

## CHAPITRE 2

# CALCUL DES PORTIQUES EN BÉTON ARMÉ SOUS LES CHARGES VERTICALES

### 2.1 INTRODUCTION

### 2.2 RÉPARTITION DES CHARGES VERTICALES SUR LES TRAVERSES

### 2.3 CALCUL DES PORTIQUES PAR LA MÉTHODE DE CAQUOT

### 2.4 COMBINAISONS DES SOLLICITATIONS ET DÉTERMINATION DES MOMENTS MAX SUR APPUI DES POUTRES ET EN TRAVÉE



## 2.1 INTRODUCTION

Un portique est une structure constituée d'éléments appelés barres, c'est-à-dire dont les deux dimensions de la section transversale sont petites par rapport à la longueur. Ces barres sont appelées traverses ou poutres lorsqu'elles sont horizontales, montants ou poteaux lorsqu'elles sont verticales.

Pour ce type de construction (qui est relativement plus récent), il s'agit de réaliser des bâtiments à ossatures dans lesquelles les fonctions sont supposées assurées séparément :

- Fonction de résistance pour les portiques ;
- Fonction de clôture, de séparation, d'étanchéité et d'isolement pour les murs.

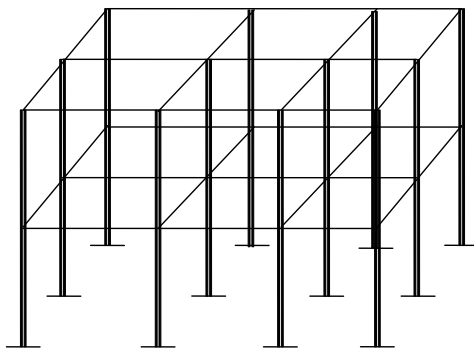
Donc de par sa construction, l'ossature doit assurer la tenue de l'ensemble qui est sollicitée par deux types de charges :

- Les charges verticales : poids propre de la construction, charge climatique (neige) et surcharges d'exploitation, qui empruntent le suivant cheminement : plancher - nervures – poutres - poteaux et finalement transmises au sous-sol par le biais des fondations.
- Les charges horizontales : elles sont dues au vent ou au séisme (entre autres)

Les éléments de l'ossature sont résistants dans les trois directions de l'espace. Les poteaux et les poutres sont encastres les uns aux autres pour assurer un ensemble monolithe rigide.

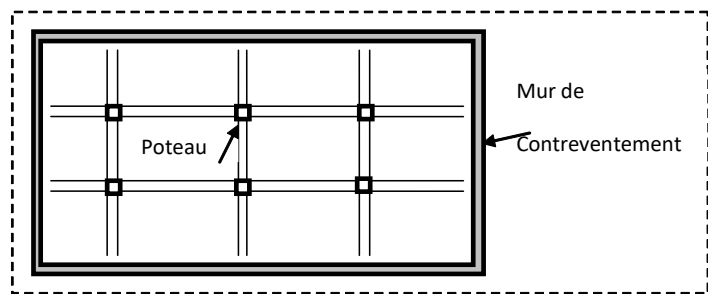
Différents types d'ossatures (à titre d'exemple)

Ossatures complètes



Ossatures : poteaux poutres (représentation 3D)

Ossatures réduites

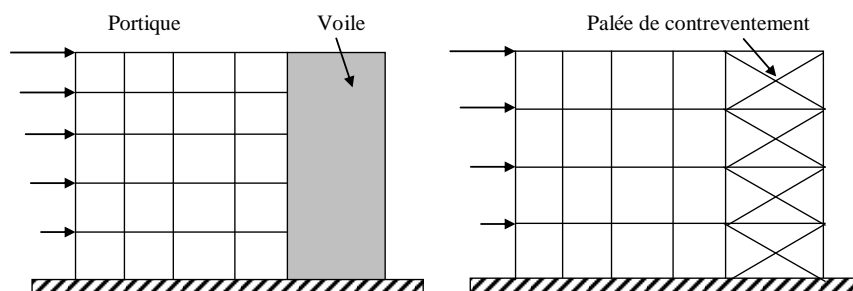


Ossatures spéciales :

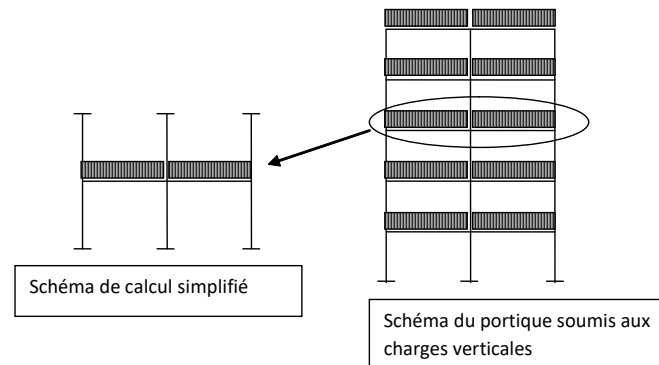
On peut classer les portiques en deux catégories :

- Les portiques à nœuds non *déplaçables* ; le contreventement (résistance aux charges horizontales) est assuré par des éléments rigides tels que voiles de contreventement, murs en maçonnerie armés ou palés de contreventement avec diagonales.

Ils peuvent être calculés sous les charges verticales seulement, avec un schéma de calcul simple. La présence de voiles rigides (ou palés de contreventement) empêche par le biais des planchers la libre déformation du portique.







- Les portiques à nœuds déplaçables reprenant directement les efforts horizontaux de vent ou de séisme. Dans ce cas le contreventement est assuré de façon onéreuse et avec des déplacements pas toujours compatibles avec les déformations que peuvent supporter les portiques sans désordre pour les remplissages.

Cette technique est utilisée pour la construction de la plupart des bâtiments (surtout pendant les dernières décennies) en Algérie. Elle consiste à exécuter en premier lieu, une ossature en béton armé (poteaux et planchers), capables de reprendre toutes les charges verticales puis à empêcher tout déplacement latéral de cette ossature en bloquant les poteaux et planchers par des remplissages en briques de terre cuite ou en parpaings creux de ciment. Ces remplissages qui constituent les façades, les murs de séparation dans les deux directions orthogonales interviennent (qu'on le veuille ou non) dans le système de contreventement. Il s'agit de cadres en béton armé avec des murs de remplissage en maçonnerie.

### Calcul des portiques sous charges verticales :

#### Méthodes de calcul des efforts internes :

Pour le calcul des moments de flexion dans le portique multiple étagé on dispose de différentes méthodes :

- Les méthodes modernes numériques : (basées sur les éléments finis (2D ou 3D) par exemple).

- Les méthodes classiques (pour les portiques plans) :

- Méthodes dites exactes (peuvent être automatisées) : ce sont les méthodes de calcul élastique de la R.D.M. elles sont rigoureuses. On en connaît un très grand nombre basé sur des principes de résolution différents : approximations successives ou itérations etc.... On y trouve par exemple la méthode des rotations ou celle de Hardy Cross qui est certainement une des plus pratiques. **Leur utilisation est laborieuse (fatigante), surtout pour un nombre d'étages élevé (sauf automatisation des calculs).**
- Méthodes approchées : basées sur des connaissances de la RDM et du matériau béton.
- Méthodes simplifiées : permettent des calculs rapides, elles sont inexactes. Mais pour certains cas, elles conduisent à des coefficients de sécurité suffisants et c'est l'essentiel pour une étude.

Ces méthodes (classiques ou "modernes") peuvent être utilisées tout en tenant compte des considérations suivantes :

- a- Faire des calculs exacts est souvent illusoire, car ces calculs négligent l'intervention des remplissages (maçonneries) qui changent au moins la répartition des charges sur les poutres et empêchent certaines déformations du portique.



- b- La variation du module d'élasticité du béton en fonction des contraintes qu'il supporte et du phénomène de fluage qui en découle. *Par conséquent, les moments élastiques maximaux diminuent avec le temps et au contraire, les moments minimaux augmentent (redistribution).*
- c- La mise en charge de la structure se fait progressivement (état d'avancement de l'édification), il en résulte dans les sections de béton une succession d'états de contraintes différents, si bien que l'état final peut être différent de l'état calculé en supposant implicitement une mise en charge totale instantanée.

*Ces différentes considérations font qu'un calcul exact d'une ossature courante de bâtiment n'offre qu'une sécurité illusoire (voire dangereuse).*

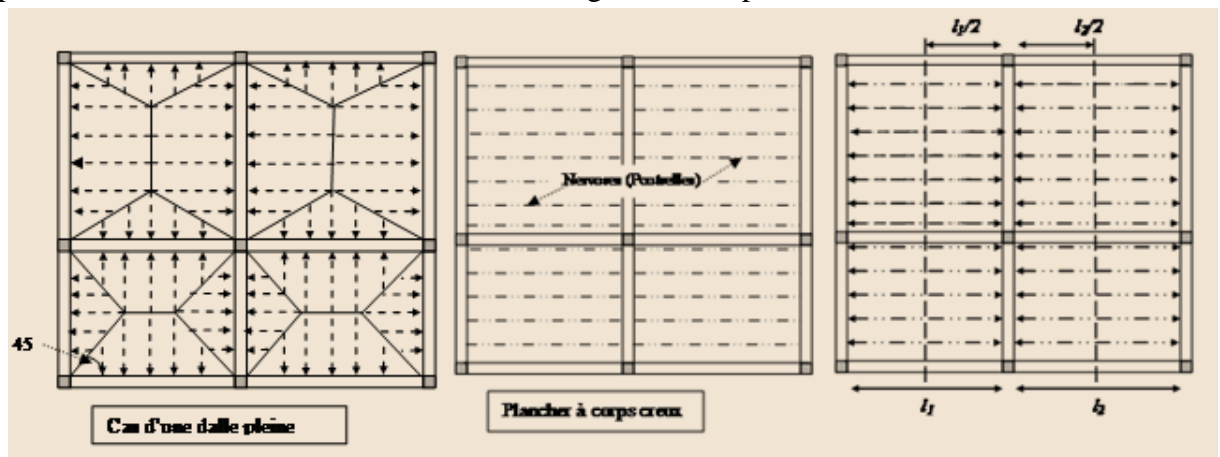
- Calcul plastique (calcul en capacité).

Les structures porteuses ductiles, très déformables dans les zones sollicitées plastiquement, présentent en général des avantages majeurs par rapport à des structures analogues de comportement fragile. La résistance ultime requise peut notamment être réduite, ce qui permet de réaliser des économies substantielles tout en augmentant, notablement, la résistance à l'effondrement.

La méthode du dimensionnement en capacité offre un procédé simple et efficace pour concevoir une structure porteuse ductile : on lui « impose » précisément où elle peut et doit se plastifier, et où cela lui est interdit. Il en résulte un mécanisme plastique favorable. Un dimensionnement en capacité exécuté dans les règles de l'art permet d'atteindre un niveau de sécurité élevé – et connu – contre l'effondrement.

## 2.2 RÉPARTITION DES CHARGES VERTICALES SUR LES TRAVERSES

On peut admettre la suivante distribution des charges vers les poutres.



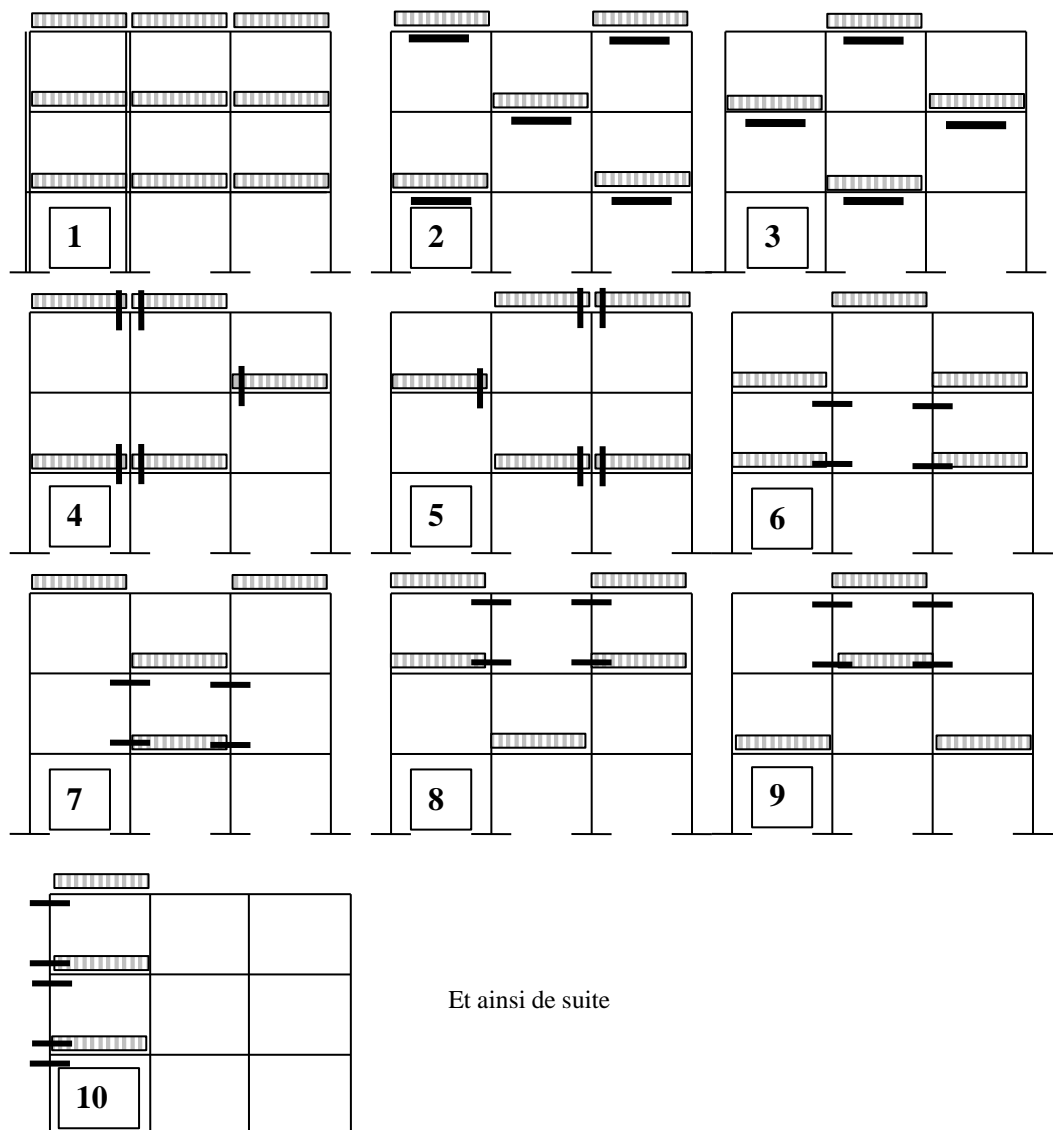
## 2.3 CALCUL DES PORTIQUES PAR LA MÉTHODE DE CAQUOT (VOIR ANNEXE)



## 2.4 COMBINAISONS DES SOLLICITATIONS ET DÉTERMINATION DES MOMENTS MAX SUR APPUI DES POUTRES ET EN TRAVÉE (VOIR ANNEXE)

À titre d'exemple prenons le cas (figure suivante) d'un portique étagé à trois travées et à trois niveaux.

Cas N°	
1	Hypothèse donnant les efforts axiaux Max dans les poteaux
2, 3	Hypothèse donnant les moments Max en travées chargées et Min en travée non chargées
4, 5	Hypothèse donnant les moments Max sur appuis (poutres)
6, 7	Hypothèse donnant les moments Max en poteaux (dans un sens puis dans l'autre)
8, 9	Hypothèse donnant les moments Max en poteaux (dans un sens puis dans l'autre)
10	Hypothèse donnant les moments Max en poteaux





**Descente de charges :**

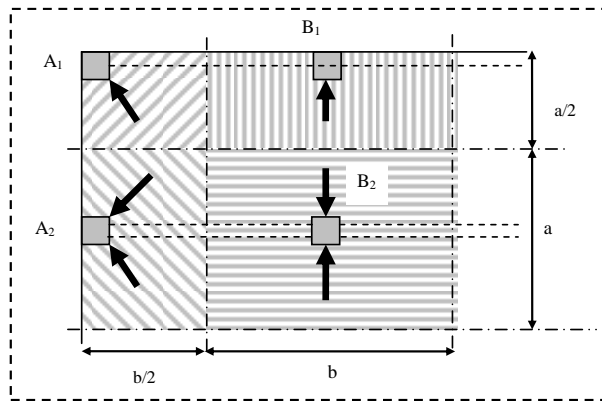
C'est l'opération qui consiste à évaluer pour tous les éléments porteurs de la construction, les charges (efforts normaux) qu'ils supportent au niveau de chaque étage jusqu'aux fondations. Cette évaluation permet le dimensionnement des poteaux, des appuis et des fondations.

Un calcul rigoureux ne peut être fait qu'après avoir effectué le calcul des poutres, puisque, les efforts tranchants aux extrémités de celles-ci dépendent des moments. Les calculs pratiques sont faits en admettant que les poutres reposent en appuis simples sur les poteaux. Cette façon de faire sous-estime un peu la charge des poteaux centraux, mais par contre surcharge un peu les poteaux de rives. On peut en tenir compte d'une façon admissible en majorant la charge sur les poteaux centraux de 10 à 15 % et en minorant celle des poteaux de rives de 5 à 10 %.

Exemple :

Surfaces affectées aux divers poteaux :

- Poteau A<sub>1</sub> :  $\frac{a}{2} \cdot \frac{b}{2}$       - poteau A<sub>2</sub> :  $2 \left( \frac{a}{2} \cdot \frac{b}{2} \right)$
- Poteau B<sub>1</sub> :  $\frac{a}{2} \times b$       - poteau B<sub>2</sub> :  $2 \frac{a}{2} b$



**Quelques valeurs des charges permanentes :** Elles résultent du poids volumique des matériaux mis en œuvre ou d'équipements fixes. À titre d'exemple on a :

Béton armé : 24 à 25 kN/m<sup>3</sup>

Béton banché : 22 à 23 kN/m<sup>3</sup>

Parpaing creux de remplissage : 11.5 kN/m<sup>3</sup>

Brique creuse : 11 à 13 kN/m<sup>3</sup>

Brique pleine : 18 kN/m<sup>3</sup>

Plâtre : 14 kN/m<sup>3</sup>

Gravillon de protection d'étanchéité : 15 kN/m<sup>3</sup>

Asphalte : 22 kN/m<sup>3</sup>

Enduit mortier : 20-22 kN/m<sup>3</sup>

Chape en mortier de ciment : 20-22 kN/m<sup>3</sup>.

Plancher à corps creux :

12+4 = 2.5 – 2.6 kN/m<sup>2</sup>

16+4 = 2.75 – 2.85 kN/m<sup>2</sup>

20+4 = 3.1 – 3.3 kN/m<sup>2</sup>

25+5 = 3.6 – 4 kN/m<sup>2</sup>

**Charges variables : (DTRB.C.2.2) à consulter.**

Terrasse :

Non accessible (sauf entretien) : 1kN/m<sup>2</sup>

Accessibles mais privée : 1.75 kN/m<sup>2</sup>

Accessibles au public : 5 kN/m<sup>2</sup>

Habitations :

Plancher : 1.5 kN/m<sup>2</sup>

Escaliers et corridors : 2.5 kN/m<sup>2</sup>

Balcons : 3.5 kN/m<sup>2</sup>

Bureaux :

Planchers : 2.5 kN/m<sup>2</sup>

Escaliers et corridors : 2.5 kN/m<sup>2</sup>

Halls et guichets : 4.0 kN/m<sup>2</sup>



Hôpitaux :

Planchers pour chambre individuelles : 2.5 kN/m<sup>2</sup>

Escaliers et corridors : 4 kN/m<sup>2</sup>

Balcons : 4 kN/m<sup>2</sup>

Salles communes : 4 kN/m<sup>2</sup>

Écoles :

Salles de classe : 2.5 kN/m<sup>2</sup>

Escaliers, corridors et préaux : 4 kN/m<sup>2</sup>

Boutiques et magasins de vente :

Boutiques normales : 4 kN/m<sup>2</sup>

Grands magasins : 5 kN/m<sup>2</sup>

Salles de spectacle et lieux publics : 5 kN/m<sup>2</sup>

**Loi de dégression** (Document technique réglementaire : DTR.BC.2.2 page16)

Pour tenir compte de la non-simultanéité de chargement de tous les niveaux d'un bâtiment en exploitation, on peut s'autoriser une dégression des charges variables.

Soit  $Q_0$  la charge d'exploitation sur le toit ou la terrasse couvrant le bâtiment,  $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$  les charges d'exploitation respectives des planchers des étages 1, 2, ..., n numérotés à partir du sommet du bâtiment.

On adoptera pour le calcul des points d'appuis les charges d'exploitation suivantes :

Le coefficient  $\frac{3+n}{2n}$  étant valable pour  $n \geq 5$ .

Si la charge d'exploitation d'étage est la même on aura pour le toit (terrasse)  $Q_0$  pour le dernier étage on ajoute  $Q$  puis en réduisant de 10 % par étage jusqu'à  $0.50 Q$ , valeur conservée pour les étages inférieurs.

