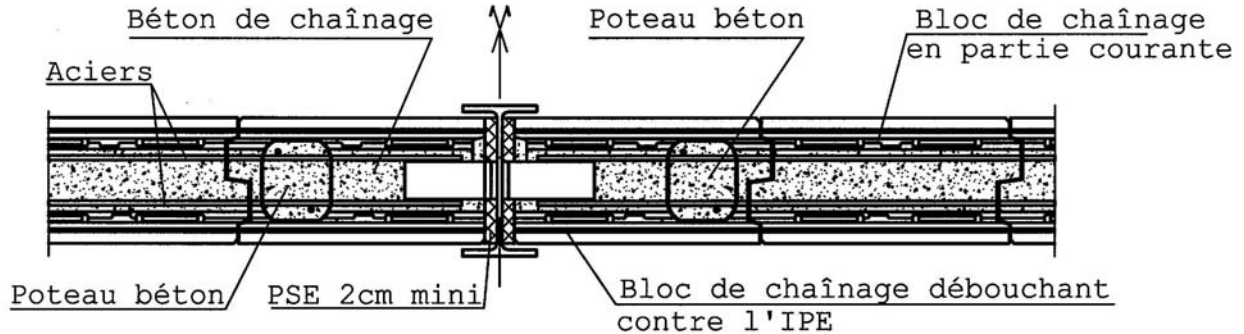


# MISE EN OEUVRE DES BLOCS ENTRE CHARPENTES METALLIQUES

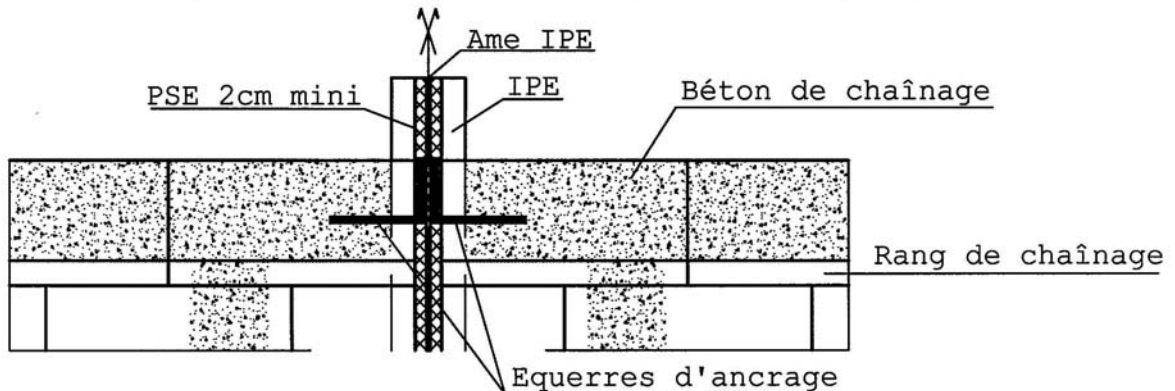
## COUPE HORIZONTALE DANS UN RANG STANDARD



## COUPE HORIZONTALE DANS UN RANG DE CHAINAGE

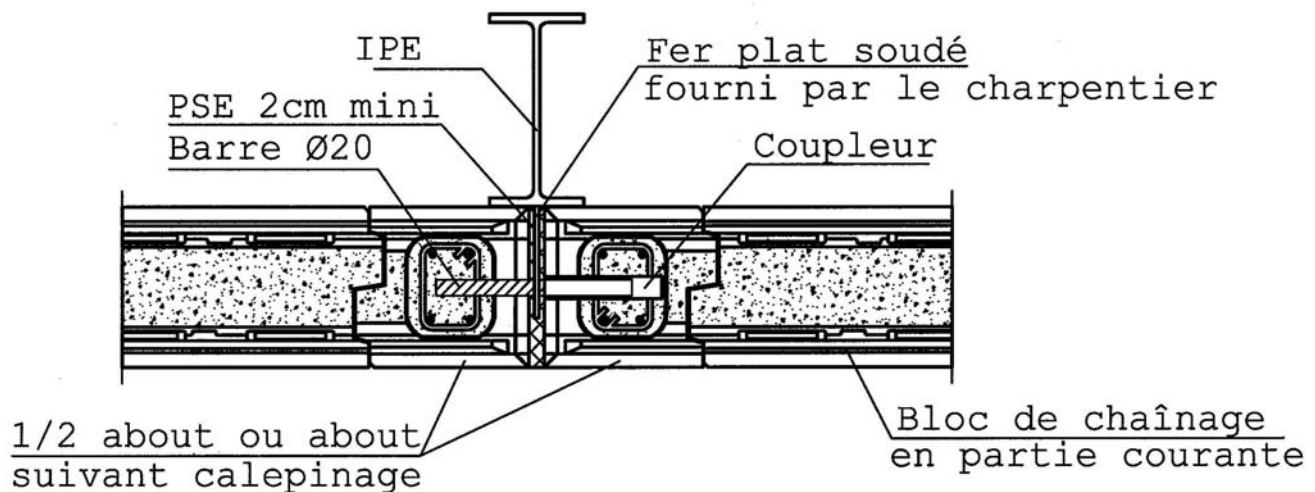


## COUPE VERTICALE DE L'ANCRAGE DANS UN RANG DE CHAINAGE



# JOINT DE DILATATION A PREVOIR TOUS LES 50M

COUPE VERTICALE DANS UN RANG DE CHAINAGE



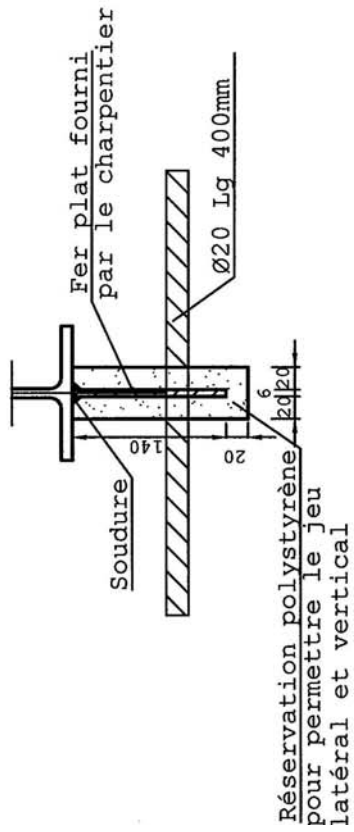
COUPE HORIZONTALE DANS UN RANG DE CHAINAGE



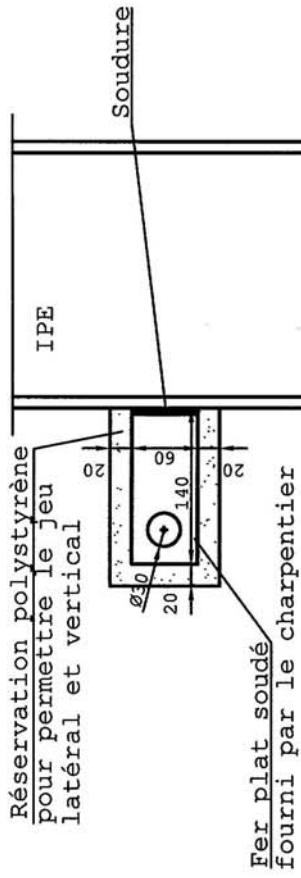


# ANCORAGE DANS LES RANGS DE CHAINAGE HORIZONTALAUX

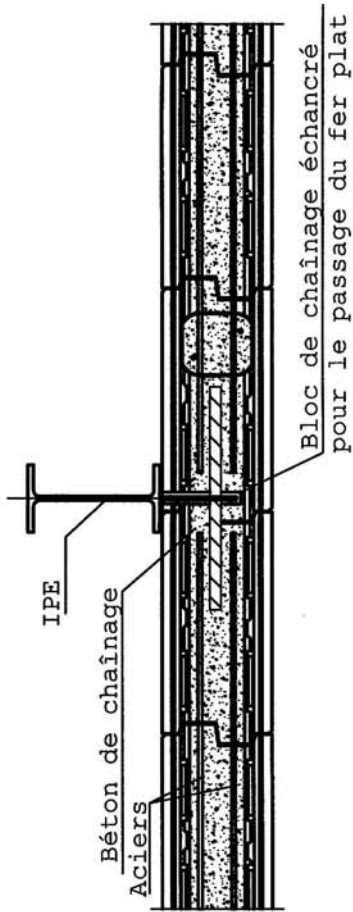
VUE EN PLAN DE LA FIXATION



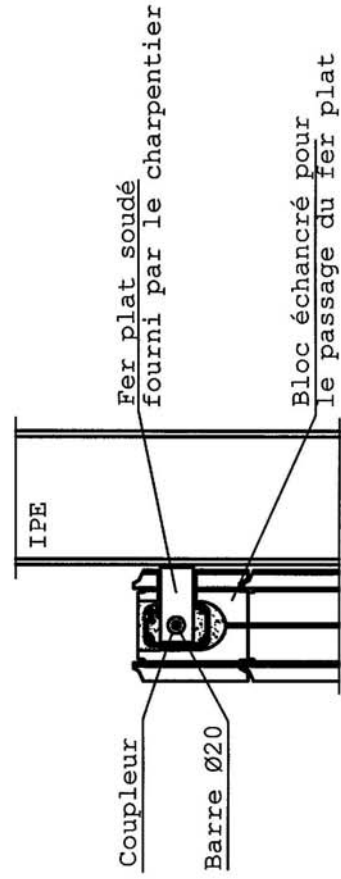
COUPE VERTICALE DE FIXATION



COUPE HORIZONTALE DANS UN RANG DE CHAINAGE

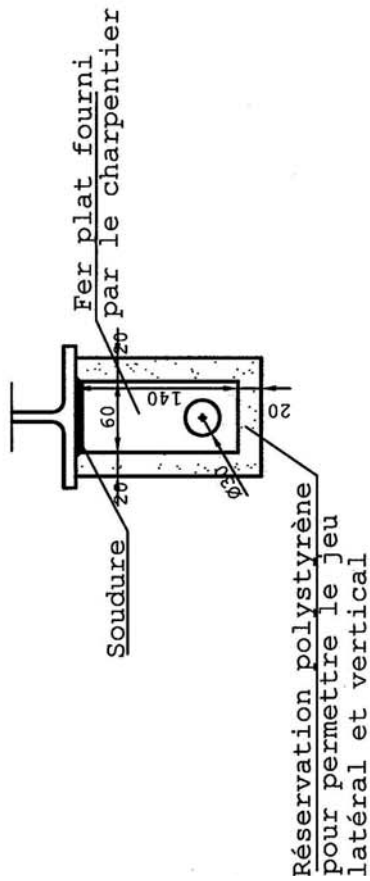


COUPE VERTICALE

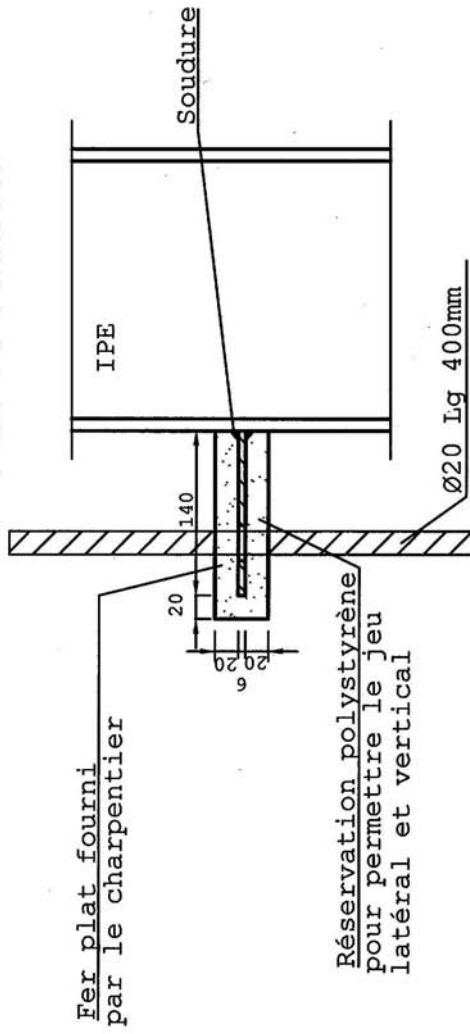


# ANCRAGE DANS LES RANGS COURANTS

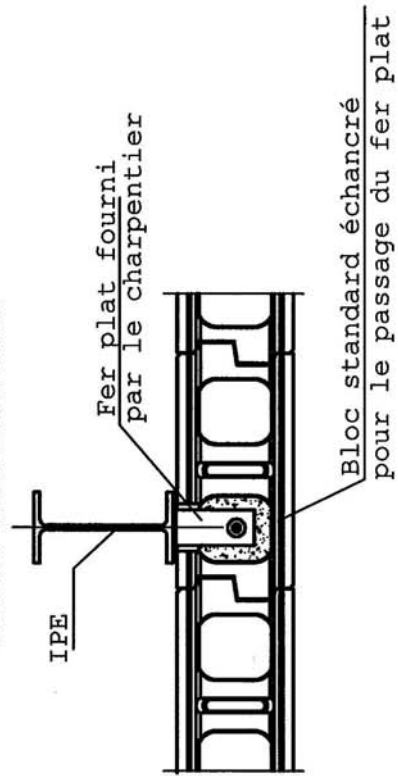
VUE EN PLAN DE LA FIXATION



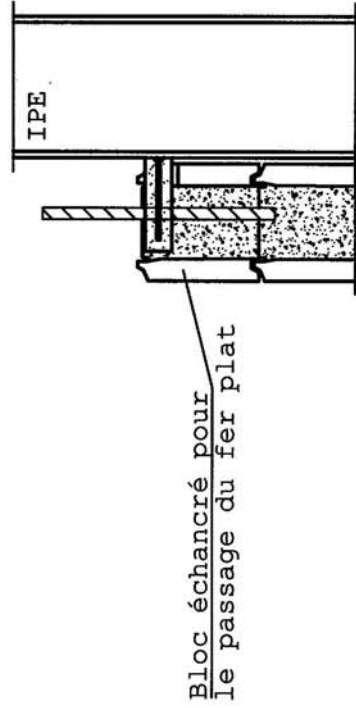
COUPE VERTICALE DE FIXATION



COUPE HORIZONTALE

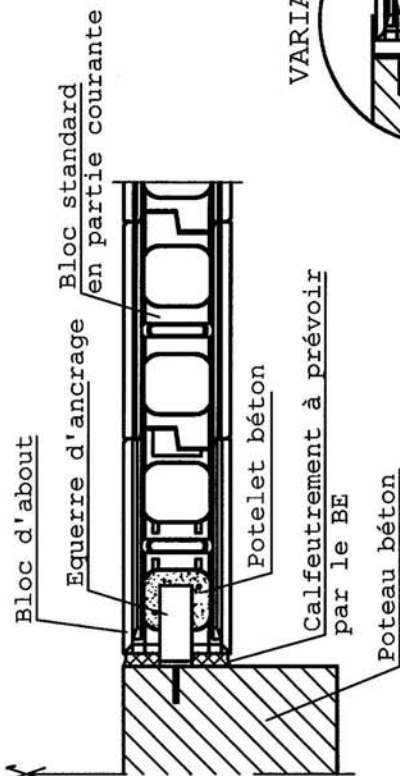


COUPE VERTICALE

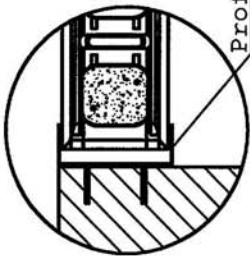


# MISE EN OEUVRE DES BLOCS ENTRE POTEAUX BETON DANS UN RANG COURANT

## COUPES HORIZONTALES

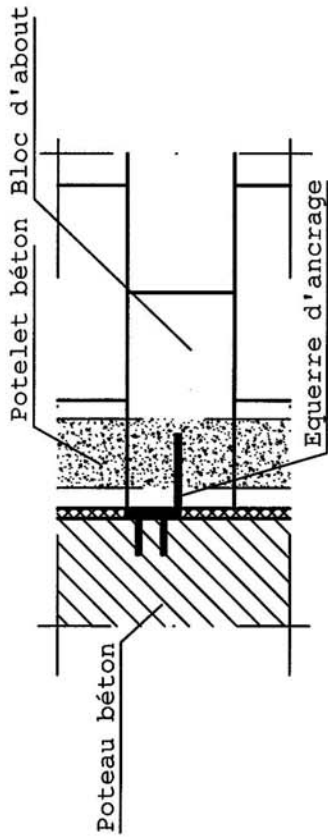


### VARIANTE



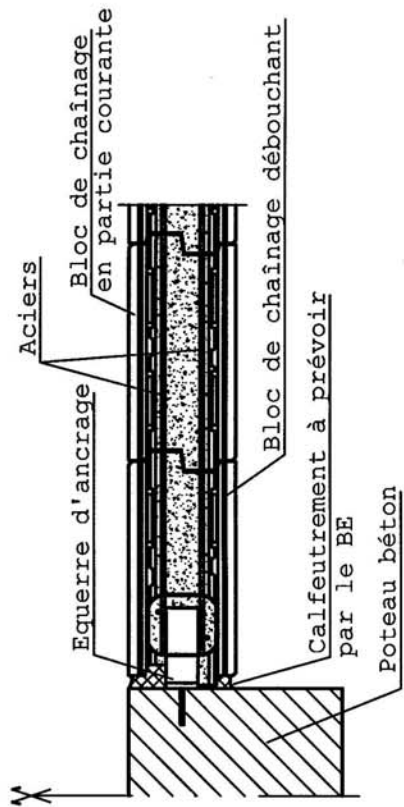
### Profil métallique

## COUPES VERTICALES



## DANS UN RANG DE CHAINAGE

### COUPE HORIZONTALE DANS UN RANG DE CHAINAGE



### COUPE VERTICALE DE L'ANCRAGE DANS UN RANG DE CHAINAGE

