

## CHAPITRE 01 : ÉLÉMENTS DE STRUCTURE SIMPLE EN BÉTON ARMÉ

### 2.1 POUTRES EN BÉTON ARMÉ :

#### 2.2 Définitions :

Une poutre est un corps dont une dimension est grande devant les deux autres. Le centre de gravité des sections perpendiculaires à la grande dimension est la ligne moyenne de la poutre ; lorsque cette ligne moyenne est une droite, la poutre est une poutre droite.

La poutre est soumise à la flexion lorsqu'elle supporte des forces appliquées dans un plan passant par la ligne moyenne, ainsi que des couples d'axe perpendiculaire au plan précédent.

Si les charges appliquées sont orthogonales à la ligne moyenne, la poutre est en flexion simple ; si elles ont une composante selon la ligne moyenne, la poutre est en flexion composée.

#### 2.2.1 Rôle d'une poutre en BA :

Dans une structure, la poutre reçoit une partie des charges permanentes (G) et des surcharges (Q) venant du plancher dont elle constitue une partie. Les poutres absorbent également les efforts horizontaux provoqués soit par le séisme, les chocs et la température. La poutre transmet ensuite l'ensemble des charges aux poteaux sur lesquelles, elle repose.

#### 2.2.2 Appuis des poutres :

- ✓ Sur des poteaux de section carrée, rectangulaire, circulaire, etc. (figure N°1)

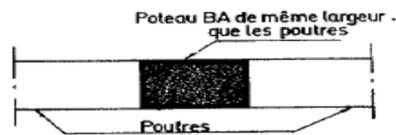


Figure N°1

- ✓ Sur mur maçonnés ou voile en BA (figure N°2).

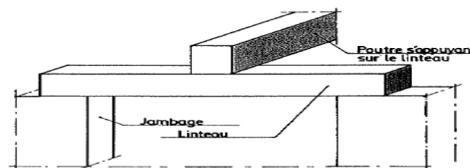


Figure N°2

- ✓ Sur une autre poutre (exemple : poutre secondaire sur poutre principale). (figure N°3)

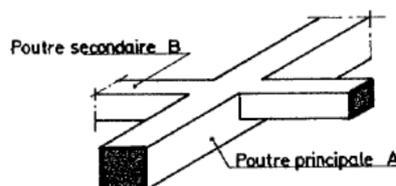


Figure N°3

**Les types d'appuis rencontrés le plus souvent sont :**

Il a lieu de distinguer la poutre :

- ✓ Sur appuis libres à chaque extrémité ;(figure 4.a)
- ✓ Avec un encastrement et l'autre extrémité libre ; (figure 4.b)
- ✓ Avec encastrement à chaque extrémité ;(figure 4.c)
- ✓ Avec un encastrement a une seule extrémité (console) ; (figure 4.d)
- ✓ Sur appuis multiples : poutre reposant sur plusieurs poteaux ou plusieurs murs.

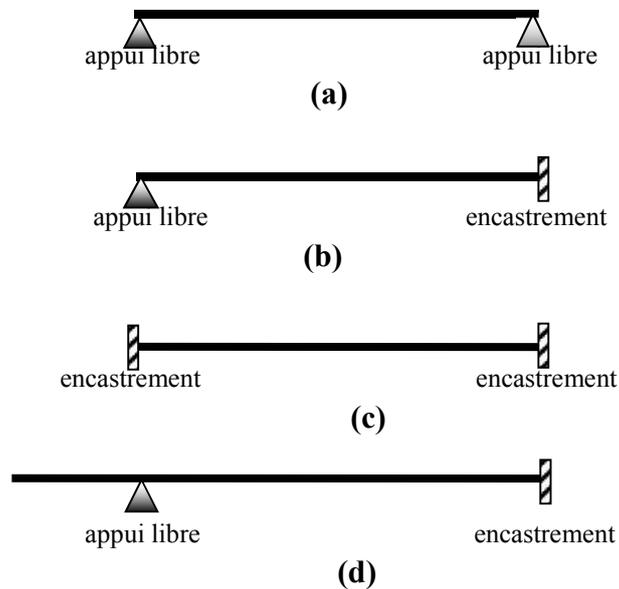


Figure N°4

## 2.2.3 Formes et dimensions des poutres :

### 2.2.3.1 Type de poutres :

- a) Poutres de section :
  - ✓ Carrée ;
  - ✓ Rectangulaire ;
  - ✓ En forme de T, L, I, U ;
  - ✓ Trapézoïdale.
- b) Poutre très hautes et étroites :  $h=2,5m$ ,  $b=0,15m$  pour les poutres cloisons. Les poutres plates sont couteuses et flexible.
- c) Poutres consoles de section variable.
- d) Poutre incorporées dans l'épaisseur d'une dalle épaisse (poutre noyée).
- e) Poutre avec gousset.

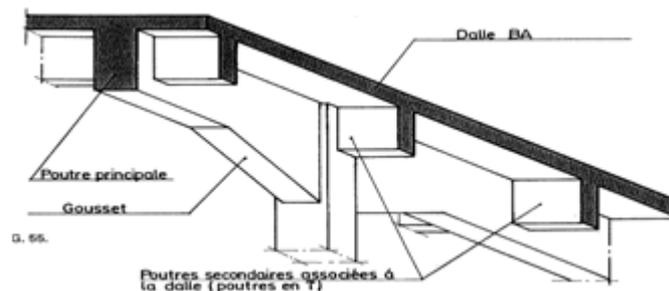


Figure N°5 : poutre avec gousset.

### 2.2.3.2 Condition de flèche :

Les déformations des poutres de planchers d'habitation doivent rester faibles sans nuire au bon comportement :

- ✓ Des cloisons minces.
- ✓ Des revêtements horizontaux et verticaux (sols, plafonds, mur) et ne doivent pas être à l'origine des désordres (fissures).

On admet que la flèche ne doit pas dépasser les valeurs suivantes :

**Tableau n°1 : Flèche maximales pour les poutres.**

Flèche max	Conditions requises	
1/500	Portée $\leq 5,00$ m	Élément en BA reposant sur deux appuis
0,5cm + 1/1000	Portée $\geq 5,00$ m	
1/250	Cas d'une console avec portée $\leq 2,00$ m	

**Tableau N° 2 : Indication sur le dimensionnement des poutres en béton armé**

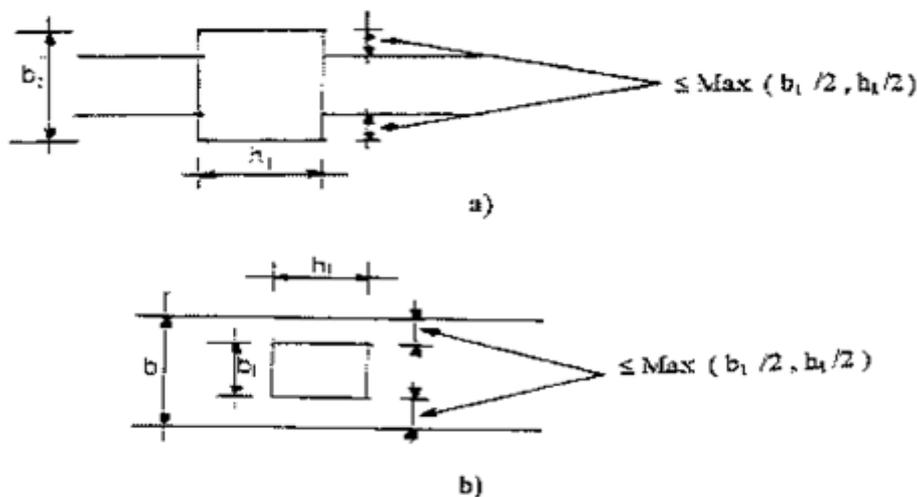
Rapport des dimensions	Poutres de section rectangulaire	
	Poutre sur appuis simples	Poutre continues
Rapport hauteur /longueur	1/10 à 1/12	1/12 à 1/15
Le rapport largeur/hauteur est compris entre 0,3 à 0,5	Exemple : portée 5,00m : h=50cm et b=20cm	Exemple pour une travée portée 6m :h=50cm et b=20cm

### 2.2.3.3 Coffrage des poutres selon les RPA 99 :

Les poutres doivent respecter les dimensions ci-après :

- ✓  $b \geq 20$ cm
- ✓  $h \geq 30$ cm
- ✓  $h/b \leq 4,0$
- ✓  $b_{max} \leq 1,5h + b_1$

h peut être ramené à 20 cm dans les ouvrages contreventés par voiles.



**Figure N°6 : Dimensions à respecter par les poutres selon l' RPA 99.**

## 2.2.4 Fonctionnement d'une poutre en BA : flexion simple

Un élément est soumis à la flexion simple si les sollicitations se réduisent à un moment fléchissant  $M_z$  et un effort tranchant  $V_y$ . Si l'effort normal  $N_x$  n'est pas nul, alors on parle de flexion composée. En béton armé on distingue l'action du moment fléchissant qui conduit au dimensionnement des aciers longitudinaux, de l'action de l'effort tranchant qui concerne le dimensionnement des aciers transversaux (cadres, épingles ou étriers). Ces deux calculs sont menés séparément.

Les éléments d'une structure soumis à la flexion simple sont principalement les poutres, qu'elles soient isostatiques ou continues. Pour une poutre isostatique, le calcul des sollicitations  $M_z$  et  $V_y$  est simple et il est conduit en utilisant les méthodes de la résistance de matériaux (RDM). Pour une poutre continue, hyperstaticité rend les calculs plus compliqués et le BAEL propose deux méthodes qui permettent d'évaluer les sollicitations dans les poutres continues en béton armé.

### 2.2.4.1 Effet produit par le moment de flexion :

- ✓ les fibres inférieures ont tendance à s'allonger → effort de traction.
- ✓ les fibres supérieures ont tendance à se raccourcir → effort de compression.
- ✓ une couche de fibre située au niveau du centre de gravité de la section ne varie pas ; elle est dénommée '*fibre neutre*'

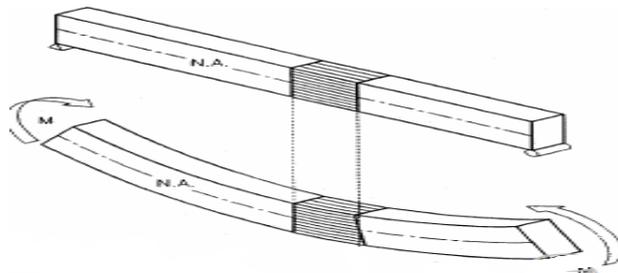


Figure N°7 : flexion d'une poutre.

### 2.2.4.2 Effet produit par l'effort tranchant :

Il a tendance à produire à la fois :

- ✓ un glissement longitudinal des fibres ;
- ✓ un glissement des sections dans le plan vertical.

Il développe des contraintes « contraintes tangentielles » parallèle aux facettes. Elle entraîne le cisaillement du béton suivant une direction d'environ  $45^\circ$  à la ligne moyenne. Cette tendance à la fissuration est plus accentuée au voisinage des appuis car dans cette zone la valeur absolue de l'effort tranchant est le plus important (figure N°8).

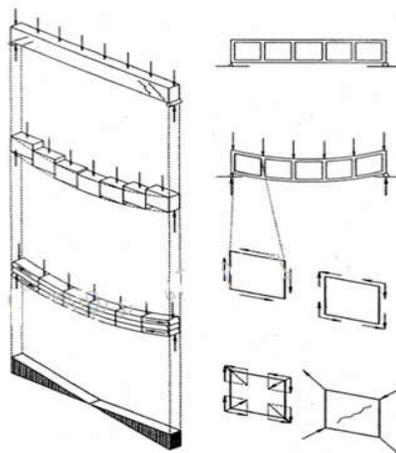


Figure N°8

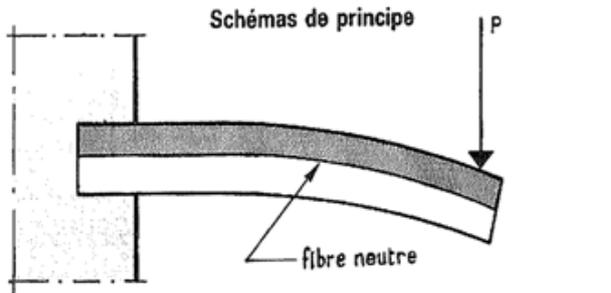


FIG. 36.

Encastrement à une extrémité (console).  
fibre supérieure tendue  
fibre inférieure comprimée

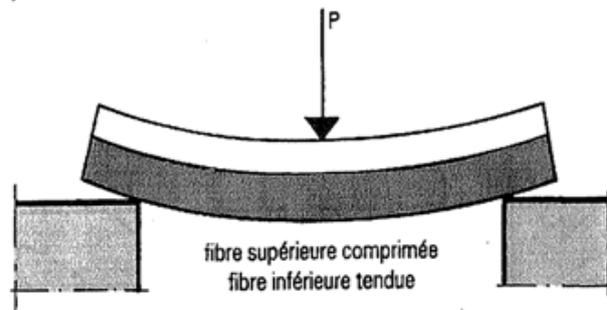


FIG. 37.

Poutre sur deux appuis.

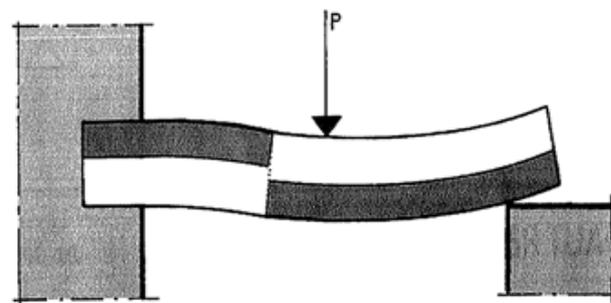


FIG. 38.

Poutre à une extrémité encastree, l'autre sur appui simple.

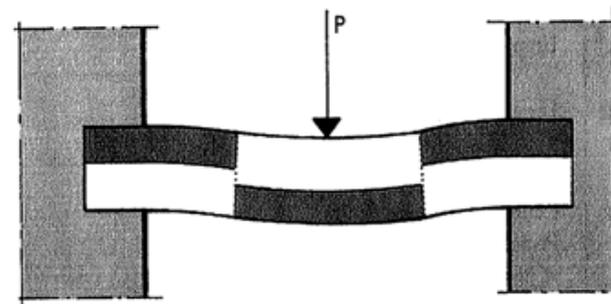


FIG. 39.

Poutre avec encastrement à chaque extrémité.

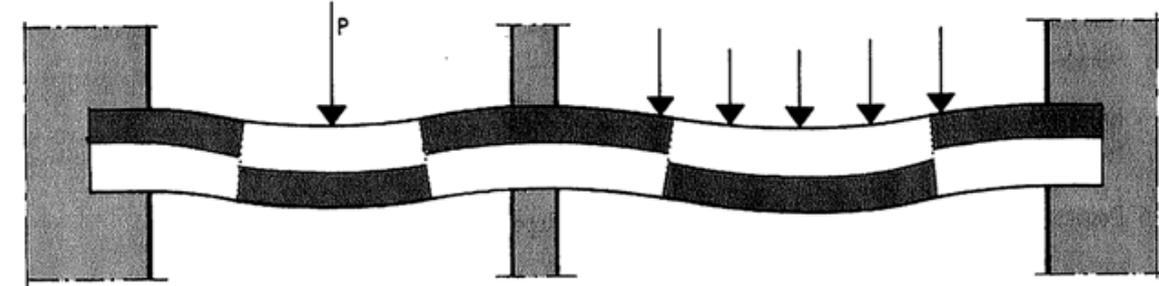


FIG. 40. - Poutre à plusieurs appuis.

Légende  zone tendue  zone comprimée

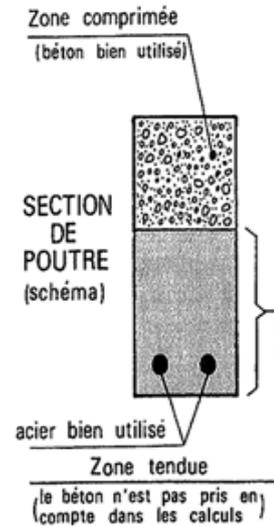


FIG. 37 bis.

Figure N°9

## 2.3 POTEAUX EN BÉTON ARMÉ

### 2.3.1 Rôles des poteaux :

- ✓ constituer les éléments porteurs du système planchers-poutres par points d'appuis isolés.
- ✓ supporter les charges concentrées verticales (effort de compression) ;
- ✓ participer à la stabilité transversale par le système poteaux-poutres pour combattre les efforts horizontaux ;
- ✓ servir de chainages verticaux.

### 2.3.2 Nature des efforts :

- ✓ compression (effet des charges verticales centrées)
- ✓ flexion (effet des charges verticales et horizontales) le poteau travaille comme une poutre verticale, qui subit aussi un effort normal de compression.

Les sollicitations sont indépendantes de la position du poteau qui est dit :

- ✓ intérieur
- ✓ de rive
- ✓ d'angle.

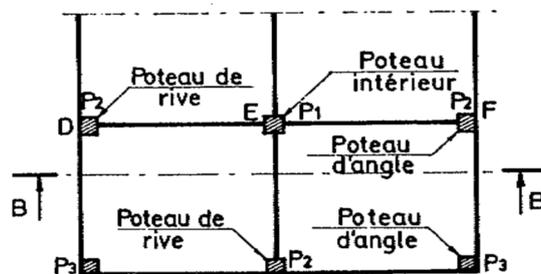


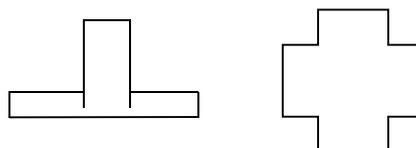
Figure N°10 : Vue en plan schématique

### 2.3.3 Sections Des Poteaux :

Selon les exigences de la structure à adopter la section transversale d'un poteau en béton armé peut avoir diverses formes.

#### Exemples des sections :

- ✓ Section carrée : Habitation  $\leq R+1$   
Galeries  
Hangars à couvert métallique.
- ✓ Section rectangulaires : Salles de classes  
Salle de spectacle  
Amphi, théâtre.
- ✓ Section circulaire ou polygonale : Habitation (R+1)  
Mosquée (R+1)  
Galerie (Mosquée, CEM, Lycée...)
- ✓ Poteau de plancher champignon.
- ✓ Autre section de formes :

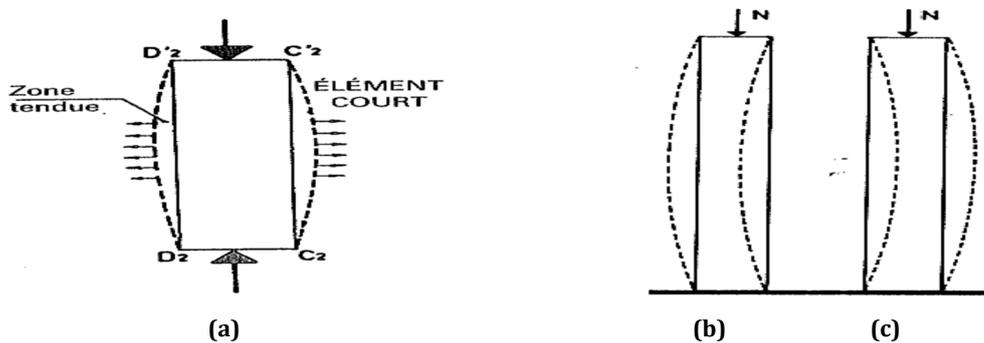


### 2.3.4 Poteaux en compression simple :

Un poteau est une poutre droite verticale soumise uniquement à une compression centrée ( $N > 0$  et  $M_z = 0$ ). Le béton résistant très bien à la compression, il serait théoriquement inutile de placer des armatures. Mais les charges transmises au poteau ne sont jamais parfaitement centrées (imperfections d'exécution, moments transmis par les poutres, dissymétrie du chargement). Pour ces raisons, on introduit des armatures longitudinales calculées de façon forfaitaire (car ces moments sont difficiles à estimer). Le risque de flambement des armatures longitudinales conduit à placer des armatures transversales (cadres, étriers ou épingles).

#### 2.3.4.1 Effort normal ultime compression $N_u$ :

Il tient compte du poids propre des ouvrages ou éléments des constructions et des charges d'exploitation qui agissent sur la surface de plancher intéressés par le poteau.



(a) : gonflement transversal sous l'effort de compression.  
(b) , (c) : risque de flambage par déformation excessive.

Figure N°11

- ❖ le fonctionnement interne du poteau dépend :
  - ✓ de la charge appliquée,
  - ✓ la section du poteau
  - ✓ de sa hauteur et des liaisons d'extrémités
  - ✓ la résistance du béton et de l'armature
- ❖ les poteaux courts travaillent essentiellement en compression simple
- ❖ les poteaux élancés avec un élancement  $\lambda \geq 70$  risquent le phénomène de flambage.

#### 2.3.4.2 Instabilité au flambement :

Le phénomène de flambement est un phénomène d'instabilité de la matière que l'on rencontre sur les éléments sollicités en compression. Il est très dangereux car imprévisible et immédiat. Considérons une pièce travaillant théoriquement en compression simple. Si sa longueur est importante par rapport à ses dimensions transversales, elle peut-être sujette à cette instabilité transversale.

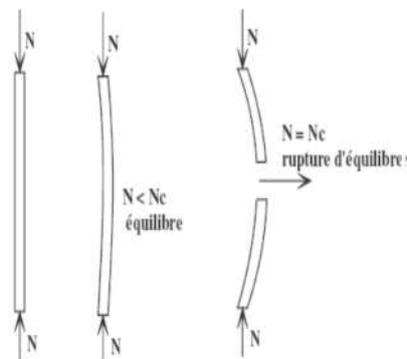


Figure N°12

Lorsque l'on atteint une valeur  $N_c$  de l'effort normal, il y a rupture de l'équilibre par instabilité entraînant la ruine de l'élément. On notera que cette valeur critique (force critique d'Euler) est bien inférieure à la limite élastique de l'élément.

Paramètres influant sur le flambement :

- ✓ plus le **moment d'inertie I** est important moins le risque est important,
- ✓ plus  $l_f$  est grand plus le risque est grand.

Suivant la géométrie du poteau et en fonction des liaisons avec son environnement nous aurons des longueurs de flambement différentes.

**Élancement d'un poteau :**

$$\lambda = \frac{l_f}{i}$$

Où ;

$i = \sqrt{I/B}$  est le rayon de giration du poteau.

$l_f$  est sa longueur de flambement, déterminée à partir de la Figure N°13 pour un poteau isolé et de la Figure 14 pour un bâtiment à ossature BA.

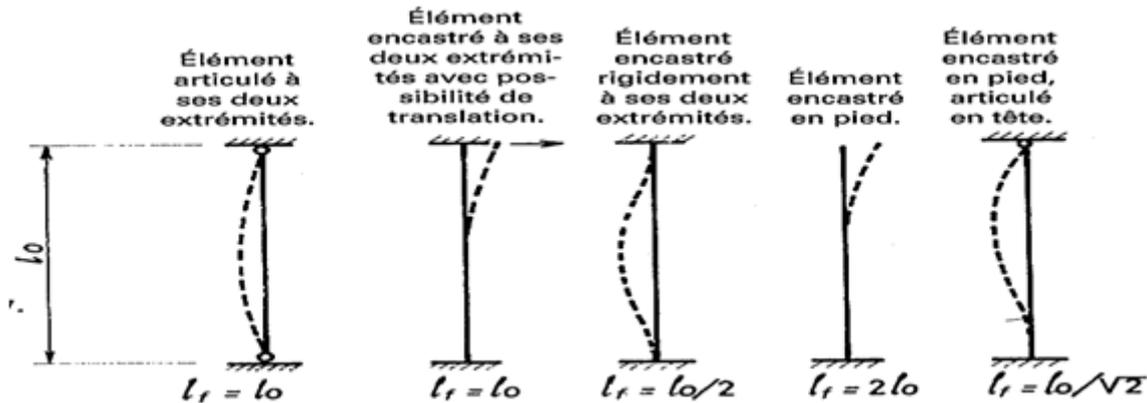


Figure N°13 : Définition de la longueur de flambement pour différentes conditions de liaison du poteau.

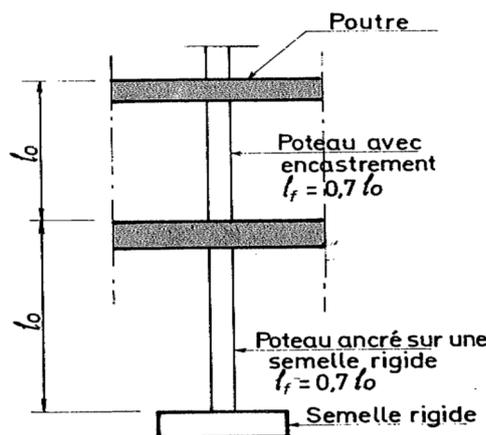


Figure N°14 : Valeurs des longueurs de flambement des poteaux d'un bâtiment.

$I$ : moment quadratique

$B$ : section du béton

$l_0$ : hauteur du poteau prise de plancher à plancher

Le tableau ci-dessous donne les valeurs du moment quadratique minimal  $I_{mini}$ , de la section  $B$ , du rayon de giration  $i$ , ainsi que les valeurs du rapport de la longueur de flambement sur la dimension caractéristique de la section pour des valeurs un élancement de 50, et pour les trois formes de section classiques.

Section	$I_{mini} [m^4]$	$B [m^2]$	$i [m]$	$\lambda < 50$ si
carré $a \times a$	$a^4/12$	$a^2$	$a/\sqrt{12} = \sqrt{B/12}$	$l_f/a < 14.4$
rectangulaire $a \times b$	$a^3b/12$	$ab$	$a/\sqrt{12}$	$l_f/a < 14.4$
circulaire $D$	$\pi D^4/64$	$\pi D^2/4$	$D/4 = \sqrt{B/4\pi}$	$l_f/D < 12.5$

### 2.3.5 Spécifications pour les poteaux (selon RPA 99) :

#### 2.3.5.1 Coffrage :

Les dimensions de la section transversale des poteaux doivent satisfaire les conditions suivantes :

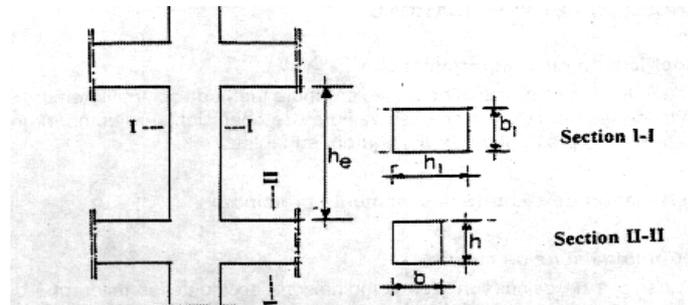


Figure N°15 : Coffrage des poteaux

- $\text{Min}(b_1, h_1) \geq 25$  cm en zones I et II
- $\text{Min}(b_1, h_1) \geq 30$  cm en zone III
- $\text{Min}(b_1, h_1) \geq h_e/20$
- $1/4 < b_1/h_1 < 4$

Pour les poteaux circulaires, le diamètre  $D$  devra satisfaire les conditions ci-dessous:

- $D \geq 25$ cm en zone I
- $D \geq 30$ cm en zone II
- $D \geq 35$ cm en zone III
- $D \geq h_e/15$

#### 2.3.5.2 Ferrailage :

##### Les armatures longitudinales

Les armatures longitudinales doivent être à haute adhérence, droites et sans crochets :

- ✓ leur pourcentage **minimal** sera de :
  - 0,7 % en zone I
  - 0,8 % en zone II
  - 0,9% en zone III
  
- ✓ Leur pourcentage maximal sera de :
  - 4 % en zone courante
  - 6 % en zone de recouvrement

- ✓ Le diamètre minimum est de 12 mm.
- ✓ La longueur minimale des recouvrements est de :
  - $40 \phi$  en zone I et II
  - $50 \phi$  en zone III
- ✓ La distance entre les barres verticales dans une face du poteau ne doit pas dépasser :
  - 25 cm en zone I et II
  - 20 cm en zone III

Les jonctions par recouvrement doivent être faites si possible, à l'extérieur des zones nodales (zones critiques).

La zone nodale est constituée par le nœud poutre-poteaux proprement dit et les extrémités des barres qui y concourent. Les longueurs à prendre en compte pour chaque barre sont données dans la figure suivante :

$$h' = \text{Max} (h_e/6; b_1; h_1; 60)$$

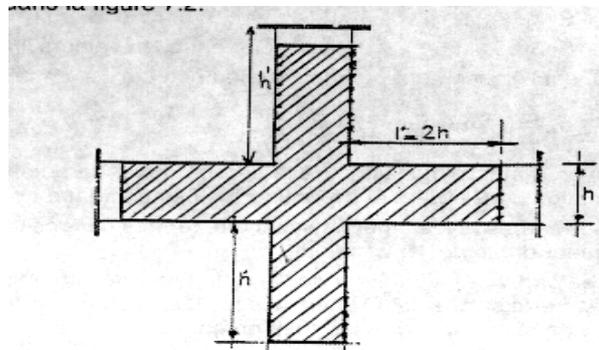


Figure N°16 : Zone nodale.

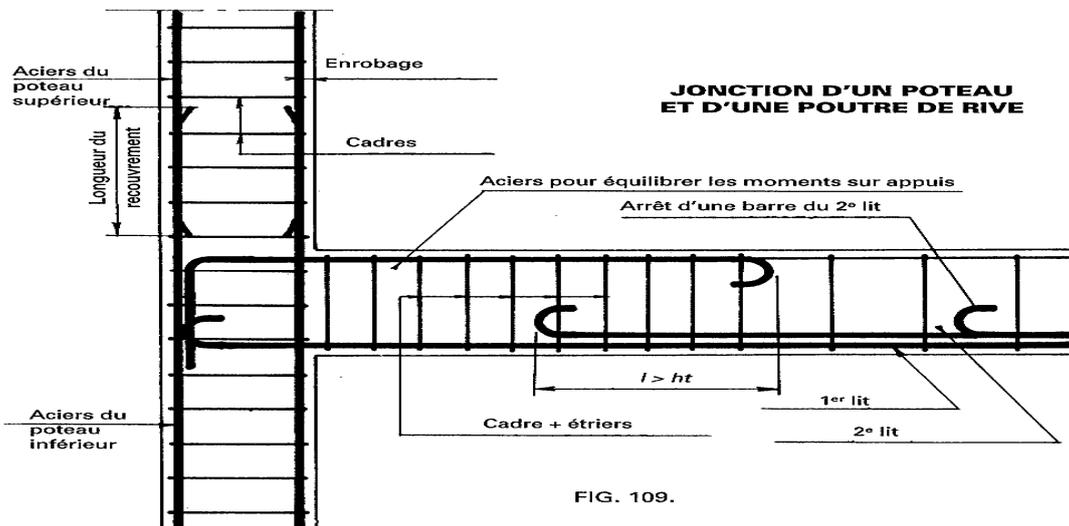


Figure N°17

ARMATURE DES SECTIONS DE POTEAUX

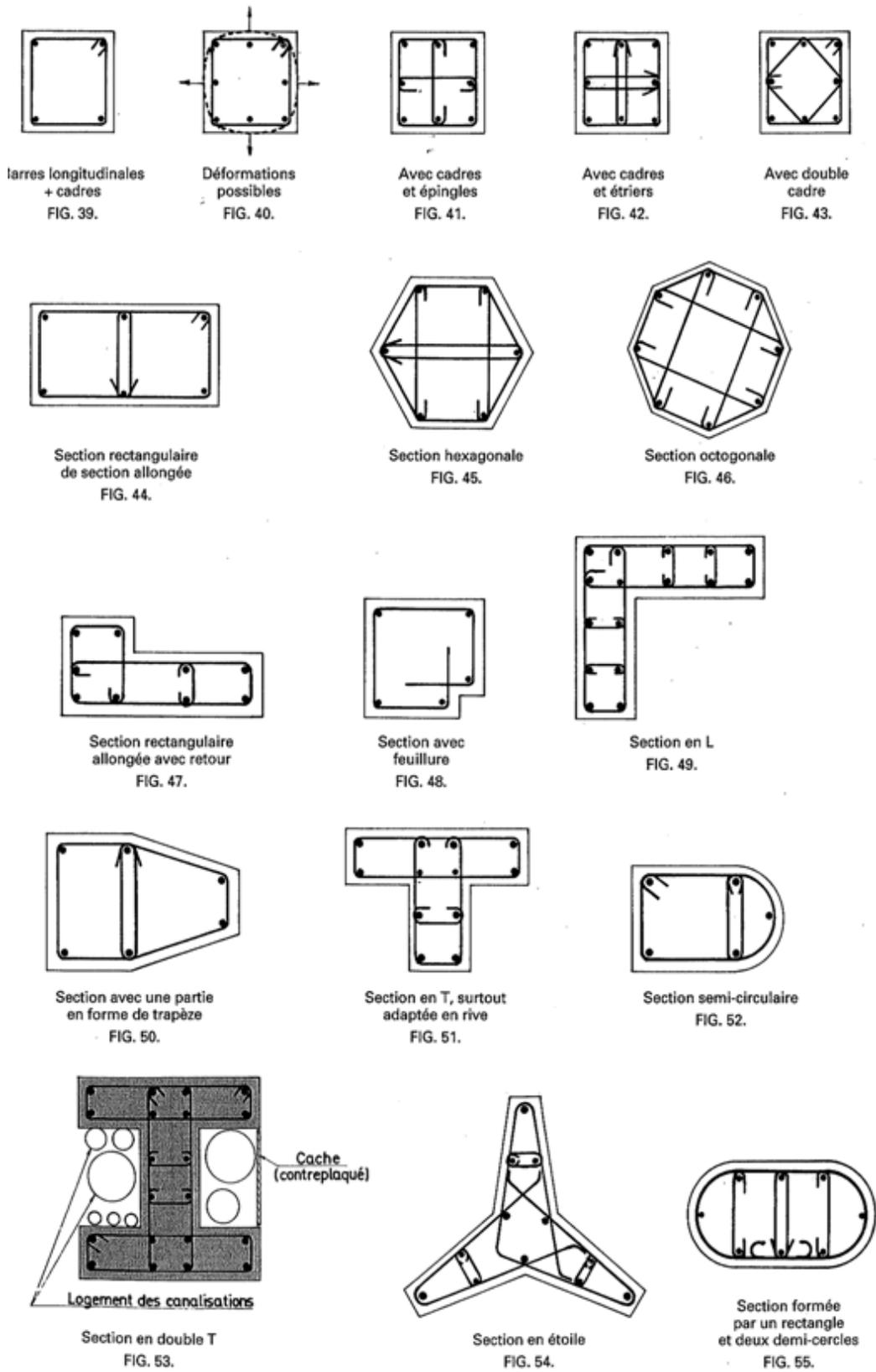


Figure N°18

## 2.4 VOILES :

### 2.4.1 Définition :

Un voile, est un élément de structure dont l'épaisseur à une dimension est largement inférieure aux deux autres, lesquelles se trouvent sur un même plan. Un voile s'étend sur un plan vertical et supporte des charges verticales et horizontales essentiellement contenues dans ce même plan.

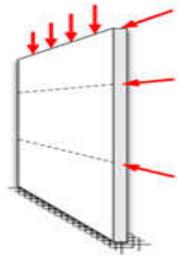


Figure N° 19: Un voile supporte des charges dans son plan.

### 2.4.2 Rôle des voiles en béton armé :

- ✓ la descente des charges verticales de son sommet jusqu'à sa base (rôle de mur porteur),
- ✓ la reprise des forces horizontales agissant dans son plan (contreventement),
- ✓ la reprise des forces horizontales hors plan (rôle de paroi),
- ✓ l'étanchéité vis-à-vis de l'eau de pluie et du vent, la perméabilité à la vapeur d'eau,
- ✓ l'isolation thermique,
- ✓ le passage de gaines et de réseaux, ...

### 2.4.3 Comportement des voiles en béton armé :

Les voiles ou murs de contreventement peuvent être généralement définis comme des éléments verticaux à deux dimensions dont la raideur hors plan est négligeable. Dans leur plan, ils présentent généralement une grande résistance et une grande rigidité vis-à-vis des forces horizontales. Par contre dans la direction perpendiculaire à leur plan, ils offrent très peu de résistance vis-à-vis des forces horizontales et ils doivent être contreventés par d'autres murs ou par des portiques. Tout en étant conscient de la grande variété des constructions à murs porteurs, nous ne pouvons fournir qu'une classification assez générale. A cet égard, trois grandes catégories peuvent être rencontrées :

- ✓ Structures à contreventement « mixtes » avec des murs porteurs associés à des portiques ;
- ✓ structures à noyau central ;
- ✓ structures uniquement à murs porteurs.

Dans le cas 1 : le rôle porteur vis-à-vis des charges verticales est assuré par les poteaux et les poutres, tandis que les voiles assurent la résistance aux forces horizontales. Un exemple de ce système constructif est présenté dans la Figure N° 20.

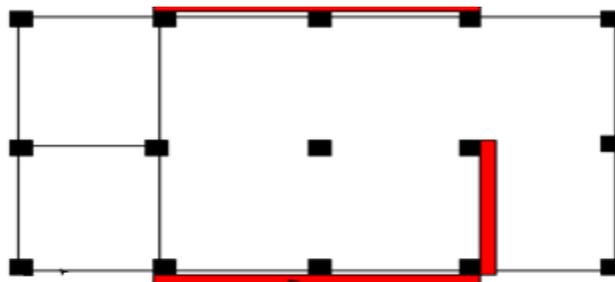


Figure N°20 : Structures « mixtes » avec des murs porteurs couplés à des portiques.

Dans le cas 2 : un noyau central formé de deux murs couplés à chaque étage par des poutres assure majoritairement la résistance aux forces horizontales. Une certaine résistance supplémentaire peut être apportée par les portiques extérieurs, comme le montre la Figure N°21.

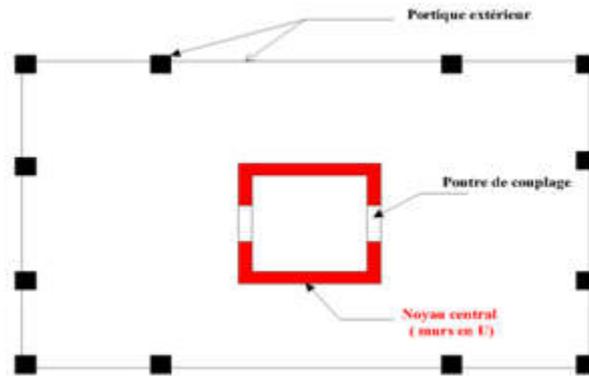


Figure N°21 : Structure à noyau central.

Dans les cas 3 : les voiles assurent en même temps le rôle porteur vis-à-vis des charges verticales et le rôle de résistance aux forces horizontales. L'exemple montré dans la Figure N°22 fait apparaître ce système constructif.

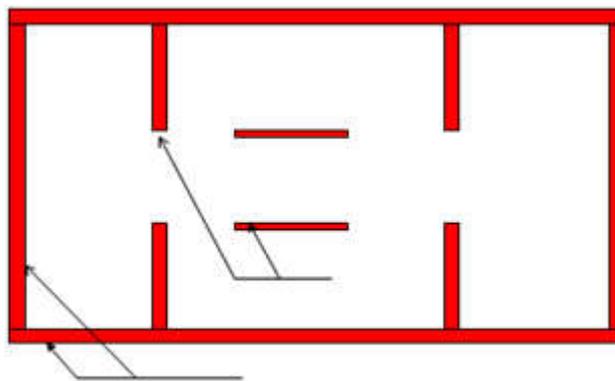


Figure N°23 : Structure uniquement à murs porteurs.

### 2.3.4 Avantages des systèmes avec voiles en béton armé :

Par rapport à d'autres systèmes constructifs tels que les portiques, les structures à voiles en béton armé présentent, particulièrement en zone sismique, plusieurs avantages :

- ✓ Leur présence limite les déformations latérales,
- ✓ Leur rigidité permet de protéger les éléments non-structuraux et quelques poteaux existants,
- ✓ Leur présence permet de s'affranchir du difficile problème posé par la réalisation des nœuds des portiques,

En conclusion, de multiples raisons d'ordre structural et économique poussent à promouvoir l'utilisation de ces structures en zone sismique

### 2.4.4 Dimensionnement des voiles selon l'RPA99 :

#### Coffrage des voiles :

Sont considérés comme voiles les éléments satisfaisant à la condition  $l \geq 4a$ . Dans le cas contraire, ces éléments sont considérés comme des éléments linéaires.

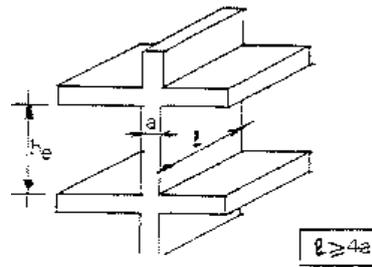


Figure N°24 : Coupe de voile en élévation.

L'épaisseur minimale est de 15 cm. De plus, l'épaisseur doit être déterminée en fonction de la hauteur libre d'étage  $h_e$  et des conditions de rigidité aux extrémités comme indiqué ci-dessous :

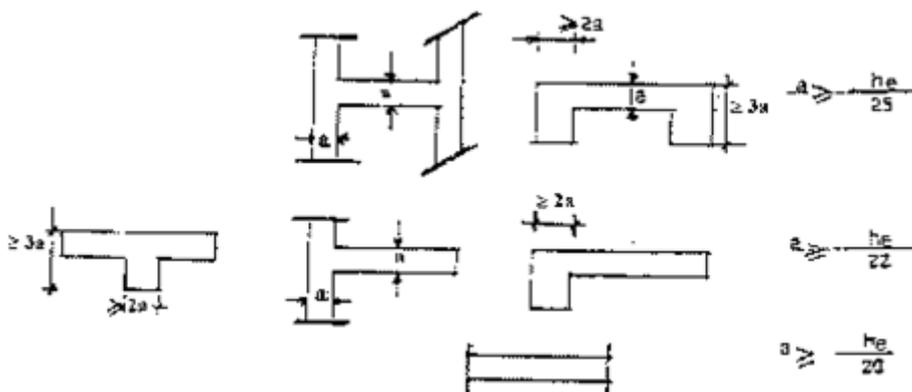


Figure N°25: Coupes de voile en plan.

### Ferraillage des voiles :

Le voile est composé de :

- ✓ (1) : ouverture ;
- ✓ (2) et (4) : les trumeaux ;
- ✓ (3) : le linteau.

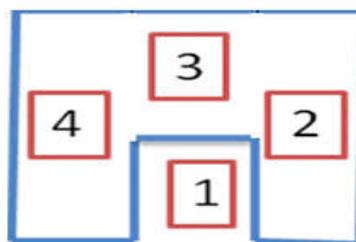


Figure N°26: la vue en plan d'un voile avec ouverture.

### Ferraillages des linteaux :

Les linteaux sont calculés en flexion simple, (avec les efforts  $M, V$ ). On devra disposer :

- ✓ des aciers longitudinaux de flexion ( $A_l$ )
- ✓ des aciers transversaux ( $A_t$ )
- ✓ des aciers en partie courante (aciers de peau) ( $A_c$ )
- ✓ des aciers diagonaux (selon le cas) ( $A_d$ )

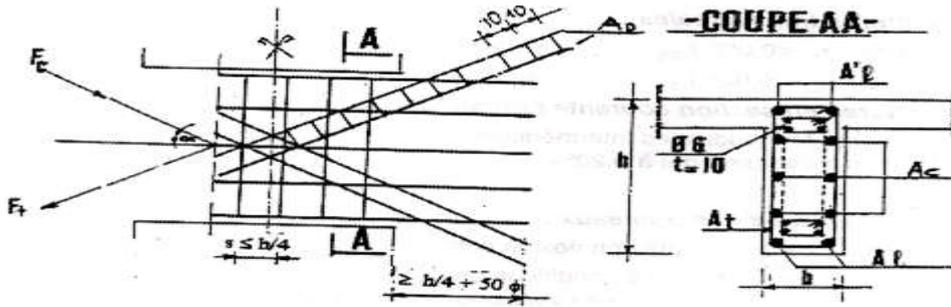


Figure N°27 : Armatures de linteaux.

**Ferraillages des trumeaux :**

Les trumeaux seront calculés en flexion composée avec effort tranchant. On devra disposer les ferraillages suivants :

- ✓ des aciers verticaux
- ✓ des aciers horizontaux

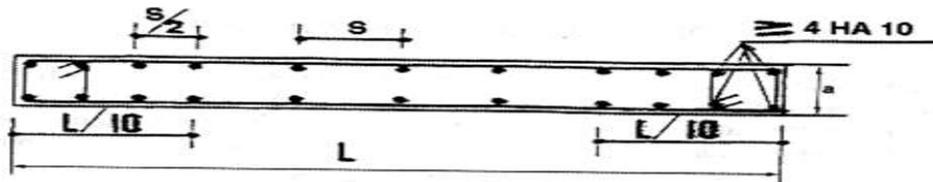


Figure N° 28 : Disposition des armatures verticales dans les voiles pleins (trumeau).

**2.4.5 Exemples de ferraillage des voiles :**



Figure N° 29.

FERRAILLAGE DU LINTEAU  
COUPE:C-C

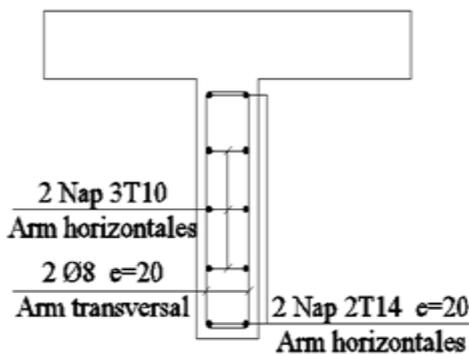


Figure N° 30.

## 2.4 LES PLANCHERS EN BÉTON ARMÉ

### 2.4.1 Définition :

Les planchers sont des plans horizontaux séparant deux étages d'un bâtiment et capables de supporter les charges d'utilisation.

Ils s'appuient sur :

- ✓ Les murs de façade
- ✓ Les refends transversaux et murs pignons
- ✓ Les refends longitudinaux et murs de façade
- ✓ Les poutres de rive
- ✓ Les poutres intérieures
- ✓ Des points d'appuis isolés (poteaux)
- ✓ Les murs et les poutres

### 2.4.2 Rôle des planchers :

Les planchers doivent répondre aux mêmes critères que les murs porteurs, à savoir :

*Résistance et stabilité :*

- ✓ supporter les charges d'utilisation
- ✓ ne pas fléchir (limiter la flèche au moment du coffrage puis en cours d'utilisation)
- ✓ durabilité

*Étanchéité et protection.*

- ✓ à l'air
- ✓ au feu
- ✓ aux effractions

*Isolation thermique et acoustique.*

- ✓ isolant thermiquement (par exemple au-dessus d'un garage)
- ✓ isolant acoustiquement (bruits d'impacts, ...)

*Fonction architecturale.*

- ✓ aspect décoratif en sous face

*Fonctions techniques.*

- ✓ facilité de mise en œuvre
- ✓ liaisons avec les porteurs verticaux
- ✓ passage de gaines (eau, chauffage, électricité, ...)

### 2.4.3 Planchers à corps creux :

Les planchers à corps creux sont composés de 3 éléments principaux :

- ✓ les corps creux ou "**entrevous**" qui servent de coffrage perdu (ressemblent à des parpaings),
- ✓ les **poutrelles** en béton armé ou précontraint qui assurent la tenue de l'ensemble et reprennent les efforts de traction grâce à leurs armatures,
- ✓ une dalle de compression armée ou "**hourdis**" coulée sur les entrevous qui reprend les efforts de compression.

Il faut savoir que les entrevous n'ont pas de rôle mécanique et que ce type de plancher travaille comme un plancher nervuré.

### 2.4.3.1 Dimensions :

La hauteur de l'entrevous et du plancher dépendent de la portée des poutrelles. Par contre, l'entre-axe entre ces poutrelles varie entre 60 et 65 cm.

hauteur en cm	portée pour un plancher isolé	portée pour un plancher continu
12 + 4	4,30	4,70
16 + 4	5,40	5,80
18 + 4	6,00	6,40
20 + 4	6,50	7,00
25 + 4	7,70	8,50

✓ L'épaisseur du plancher peut être déterminée à partir de la condition de flèche selon BAEL91 :

$$\frac{h_t}{l_x} \geq \frac{1}{22,5}$$

$h_t$  : hauteur total (corps creux + dalle de compression)

### 2.4.3.2 Les poutrelles :

Les poutrelles supportent le plancher et transmettent ses charges à la structure porteuse. On trouve toute une gamme de poutrelles préfabriquées sur le marché :

- ✓ poutrelle en béton précontraint par fils adhérents,
- ✓ poutrelle en béton armé,
- ✓ poutrelle treillis,

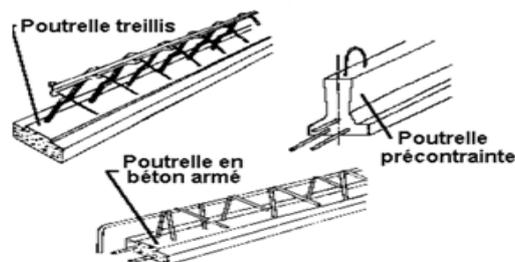


Figure N°31

### 2.4.3.3 Les entrevous :

Le rôle des entrevous consiste au départ à supporter le poids de la dalle de compression en phase de coulage. Ce sont donc des éléments de coffrage perdu. Mais on peut aussi leur octroyer un rôle d'isolant. Généralement les entrevous sont en béton de petits granulats. Mais, on trouve aussi dans le commerce des entrevous en terre cuite ou en polystyrène (isolation thermique).

- ✓ La hauteur des éléments en béton varie de 9 à 30 cm suivant la portée du plancher.
- ✓ La largeur varie de 16 à 21 cm.
- ✓ La longueur est constante et correspond à un espacement des poutrelles de 65 cm.

### 2.4.3.4 Le hourdis :

Le hourdis est l'âme de ce type de plancher. Il a généralement une épaisseur supérieure à 4 cm. Cette dalle de compression qui est coulée en place sur les entrevous et les poutrelles doit être correctement armée.

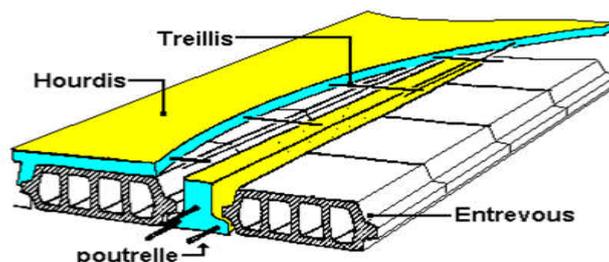


Figure N°32

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mise en œuvre facile, pas de coffrage,</li> <li>✓ Ne nécessite pas de gros engin de levage,</li> <li>✓ Isolation thermique améliorée,</li> <li>✓ Le plancher est relativement léger.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Grande épaisseur de plancher,</li> <li>✓ Portée limitée à 6 ou 7 mètres,</li> <li>✓ Pas de souplesse de forme et de taille.</li> <li>✓ « Mauvaise » isolation acoustique,</li> <li>✓ Nécessite beaucoup de manutentions</li> <li>✓ Mise en œuvre relativement longue.</li> </ul>

**2.4.4 Dalle simple (dalle pleine) :**

La dalle est une plaque de béton armé de 8 cm à 20 cm avec armature incorporée. Cette dalle en béton armé peut reposer sur deux ou plusieurs appuis.

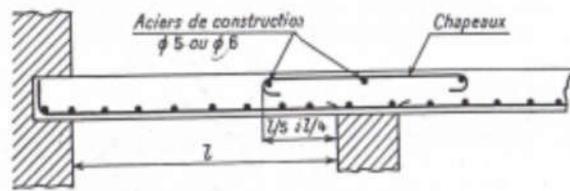
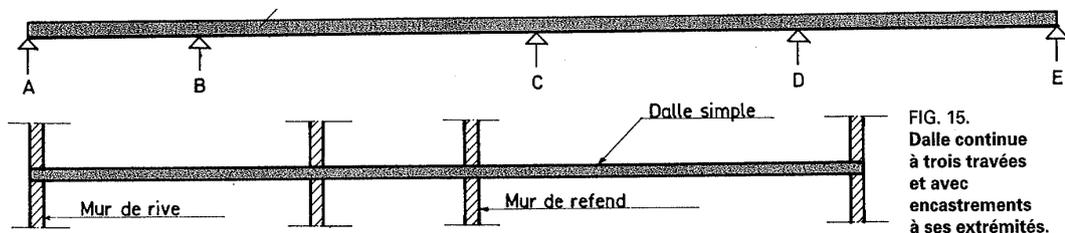
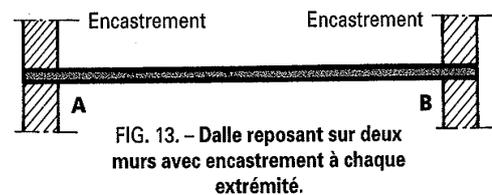
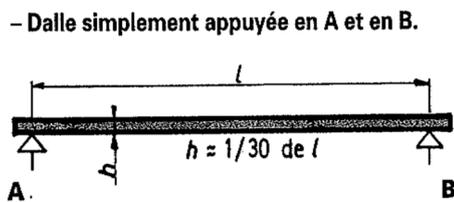


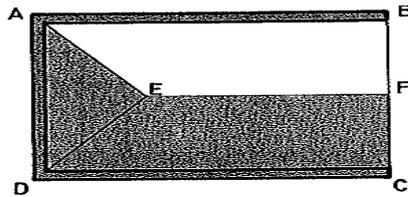
Figure N°33

**2.4.4.1 Appuis rencontrés :**

Ils influent sur le mode de fonctionnement et la disposition des aciers, par suite, on distingue les cas suivant :

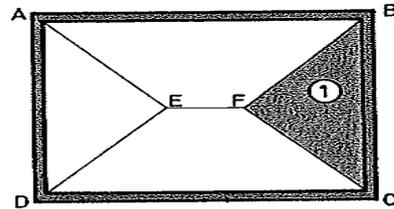
- ✓ dalle sur des appuis libres, dans le cas d'une dalle formant terrasse ;
- ✓ dalle avec extrémités encastées ;
- ✓ dalle continue avec encastrement à chaque appui ou reposant sur plusieurs appuis ;
- ✓ dalle prenant appui sur 3 cotés ou 4 cotés ou seulement deux cotés ;





**FIG. 16. – Dalle avec appui sur trois murs.**

Le triangle AED intéresse le mur AD  
Le trapèze EFCD intéresse le mur CD



**FIG. 17. – Dalle avec appui sur quatre murs.**

La zone BFC en triangle est portée théoriquement par le mur BC

Figure N°34

#### 2.4.4.2 Épaisseur de la dalle simple:

L'épaisseur de la dalle résulte des conditions suivantes :

- ✓ de résistance à la flexion :
  - Dalle reposant sur deux appuis :  $l/30$  à  $l/35$  de la portée ;
  - Dalle reposant sur 3 ou 4 cotés :  $l/40$  à  $l/50$  de la portée
- ✓ d'isolation acoustique (loi de masse)  $\geq 20$  cm à 25 cm ;
- ✓ de rigidité ou limitation de la flèche =  $l/500$  ;
- ✓ de sécurité en matière d'incendie ;
  - 7 cm pour 1heure de coupe-feu ;
  - 11 cm pour 2heure de coupe-feu ;

#### 2.4.4.3 Ouvertures dans les dalles:

Elles sont nécessaires pour le passage :

- ✓ des conduits (fumées, ventilations) ;
- ✓ des ascenseurs ;
- ✓ des escaliers.

On peut distinguer deux types d'ouvertures :

- ✓ les ouvertures de faibles dimensions nécessitent :
  - la réservation de l'évidement (coffrage) ;
  - des aciers de renfort au pourtour de la réservation.

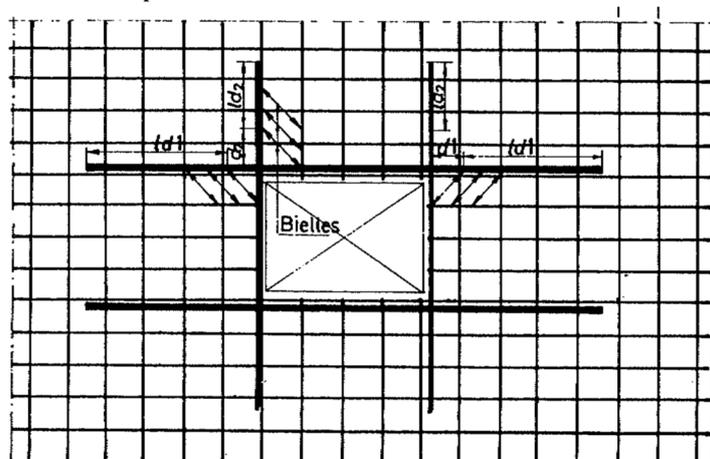


Figure N°35

- ✓ les ouvertures de grandes dimensions (trémies d'escalier) nécessitent à leurs pourtours, des poutres ou des nervures incorporées dans l'épaisseur.

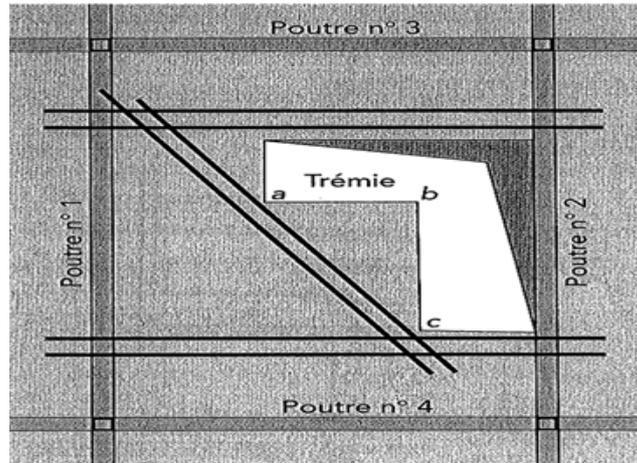


Figure N°36

### 2.4.5 Planchers champignons. Planchers-dalles

Les planchers champignons constitués par une dalle ne comportent pas des poutres sauf les périphériques. Cette dalle, d'épaisseur assez importante selon la portée et les surcharges, repose directement sur des piliers de forme pouvant être différente ; carrée, circulaire, hexagonale, octogonale, etc. Ces piliers sont élargis au sommet en forme de chapiteaux ou dits champignons qui peuvent être de dispositions et de dimensions très variées d'un pays à autre.

Pour des raisons de simplification et de moindre gêne à l'exploitation des bâtiments, les chapiteaux peuvent être supprimés et on a donc un plancher-dalle (figure 2.5). Dans ce cas, il faut prendre garde aux importants efforts de cisaillement existants à la périphérie des poteaux et qu'il faut équilibrer par un ferrailage approprié.

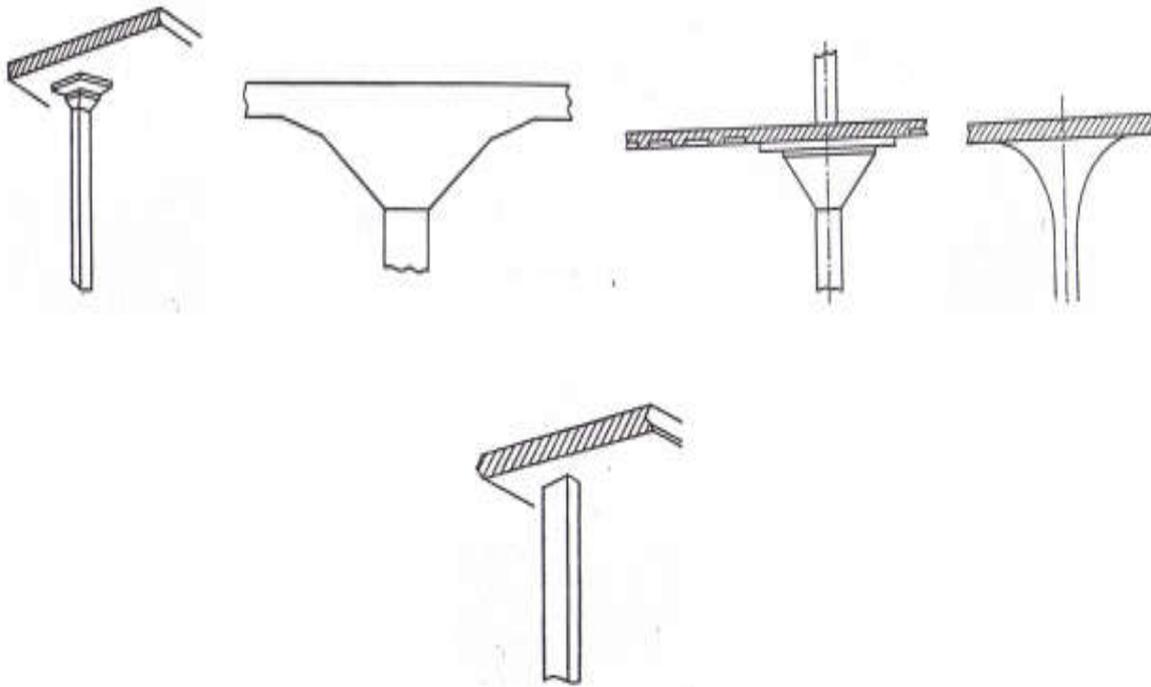


Figure N°37

### 2.4.6 Planchers nervurés

Les planchers nervurés se composent d'une dalle mince appelée hourdis d'épaisseur varie de 6 à 12 cm, selon la portée et les surcharges. Ce hourdis repose sur des nervures chargeant les poutres de contour. Les directions des nervures différencient les planchers nervurés en trois types.

- Planchers à nervures parallèles** ; leurs nervures sont des poutrelles parallèles ayant une hauteur constante et pouvant être plus ou moins écartées d'ordre de 0,40 à 4,00 m (figure N°38). Leur ferrailage est conforme à la figure N°39.
- Planchers à nervures orthogonales** ; leurs nervures sont des poutrelles croisées formant des caissons avec le hourdis et dont les panneaux sont des carrés ou des rectangles (figures 40 et 41). La distance entre les nervures varie de 2 à 6 m . Des petits panneaux donnent un ensemble moins lourd mais plus coûteux et plus long à construire.
- Planchers à nervures biaisés** ; leurs nervures sont, dans ce cas, disposées en biais, en formant aussi des caissons avec l'hourdis et dont les panneaux sont des carrés ou des losanges (figures N°42 et 43). les nervures sont toujours de hauteur constante.



Figure N° 38

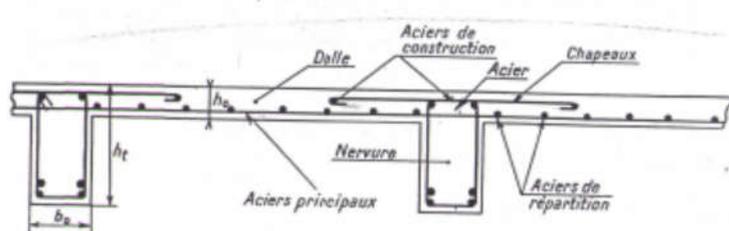


Figure N° 39

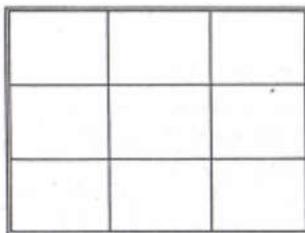


Figure N° 40



Figure N° 41

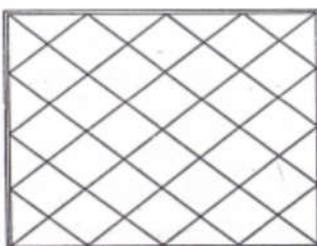


Figure N° 42

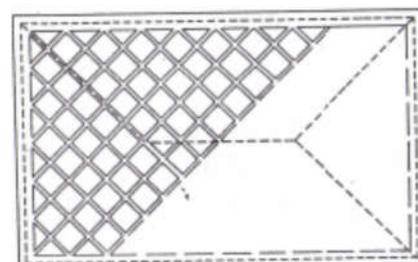


Figure N° 43

### 2.4.7 Planchers à poutrelles enrobées

Les planchers à poutrelles enrobées sont construits principalement par des profilés métalliques (IPN, HN, etc.) au lieu de des aciers ronds à béton armé (figure N°44). Ces éléments, qui présentent une inertie appréciable, peuvent donc augmenter considérablement l'inertie totale des planchers et permettent, par conséquent, de réduire la flèche. Les entrevous peuvent être réalisés soit par une dalle coulée sur place, soit par des corps creux soit par des dalles préfabriquées.

Dans ce type de planchers, le béton ne joue qu'un rôle de remplissage et la résistance est assurée par les profilées seuls. Si on voit que le plancher est épais, il est possible de réduire le poids mort en supprimant le béton entre poutrelles (figure N°45).

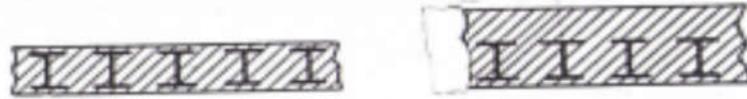


Figure N°44

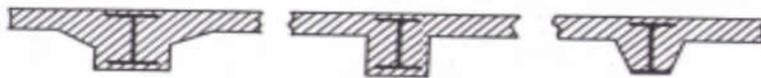
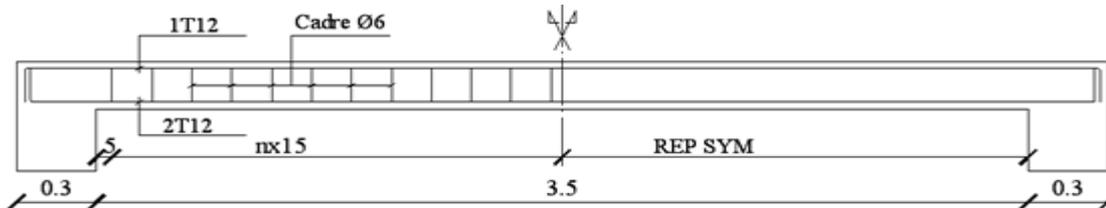


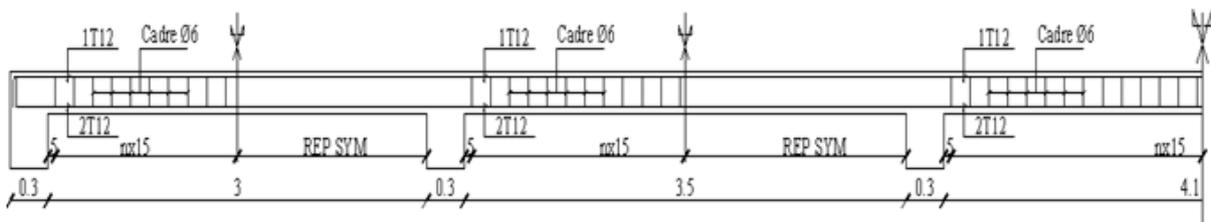
Figure N°45.

### 2.4.8 Présentation du ferrillage d'un plancher en corps creux :

#### NERVURE-1- TYPE (16+4)

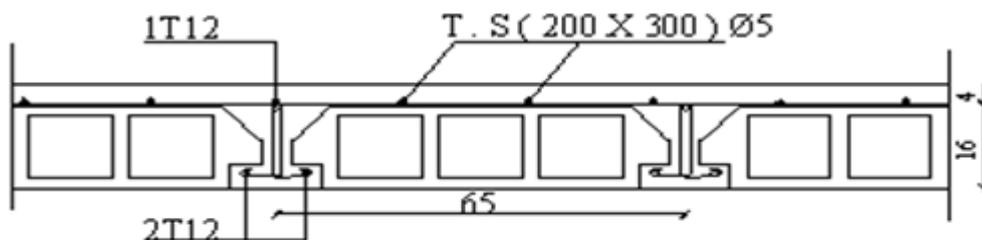


#### NERVURE-3- TYPE (16+4)



#### NERVURE TYPE PLANCHE (16+4)

VALABLE R.D.C et ETAGE COURANT



2.4.9 Présentation de ferrailage d'une dalle pleine :

