

# 3. MURS PRÉFABRIQUÉS

Le présent titre s'applique plus spécialement aux bâtiments courants.

## 3.1. DÉFINITION

Le DTU 22-1 [4.12], donne la définition suivante :

«On entend par **mur en panneaux préfabriqués de grandes dimensions**, les ouvrages verticaux réalisés par assemblages de parties de murs fabriquées à l'avance répondant aux caractéristiques dimensionnelles suivantes :

- la longueur maximale est de l'ordre de 8 mètres,
- la hauteur utile est égale à une fois la hauteur d'étage éventuellement augmentée de la hauteur de l'acrotère et de la retombée.
- leur surface est inférieure à 30 m<sup>2</sup>».

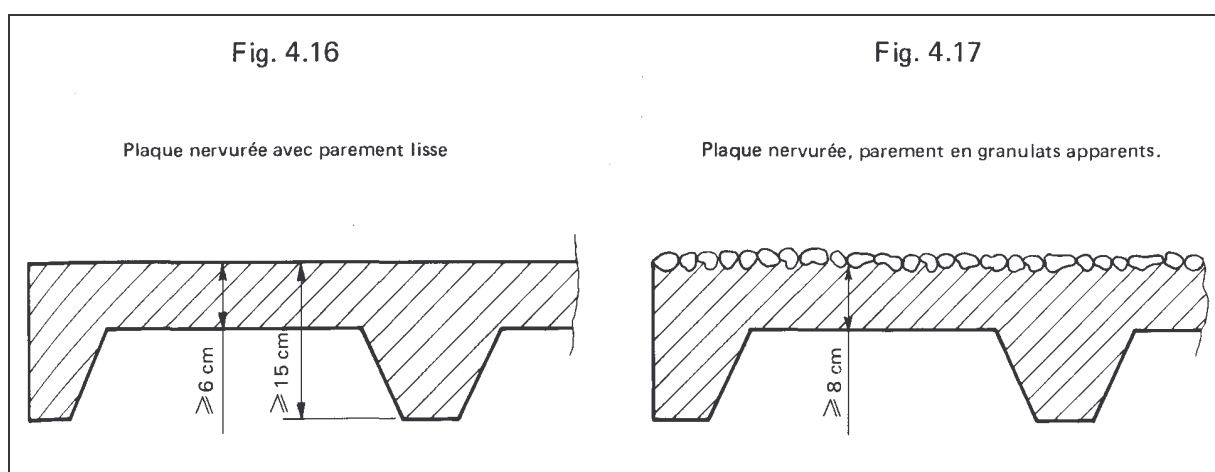
Il existe principalement deux types de panneaux préfabriqués :

- les plaques pleines,
- les plaques nervurées.

L'épaisseur minimale courante de base est de 15 cm pour les plaques pleines.

Elle peut être plus faible, sans être inférieure à 12 cm dans le cas où la géométrie des joints et la position des panneaux par rapport à la structure le permettent.

Pour les plaques préfabriquées nervurées avec parement lisse, l'épaisseur minimale est de 6 cm pour le voile et de 15 cm au droit des nervures.



Dans le cas de parements en granulats apparents, l'épaisseur minimale du voile est de 8 cm. Cette épaisseur doit être comptée à partir du fond des creux entre granulats ; dans le cas d'un revêtement mince et scellé, l'épaisseur du revêtement est incluse dans les 8 cm.

## 3.2. CONCEPTION

Un mur préfabriqué doit être conçu de manière à lui permettre d'assurer les fonctions définies en 1.3,1.

Les éléments doivent en outre permettre de satisfaire aux exigences de la prévention des accidents durant les opérations de manutention et de mise en œuvre (dispositifs de maintien en position verticale et d'étagage, dispositif de manutention).

Les textes applicables à ce type de mur sont notamment les DTU n<sup>os</sup> 20-1 et 22-1 (voir [4.11], et [4.12]), ainsi que les textes suivants :

- Règles BAEL 91 modifiées 99 [4.4]
- Règles FB (DTU-Feu) [4.5]
- Règles relatives aux charges climatiques [4.7]
- Règles de construction parasismique : Règles PS applicables aux bâtiments dites Règles PS 92 [4.8] et Recommandations AFSP 90 [4.9].

## 3.3. MISE EN ŒUVRE

### 3.3,1. généralités

**Les principales dispositions** à adopter font l'objet du DTU n° 22.1 [4.12] (Cahier des charges). Quelques-unes de ces dispositions sont rappelées ci-dessous.

### 3.3,2. béton

Sauf justification spéciale :

- le dosage en ciment doit être au moins égal à 300 kg par m<sup>3</sup> de béton en œuvre,
- le dosage en eau doit être tel que la plasticité soit ajustée au minimum compatible avec le mode serrage utilisé. L'affaissement au cône d'Abrams doit être au plus égal à 12 cm.

### 3.3,3. moule

a) Principales fonctions

Les moules doivent assurer toutes les fonctions définies en 2.3,3.a, concernant les parements, la résistance mécanique, ainsi que la sécurité du personnel.

b) Précision dimensionnelle

- Tolérance sur la longueur et la hauteur des panneaux : 1 cm,
- Différence de longueur  $\Delta a$  d'une diagonale intérieure par rapport à sa longueur  $a$  théorique :

$$\Delta a \leq \pm 0,15 \frac{a}{100}$$

- Tolérance sur les dimensions et les implantations des baies : 6 mm,
- Tolérance sur l'épaisseur des panneaux : 6 mm,
- Défaut admissible de rectitude des arêtes : 4 mm.
- Planéité d'ensemble.

Le défaut de parallélisme d'arêtes prévues parallèles et limitant le panneau, mesuré perpendiculairement à leur plan, doit être au plus égal à 4 mm.

Une règle de 2 m ne doit pas permettre de mesurer un écart supérieur à 4 mm.

- Planéité locale

Sauf pour les revêtements en granulats apparents et certains revêtements scellés comportant des reliefs, sous une règle de 0,20 m, l'écart ne doit pas être supérieur à 2 mm.

### 3.3,4. dispositions constructives minimales concernant les armatures

Les armatures des panneaux préfabriqués doivent respecter certaines dispositions constructives minimales. Les sections correspondantes de treillis soudés ou autres armatures peuvent être prises en compte pour satisfaire à l'ensemble des dispositions prévues au titre 5.

L'enrobage des armatures d'un mur préfabriqué doit être au moins de 3 cm sur la face extérieure et de 1,5 cm sur la face intérieure.

#### a) Plaques pleines

L'armature d'ensemble minimale est constituée par un treillis soudé dont le diamètre des fils verticaux et horizontaux est de 3 mm au moins et l'espacement de 25 cm au plus dans les deux directions.

Le poids au m<sup>2</sup> du panneau doit être au-moins de 1 kg.

Il est possible d'utiliser des panneaux ST 10 ( ou PAF C) ou mieux, des panneaux PAF V.

Dans le cas d'un panneau de façade, le treillis soudé doit être placé dans la demi-épaisseur extérieure. Un chaînage périphérique d'une section de 0,50 cm<sup>2</sup> doit être prévu ; il peut être réalisé verticalement par un retour du T.S. (figure 4.18).

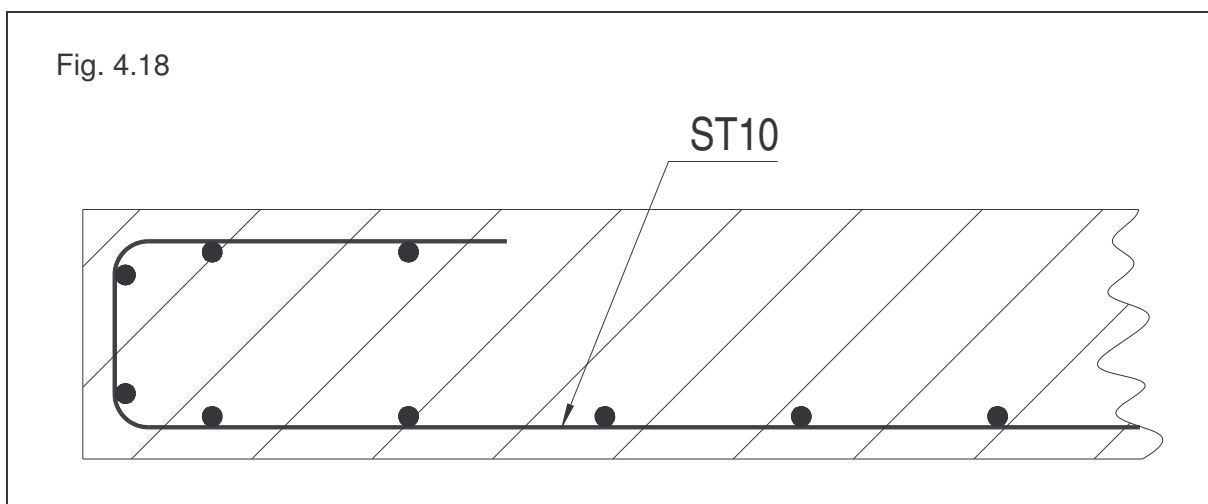
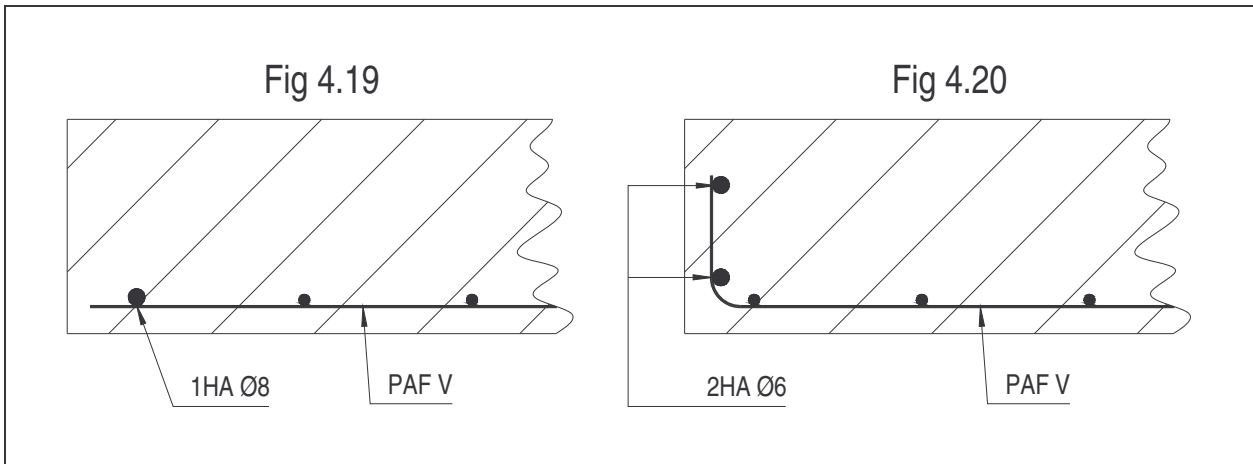
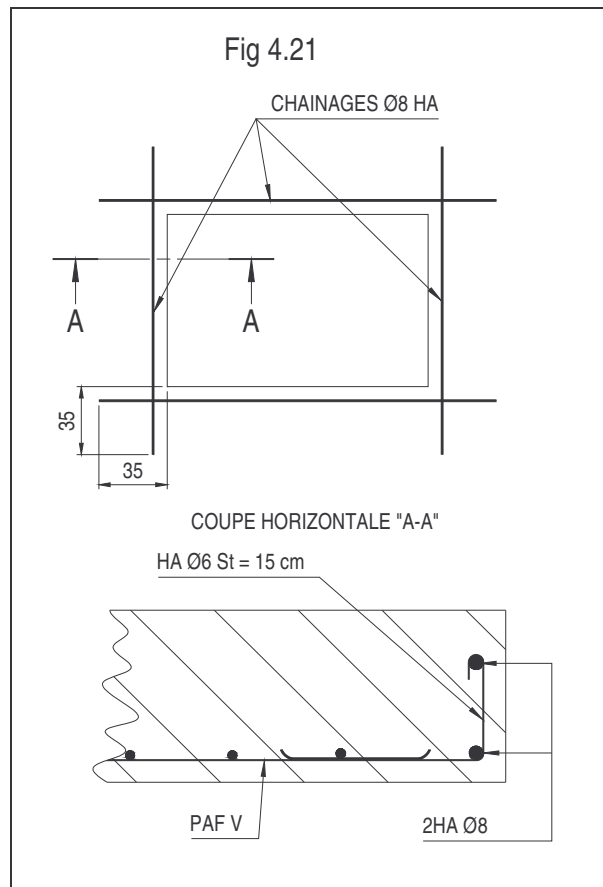


Fig. 4.18 - **Coupe horizontale** d'un bord de panneau : les sept fils verticaux d'extrémité constituent le chaînage.

Dans le cas où il n'est pas possible d'adopter la disposition représentée figure 4.18 avec un retour sur l'autre face, une barre H.A. peut être placée en complément, comme indiqué sur les figures 4.19 ou 4.20.



En bordure d'une ouverture, un chaînage de section au moins égale à  $1 \text{ cm}^2$  doit être réalisé. Il doit être constitué d'au moins deux barres H.A. reliées par des armatures transversales. Ces barres doivent être ancrées au-delà des angles de l'ouverture.



b) Plaques nervurées

• Elles comportent :

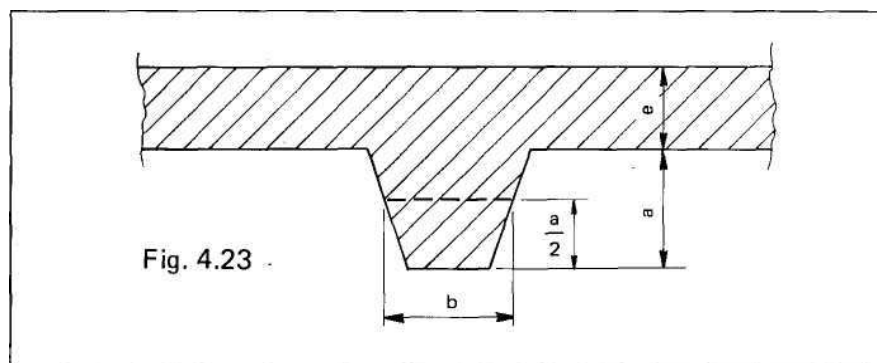
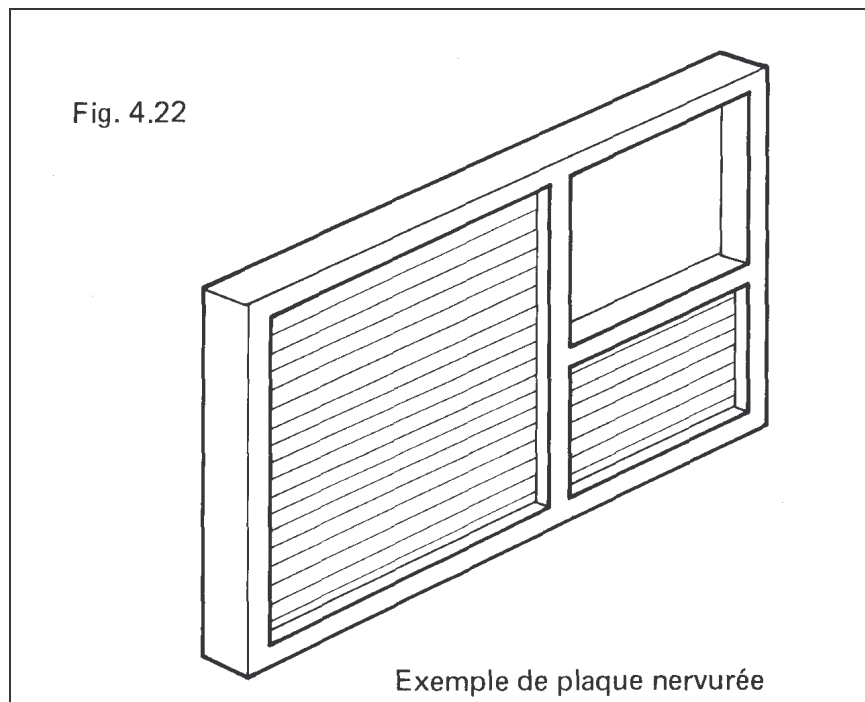
- une nervure périphérique,
- des nervures d'encadrement des baies éventuelles,
- des nervures intermédiaires verticales dont la distance maximale entre axes, en fonction de l'épaisseur « e » (en cm) de la dalle est de :

$$1,50 \text{ m si } 6 \text{ cm} \leq e < 8 \text{ cm}$$

$$2,50 \text{ m si } 8 \text{ cm} \leq e$$

- une nervure horizontale intermédiaire lorsque la distance entre les nervures haute et basse est supérieure ou égale à 3 m.

La largeur moyenne d'une nervure doit être au moins égale à 6 cm.



Un panneau nervuré est dit courant si (voir fig. 4.23) :

-  $a < 2,5 e$

- le volume des nervures en saillie sur la dalle ne représente pas plus de 25 % du volume total de béton.

-  $\frac{a}{b} \leq 2$

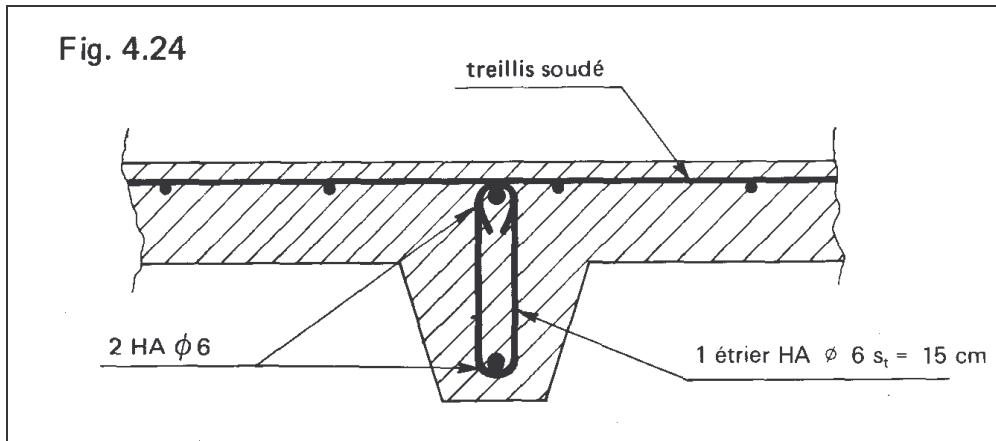
- Armature du voile

Le voile est armé d'un treillis soudé.

L'armature d'ensemble minimale est identique à celle prévue pour les plaques pleines (voir paragraphe a) ci-avant).

- Armature des nervures

Les armatures sont constituées de deux barres longitudinales, l'une d'elles étant située sensiblement dans le plan du treillis soudé armant le voile, l'autre au voisinage de la face du parement des nervures.



Les barres de  $0,50 \text{ cm}^2$  de section unitaire minimale ( $\geq 1 \text{ } \varnothing 8$ ) pour les nervures périphériques et de  $0,25 \text{ cm}^2$  ( $\geq 1 \text{ } \varnothing 6$ ) pour les nervures intermédiaires, sont reliées par des armatures transversales ancrées dans le voile.

Les armatures longitudinales des nervures dans une direction doivent être ancrées dans les nervures de la direction perpendiculaire.

La section d'acier des nervures situées dans l'épaisseur du voile peut être prise en compte dans la masse totale en plus de la nappe de treillis soudé armant le voile.

- Autres panneaux nervurés

Sont classés dans cette catégorie les panneaux qui ne satisfont pas à l'une au moins des conditions énoncées en b et dont la largeur des nervures n'est pas inférieure à 8 cm.

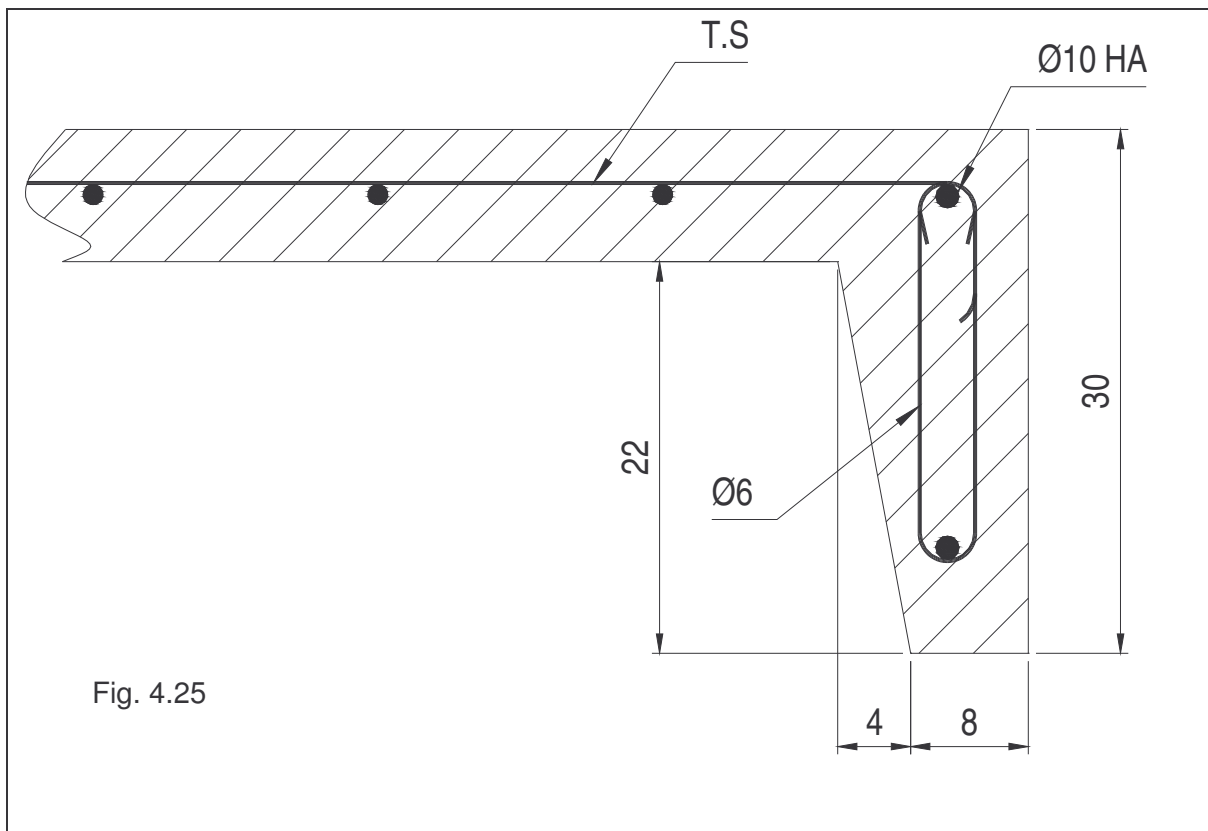
Lorsque le rapport  $\frac{a}{b}$  (voir figure 4.23) est supérieur à 2, on adopte les dispositions suivantes :

- Armature du voile :

L'armature du voile peut être réalisée au moyen de panneaux ST 10 ou davantage.

- Armature des nervures :

Pour les nervures périphériques, la section d'acier totale doit être au moins égale à 0,4 % de la section du béton de la nervure, sans pouvoir être inférieure à 1 cm<sup>2</sup>/m. Pour les nervures intermédiaires, ces valeurs sont respectivement abaissées à 0,2 % et 0,5 cm<sup>2</sup>/m.



### Exemple de nervure périphérique

Section du béton  $\approx 30 \times 10 = 300 \text{ cm}^2$

Section totale d'acier nécessaire :

$$\frac{300 \times 0,4}{100} = 1,2 \text{ cm}^2 > 1 \text{ cm}^2$$

Cette section peut être réalisée au moyen de 2 HA Ø 10 reliés par des étriers HA Ø 6,  $s_t = 15 \text{ cm}$ . (Fig. 4.25)

• Encadrement et appui de baie

L'armature est constituée par au moins deux barres H.A. de section totale au moins égale à 40 % de la section des nervures (sans être inférieure à 1 cm<sup>2</sup>), et par des armatures transversales ancrées dans le voile.

### 3.3,5. manutention et pose

Les plaques pleines peuvent être coulées dans des batteries de moules verticaux, mais le plus souvent on utilise des tables basculantes, la plaque pleine ou nervurée étant coulée à l'horizontale. Lorsque le béton a atteint la résistance voulue, la table est basculée autour d'un axe horizontal afin d'avoir une position proche de la verticale, ce qui permet la manutention du panneau.

Pour cette manutention, différents dispositifs sont possibles. On peut notamment utiliser des «boucles de levage» (appelées aussi «épingles de manutention») réalisées à partir de ronds à béton.

#### 3.3,5,1. Boucles de levage

L'implantation des boucles de levage dans le panneau doit être judicieuse. Par exemple, si les éléments sont nervurés, il est recommandé d'ancrer les boucles au droit des nervures ; de même, il est préférable d'éviter les implantations dans les linteaux.

Les boucles doivent être confectionnées obligatoirement à partir de **ronds lisses** de nuance FeE235. Le diamètre des ronds utilisés ne peut être inférieur à 10 mm.

Pour les brins noyés dans le béton, les dimensions et longueurs d'ancrage d'une boucle doivent être déterminées en tenant compte de la résistance supposée du béton au jour j projeté pour la manutention.

Mais la valeur forfaitaire  $l_a = 0,6l_s$  des Règles BAEL permettant de déduire la longueur d'ancrage  $l_a$  de la longueur de scellement droit  $l_s$  n'est plus valable. Elle conduirait à des ancrages beaucoup trop courts, et à un risque élevé d'accident lors de la manutention.

Il faut prendre :

$$\frac{l_a}{\varnothing} = \frac{100}{f_{tj}} - 22 \quad (f_{tj} \text{ en MPa})$$

avec  $f_{tj}$  (Mpa) résistance à la traction du béton à l'âge j prévu pour la manutention, calculée en fonction de la résistance à la compression  $f_{cj}$  au même jour, par la formule donnée au titre 2.1.1.b du chapitre 1. La valeur de  $f_{cj}$  peut, elle-même être tirée du tableau donné au titre 2.1.1a du même chapitre (il est toujours bon, et même recommandé, de contrôler par des essais de résistance effectués au jour j de la manutention, si la valeur de  $f_{cj}$  prise en compte dans les calculs est effectivement atteinte ce jour-là).

Exemple :

Manutention d'un élément dont le béton a 3 jours d'âge.

Les calculs de résistance en phase finale ont été faits avec  $f_{c28} = 25$  MPa.

D'après le tableau donné au titre 2.1.1a du chapitre 1, on a :

$$f_{c3} = 0,414 \times 25 = 10,4 \text{ MPa}$$

et (2.1,1.b)  $f_{t3} = 0,6 + 0,06 \times 10,4 = 1,20 \text{ MPa}$

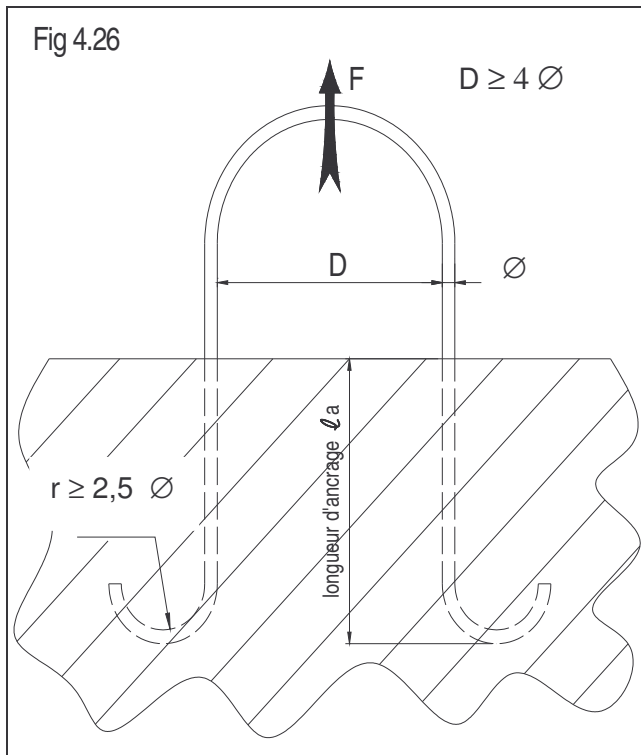
La formule ci-avant donne  $l_a = \left( \frac{100}{1,2} - 22 \right) \varnothing \approx 61 \varnothing$

Alors que l'application de la formule forfaitaire des Règles B.A.E.L. aurait conduit ( toujours pour j = 3 jours ) à :

$$l_s = \frac{\varnothing}{4} \cdot \frac{235}{0,6 \times 1,20} = 82 \varnothing \text{ et } l_a = 0,6 l_s = 49 \varnothing$$

soit 20% de moins que la longueur nécessaire (  $49 \approx 0,8 \times 61$  )

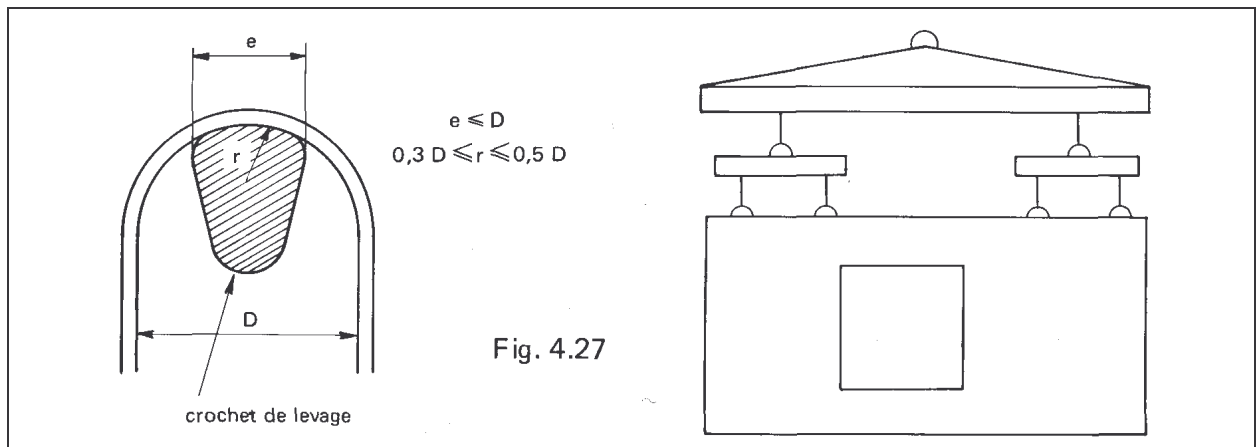
Pour la partie extérieure, il convient de respecter les dispositions de la figure 4.26 (voir fascicule 65A [1.2], article 82.2).



Ø (mm)	10	12	14	16	20
Force portante F maxi en kN	15	22	30	40	60

(F en kN  $\leq 15 \text{ } \varnothing^2$  avec  $\varnothing$  en cm)

La manutention s'effectue à l'aide d'un palonnier. Il est souhaitable que celui-ci permette d'avoir des élingues parallèles et une répartition automatique des efforts entre les boucles (palonnier à brins d'élingues multiples de longueur autoréglable). Les crochets de levage glissés dans chaque boucle doivent respecter les conditions de la figure 4.27. Les dessins doivent préciser clairement le type de crochet à utiliser.



### 3.3,5,2. Pose des panneaux

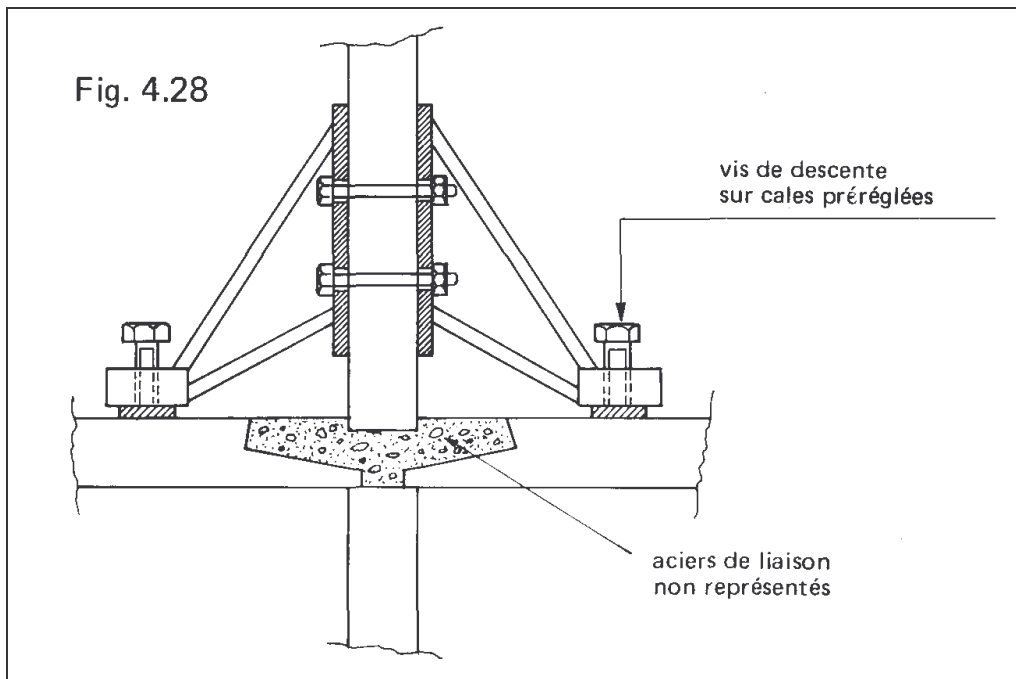
#### a) Maintien des panneaux

Des dispositifs de maintien en position verticale et d'étaieiment doivent être prévus. Certaines parties de ces dispositifs sont intégrées aux panneaux.

Dans le cas de pose sur cales, le matériau utilisé pour la confection des cales doit être d'une déformabilité au moins égale à celle du béton durci.

Dans le cas contraire, les cales doivent être retirées après remplissage du joint horizontal.

Au lieu de cales, on peut aussi utiliser des dispositifs spéciaux permettant le réglage en hauteur. Un lit de mortier est mis en place avant réglage définitif en hauteur. Il est écrasé lors du réglage final (voir figure 4.28).



#### b) Liaisons

Dans la mesure du possible, les liaisons doivent reconstituer la continuité entre les pièces préfabriquées et la structure.

Lorsque cette continuité est rétablie, les pièces peuvent être justifiées par les Règles du béton armé et celles du béton banché [4.4], [4.3].

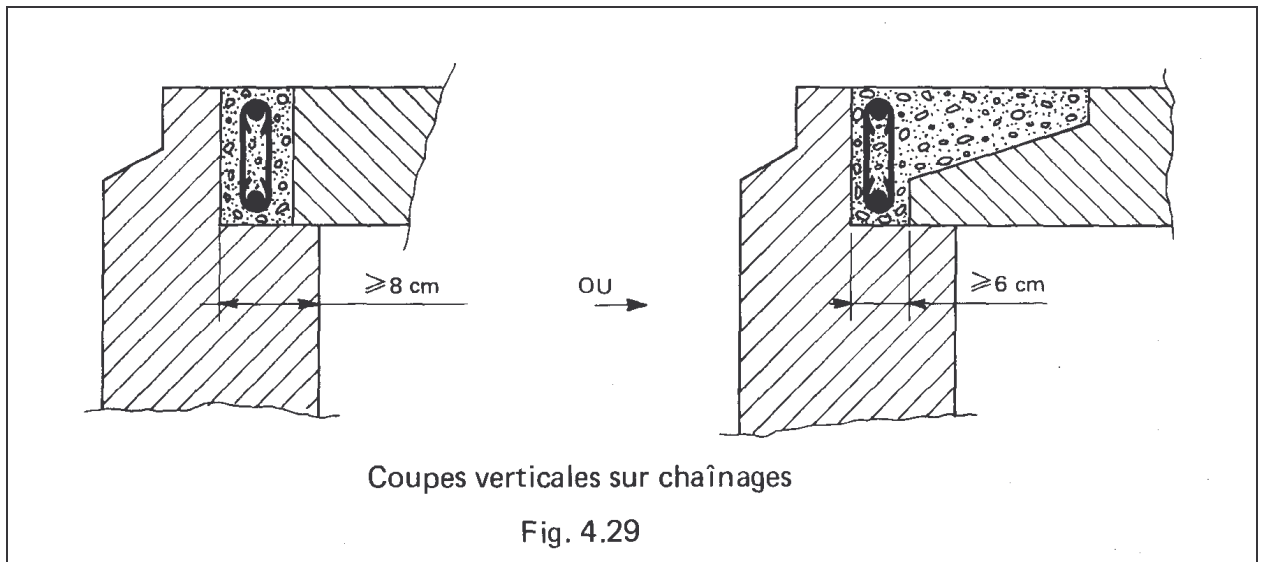
Le calcul des joints peut être fait à partir des conclusions de M. Pommeret [4.13].

Le DTU 22.1 [4.12] (Cahier des charges), définit différents types de liaisons:

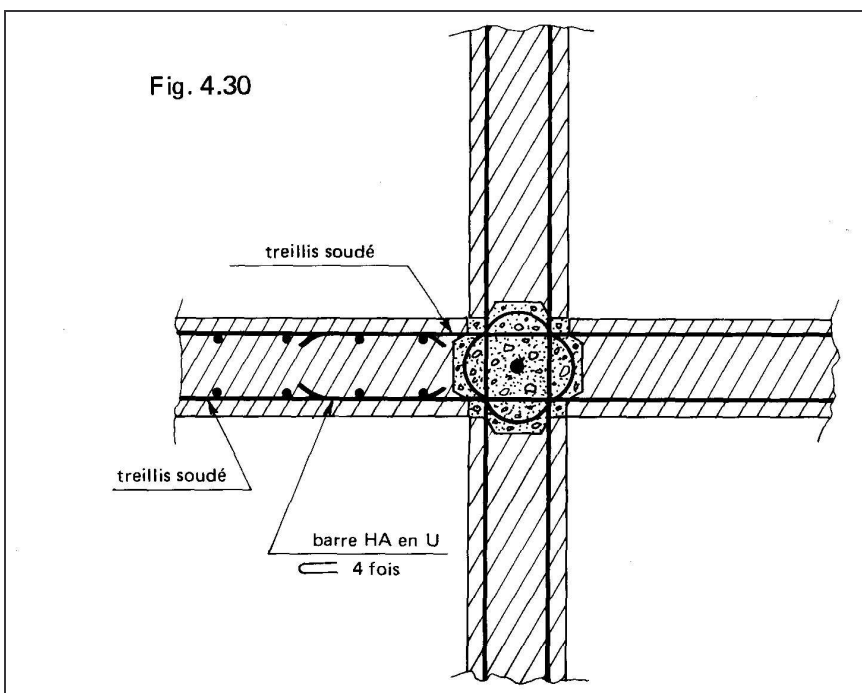
- bétonnées,
- brochées,
- boulonnées,
- soudées.

Ces liaisons sont habituellement prévues dans le cadre d'un procédé de fabrication relevant de l'Avis technique du CSTB.

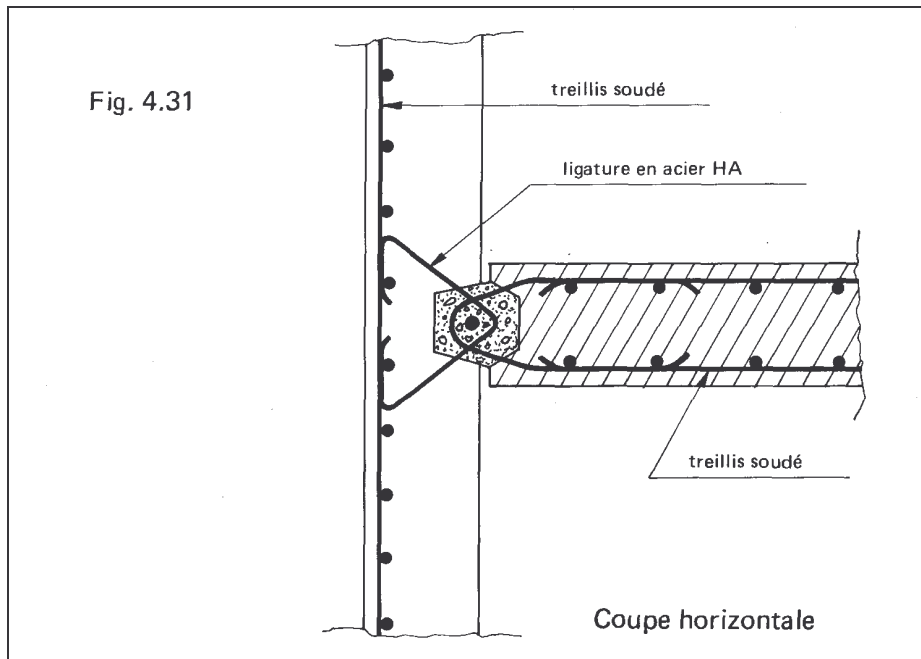
Les liaisons continues horizontales formant chaînage doivent comporter une section minimale d'armature conformément aux dispositions prévues en 5.2,1.



Pour les liaisons verticales avec coulage de béton sur place, des dispositifs autocofrants sont généralement prévus :



Coupe horizontale  
(les dispositions d'armatures  
représentées à gauche  
se répètent dans tous  
les panneaux aboutissant  
au nœud).



Le volume à bétonner doit être convenablement calfeutré ou coffré en particulier en pied de la liaison pour éviter toute fuite de laitance ou de mortier.