



Département de Génie Civil

Mémoire de Master en Génie Civil

THEME

**Etude technico-économique de deux systèmes  
constructifs d'un bâtiment en 5ss+R+11**

LOUNIS Mohamed

Sous la direction de M R.BOUTEMEUR M.A.A à L'école Nationale Polytechnique

Présentée et soutenue publiquement le (21/06/2017)

**Composition du Jury :**

Présidente :	Mme R. MITTICHE-KETTAB	Professeur	Ecole Nationale Polytechnique
Promoteur	M R.BOUTEMEUR	M.A.A	Ecole Nationale Polytechnique
Examinatrice :	Mme N.BAUCHE	M.A.A	Ecole Nationale Polytechnique
Examineur :	M M.DEMIDEM	M.A.A	Ecole Nationale Polytechnique



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Département de Génie Civil

Mémoire de Master en Génie Civil

THEME

**Etude technico-économique de deux systèmes  
constructifs d'un bâtiment en 5ss+R+11**

LOUNIS Mohamed

Sous la direction de M R.BOUTEMEUR M.A.A à L'école Nationale Polytechnique

Présentée et soutenue publiquement le (21/06/2017)

**Composition du Jury :**

Présidente :	Mme R. MITTICHE-KETTAB	Professeur	Ecole Nationale Polytechnique
Promoteur	M R.BOUTEMEUR	M.A.A	Ecole Nationale Polytechnique
Examinatrice :	Mme N.BAUCHE	M.A.A	Ecole Nationale Polytechnique
Examineur :	M M.DEMIDEM	M.A.A	Ecole Nationale Polytechnique

ENP 2017

## *Dédicace*

*J'ai le plaisir de dédier ce travail à tous ceux qui de près ou de loin  
m'ont aidé à sa réalisation.*

*A mes chers parents ...  
Pour leur générosité et leur présence permanentes.*

*A ma famille ...*

*A Omar Belbahhar  
Pour son aide et son soutien durant toute cette période de préparation  
de projet.*

*A tous amis ...*

*Lounis Mohamed*

# *Remerciements*

Tout d'abord, merci à Dieu, le Clément, le Miséricordieux de nous avoir donné la force et le courage de mener à bien cette modeste étude.

Je tiens à présenter mes plus vifs remerciements à M Sami KHELIFA et M Mehdi MERZOUGUI (Ingénieurs de BESSA Promotion).

Mes remerciements à M R.BOUTEMEUR pour avoir suivis et dirigés ce projet avec patience.

Je voudrais aussi remercier tous les professeurs qui ont contribué à ma formation à l'ENP.

Je ne saurais oublier mes amis de la promotion, pour le temps qu'ils m'ont consacré par leur disponibilité et leurs encouragements, et tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à notre travail et à l'élaboration de ce projet.

## ملخص:

إن الهدف من هذا العمل هو الدراسة التقنية و الاقتصادية لحلين مختلفين للبناء لمنشأة من الخرسانة المسلحة تتكون من 5 طوابق تحت الأرض، طابق أرضي وأحد عشر طابق سكني. الحلين المعنيين بالدراسة هما حل متكون من أعمدة، عارضات و جدران، و حل اخر متكون من جدران حاملة و أرضيات من الخرسانة المسلحة. الدراسة الديناميكية تمت بواسطة برنامج ETABS 2013 وفقا للقوانين والمعايير المطبقة في الجزائر (RPA99/2003).

**الكلمات الدالة:** دراسة تقنية و اقتصادية، خرسانة مسلحة، جدران حاملة، أعمدة، عارضات، أرضيات، كلفة.

## Abstract:

The main purpose of this work is to provide a technical and economical analysis of two construction systems for a reinforced concrete building which is composed of 5 underground basements, a ground floor, and eleven stories.

The two systems analyzed are the system of columns, beams and shear walls, and the system of load-bearing shear walls and slabs.

The technical analysis has been realized by ETABS 2013 computer program according to the earthquake codes applied (RPA99/2003).

**Key words:** technical and economical analysis, Reinforced concrete, Load-bearing shear walls, Columns, Beams, slabs, cost.

## Résumé :

L'objectif de ce mémoire est l'étude technico-économique de deux systèmes de constructions d'un bâtiment en béton armé, composé de 5 sous-sols, un rez-de-chaussée et onze étages d'habitation.

Les deux systèmes analysés sont le système en portiques et voiles et le système en voiles et dalles.

L'étude technique a été réalisée avec l'aide du logiciel ETABS2013 conformément aux règlements parasismiques en vigueur (RPA99/2003).

**Mots clés :** Etude technico-économique, Béton armé, Voiles porteurs, Poteaux, Dalles, Coût.

# TABLE DES MATIERES

Liste des tableaux.

Liste des figures.

Introduction générale.....11

## Chapitre1 : Présentation du projet

1.1. Introduction. ....13

1.2. Présentation du projet. ....15

1.3. Présentation du bâtiment. ....15

    1.3.1. Dimensions en plan.....16

    1.3.2. Dimensions en élévation.....16

1.4. Présentation des deux systèmes constructifs.....16

1.5. Conclusion. ....19

## Chapitre2 : Pré dimensionnement des éléments structuraux des deux systèmes constructifs

2.1. Introduction. ....21

2.2. Pré dimensionnement les éléments structuraux du premier système constructif..... 21

    2.2.1. Planchers.....21

    2.2.2. Poutres.....22

    2.2.3. Poteaux.....22

    2.2.4. Voiles.....23

2.3. Pré dimensionnement les éléments structuraux du deuxième système constructif.....24

    2.3.1. Planchers.....24

    2.3.2. Voiles.....24

## Chapitre3 : Etude technique des deux systèmes

3.1. Introduction.....26

3.2. Méthodologie de l'étude. ....26

3.3. Modélisation de la structure.....26

3.4. Analyse modale.....28

3.5. Calcul sismique de la structure.....29

3.5.1. Vérification de l'effort tranchant à la base.....	29
3.5.2. Vérification vis à vis des déformations.....	30
3.5.3. Vérification de l'effet P- $\Delta$ .....	32
3.5.4. Vérification de la stabilité au renversement .....	34
3.6. Conclusion.....	35

#### **Chapitre4 : Coffrage outil des deux systèmes constructifs**

4.1. Introduction. ....	37
4.2. Coffrage outil du premier système constructif.....	37
4.2.1. Coffrage modulaire.....	37
4.2.2. Eléments du coffrage modulaire.....	38
4.2.3. Coffrage de dalles.....	38
4.3. Coffrage outil du deuxième système constructif.....	38
4.3.1. Les banches .....	38
4.3.2. Tables.....	40

#### **Chapitre5 : Etude économique des deux systèmes constructifs**

5.1. Introduction. ....	43
5.2. Quantité des matériaux pour le premier système constructif (Portique et voile avec corps creux).....	43
5.2.1. Volume du béton armé pour les voiles .....	43
5.2.2. Volume du béton armé pour les poteaux.....	43
5.2.3. Volume du béton armé pour les poutres.....	44
5.2.4. Surface du plancher à corps creux.....	44
5.2.5. Surface des balcons.....	44
5.2.6. Surface des cloisons de séparations et murs extérieurs.....	44
5.3. Quantité des matériaux pour le deuxième système constructif (voiles et dalles). ....	45
5.3.1. Volume du béton armé pour les voiles.....	45
5.3.2. Surface du plancher à dalle pleine.....	45
5.3.3. Surface des balcons.....	45
5.3.4. Surface des cloisons de séparations et murs extérieurs.....	46



5.4. Devis quantitatif et estimatif du premier système constructif.....	46
5.5. Devis quantitatif et estimatifs du deuxième système constructif.....	47
5.6. Devis quantitatif et estimatifs du premier système constructif pour la structure entière.....	48
5.7. Devis quantitatif et estimatifs du deuxième système constructif pour la structure entière.....	48
5.8. Conclusion.....	49
<b>Chapitre6 : Choix du système constructif.</b>	
6.1. Introduction.....	51
6.2. L'exécution et réalisation.....	51
6.3. L'esthétique et aménagement intérieur.....	51
6.4. L'économie.....	52
6.5. Conclusion.....	52
<b>Conclusion Générale.....</b>	<b>54</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>56</b>

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1 : Pré dimensionnement des poteaux. ....	23
Tableau 2.2 : Pré dimensionnement des voiles dans le premier système constructif.....	24
Tableau 2.3 : Pré dimensionnement des voiles dans le deuxième système constructif.....	24
Tableau 3.1 : Mode de vibration de la 1ere variante.....	28
Tableau 3.2 : Mode de vibration de la 2eme variante.....	28
Tableau 3.3 : Paramètres de période fondamentale.....	29
Tableau 3.4 : Facteurs de la force sismique à la base pour les deux systèmes.....	30
Tableau 3.5 : Vérification de l'effort tranchant à la base pour les structures des deux systèmes.....	30
Tableau 3.6 : Valeurs des déplacements relatifs de la variante1.....	31
Tableau 3.7 : Valeurs des déplacements relatifs de la variante2.....	32
Tableau 3.8 : justification vis-à-vis de l'effet P- $\Delta$ – direction X-X et Y-Y-Variante1.....	33
Tableau 3.9 : justification vis-à-vis de l'effet P- $\Delta$ – direction X-X et Y-Y-Variante2.....	33
Tableau 3.10 : Vérification au renversement pour les deux systèmes.....	35
Tableau 5.1 : Devis quantitatif et estimatif du premier système constructif pour un seul niveau.....	46
Tableau 5.2 : Devis quantitatif et estimatifs du deuxième système constructif pour un seul niveau...	47
Tableau 5.3 : Devis quantitatif et estimatifs du premier système constructif pour la structure entière.....	48
Tableau 5.1 : Devis quantitatif et estimatifs du deuxième système constructif pour la structure entière.....	48

## LISTE DES FIGURES

Figure 1.1: Structure mixte avec des voiles couplés à des portiques.....	14
Figure 1.2: Structure à noyau central.....	14
Figure 1.3: Structures uniquement à voiles porteurs.....	14
Figure 1.4 : Plan de masse du projet.....	15
Figure 1.5 : Plan d'architecture d'un étage courant selon le 1 <sup>er</sup> système constructif.....	17
Figure 1.6 : Plan d'architecture d'un étage courant selon le 2 <sup>ème</sup> système constructif.....	18
Figure 2.1 : Condition sur l'épaisseur du voile.....	23
Figure 3.1 : Modèle numérique de la structure sous le 1 <sup>er</sup> système constructif.....	27
Figure 3.2 : Modèle numérique de la structure sous le 2 <sup>ème</sup> système constructif.....	27
Figure 4.1 : Coffrage modulaire.....	37
Figure 4.2 : Coffrage des voiles en banche.....	39
Figure 4.3 : Coffrage d'une dalle avec table.....	40



# **Introduction Générale**

---

## Introduction Générale

---

Vue la crise économique que connaît le pays à cause de la baisse du cours du baril, et le besoin incessant de construire des logements, des nouvelles techniques de construction s'imposent aujourd'hui, ces nouvelles techniques doivent satisfaire tous les exigences non seulement en terme de stabilité et de résistance mais aussi en terme d'économie et de rentabilité. Avant d'envisager d'appliquer n'importe quel technique différente, il faut bien étudier l'aspect économique de celle-ci surtout dans la conjoncture difficile que vit actuellement notre pays.

C'est dans cette voie que le travail suivant a eu lieu, il s'agit d'une étude technico-économique de deux systèmes constructifs d'un immeuble en 5 sous-sols avec un rez-de-chaussée et onze étages d'habitation, le premier c'est le système un peu classique constitué de portiques et de voiles avec des planchers en corps creux, le deuxième système plus récent en Algérie constitué seulement de voiles et de dalles.

Le présent rapport est constitué de six chapitres, on commence, dans le premier chapitre, par une présentation du projet et de l'ouvrage sur lequel cette étude sera faite, et on introduit aussi les deux systèmes de construction objets de la comparaison.

Le chapitre 2 concerne le pré dimensionnement des éléments structuraux des deux systèmes à savoir les poteaux, les poutres, les voiles et les planchers.

Le chapitre 3 est consacré à l'étude technique des deux systèmes, il s'agit de faire une modélisation du bâtiment sous les deux systèmes, afin de tirer les caractéristiques dynamiques de chacun d'eux et vérifier les conditions de stabilité et de résistance nécessaires selon les règlements en vigueur.

On passe ensuite au chapitre 4 entièrement consacré aux coffrages utilisés pour chacun des deux systèmes de construction.

Le chapitre 5 considéré comme le plus important pour cette mémoire, est dédié à l'étude économique des deux systèmes, en estimant les quantités des matériaux pour chaque variante et en établissant des devis quantitatifs et estimatifs pour arriver à déterminer le système le plus économique.

Dans le chapitre 6 on citera les autres paramètres qui peuvent influencer le choix final du système constructif.

A la fin, on va conclure par une recommandation sur le système jugé comme le meilleur parmi les deux après considération de tous les critères.



# **Chapitre 1**

---

## **Présentation du projet**

**1.1. Introduction.**

**1.2. Présentation du projet.**

**1.3. Présentation du bâtiment.**

**1.4. Présentation des deux systèmes constructifs.**

**1.5. Conclusion.**

## 1.1. Introduction

L'évolution technologique dans le domaine du génie civil notamment l'apparition des nouveaux types de coffrage à pousser vers un grand progrès dans les méthodes de réalisation des immeubles.

Désormais on peut construire plus haut et plus grand sans se soucier des problèmes de la stabilité et de la résistance et cela grâce aux voiles (murs porteur) en béton armé, qui présentent une grande résistance et une grande rigidité aussi bien pour les charges horizontales (séisme ou vent) que pour les charges verticales. 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 :

- 1) Structures mixtes avec des murs porteurs associés à des portiques (portiques et voiles),
- 2) Structures à noyau central,
- 3) Structures uniquement à murs porteurs (voiles et dalles).

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 1.1. Il faut souligner que dans ce système constructif les voiles peuvent participer à la reprise des charges verticales comme les portiques peuvent contribuer aussi dans la stabilité vis-à-vis des charges horizontales avec des pourcentages dans les deux cas qui diffèrent d'un système à un autre.

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 1.2.

Dans le 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 1.3 fait apparaître ce système constructif.

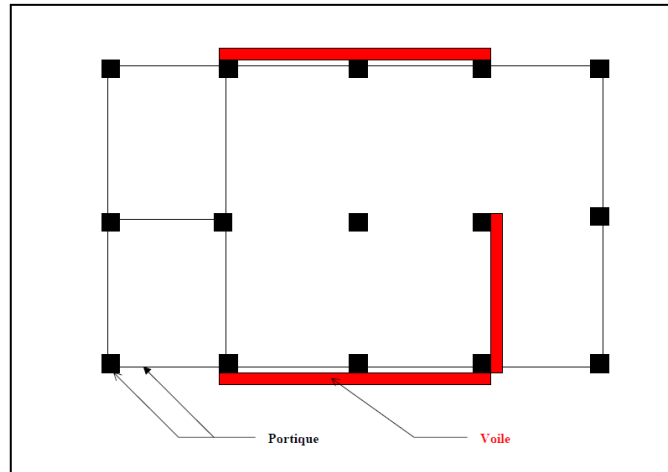


Figure 1.1: Structure mixte avec des voiles couplés à des portiques

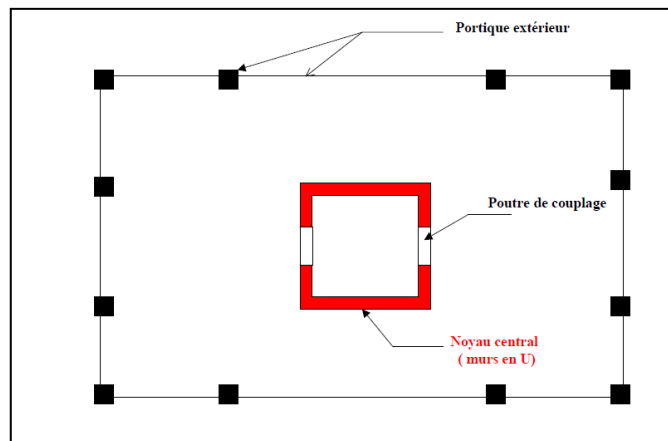


Figure 1.2: Structure à noyau central

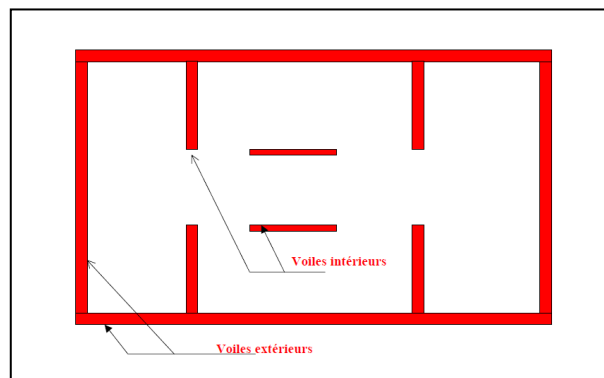


Figure 1.3: Structures uniquement à voiles porteurs



## 1.2. Présentation du projet :

Dans le cadre d'un projet immobilier promotionnel d'habitation constitué de plusieurs blocs, un bloc 5ss+R+11 étages à été choisi pour être l'objet d'une étude technico-économique entre deux systèmes constructifs pour ce même bloc.

Le projet en question sera implanté dans la ville de BIR KHADEM wilaya d'ALGER. Ce projet appartenant à un promoteur privé envisage la réalisation de plus de 600 appartements de haut standing avec toutes les commodités comme une salle de sport, piscine, école privé une mosquée. Le site de ce projet est classé en **Zone III** (une zone de sismicité élevée), avec un sol d'assise meuble **S3** (résultats laboratoire national de l'habitat et la construction **L.N.C.C** unité de KOLEA).



Figure 1.4 : Plan de masse du projet

## 1.3. Présentation du bâtiment

Le bâtiment concerné par cette étude est celui indiqué par la flèche dans la figure 1.4, il comporte 17 niveaux (5ss+R+11) à usage d'habitation répartis comme suit :

- Les 5 sous-sols et le rez-de-chaussée réservés aux locaux techniques et au parking.
- Les onze étages sont à usage d'habitation.

### 1.3.1. Dimensions en plan

Le bâtiment étudié présente une irrégularité en plan et en élévation. Les dimensions en plan sont :

- Longueur totale du bâtiment : 23.45m
- Largeur totale du bâtiment : 23.00m

Pour des raisons de simplicité, on a décidé de considérer la partie de l'esplanade propre à ce bâtiment comme un bloc indépendant séparé avec un joint parasismique, et d'envisager un mur de soutènement près de la structure au lieu d'un voile périphérique.

### 1.3.2. Dimensions en élévation

Les dimensions en élévation sont :

- Hauteur d'étage.....3.40m
- Hauteur totale du bâtiment.....57.80m

## 1.4. Présentation des deux systèmes constructifs

La structure du bâtiment a été conçue à la base en portiques et voiles (avec des planchers en corps creux) comme système structurel, l'enjeu était de :

- Transformer le système de la structure en un système en voiles et dalles (voiles porteurs) sans apporter des modifications sur l'architecture proposée.
- Faire une étude technique des deux systèmes.
- et puis par la suite faire une étude économique qui compare entre les deux.

Pour tout ce qui suit on désigne par :

- 1<sup>er</sup> système constructif (1<sup>ère</sup> variante): **système en portiques et voiles**

Dans ce cas le système est constitué de :

- Des portiques (poteaux et poutres) associées avec des voiles pour assurer la stabilité vis-à-vis des charges verticales et horizontales.
- Des planchers qui seront comme suit :
  - Dalle pleine en BA aux niveaux des sous-sols 5, 4,3, 2 et 1.
  - Plancher corps creux pour les étages courant et la terrasse.
  - Dalle pleine pour les balcons.

Le plan d'architecture pour un étage courant est illustré dans la figure suivante :

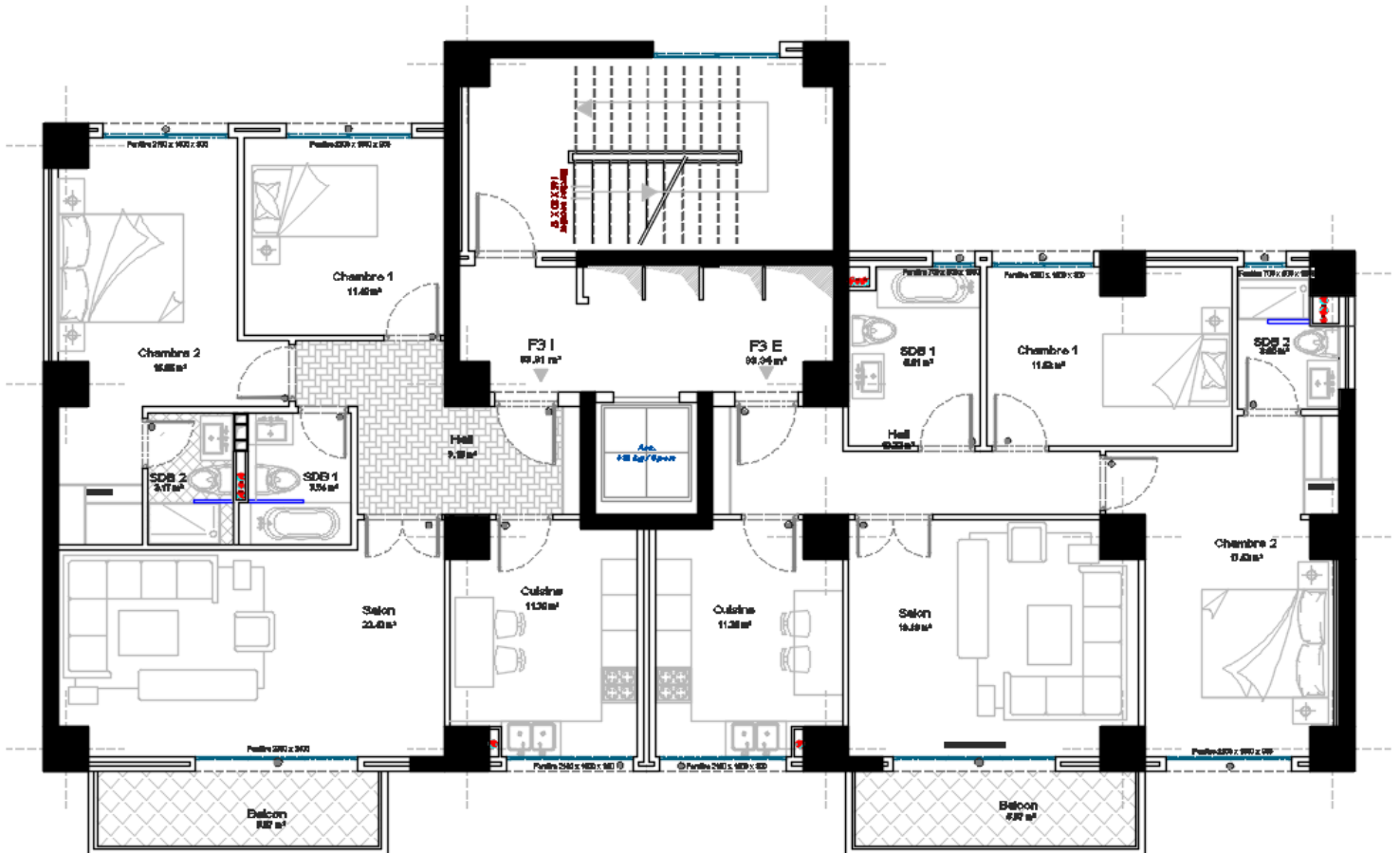


Figure 1.5 : Plan d'architecture d'un étage courant selon le 1<sup>er</sup> système constructif

➤ 2<sup>ème</sup> système constructif (2<sup>ème</sup> variante) : **système en voiles et dalles**

Ce système est constitué de :

- Des voiles uniquement qui garantissent en même temps la stabilité vis-à-vis la charges verticales et horizontales
- Des planchers qui seront tous en dalles pleines pour tous les niveaux

La figure suivante fait apparaitre ce système à travers a un plan d'architecture du même niveau que celui du premier système.

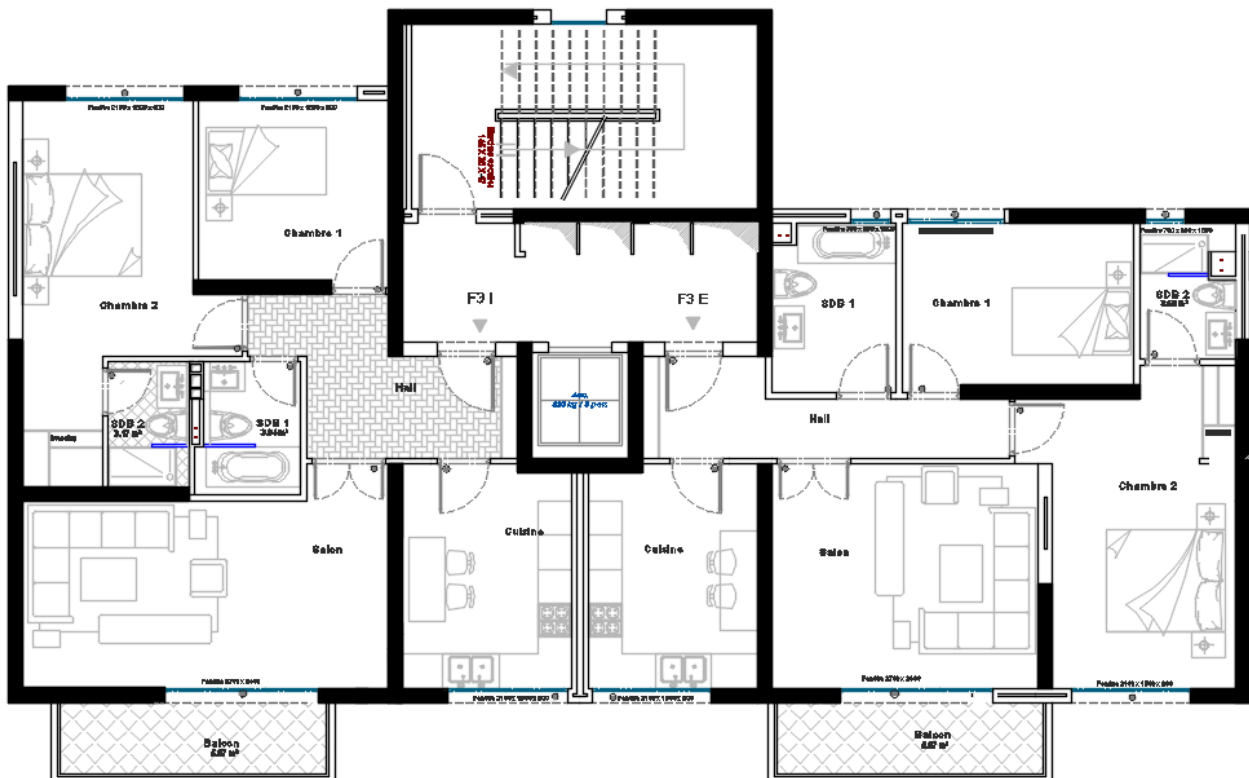


Figure 1.6 : Plan d'architecture d'un étage courant selon le 2<sup>ème</sup> système constructif

### 1.5. Conclusion

Selon les règles parasismiques algériennes, les deux systèmes constructifs sont considérés comme des systèmes avec un contreventement par des voiles porteurs du fait que les voiles participent dans la reprise des charges verticales de plus de 20% dans les deux cas.

L'étude technico économique sera faite pour les deux systèmes constructifs pour le même bâtiment :

- 1<sup>er</sup> système constructif: système en portiques et voiles.
- 2<sup>eme</sup> système constructif : système en voiles et dalles pleines.



## **Chapitre 2**

---

### **Pré dimensionnement des éléments structuraux**

#### **Des deux systèmes constructifs**

**2.1. Introduction.**

**2.2. Pré dimensionnement les éléments structuraux du premier système constructif.**

**2.3. Pré dimensionnement les éléments structuraux du deuxième système constructif.**

## 2.1. Introduction :

Le but de ce chapitre est de faire un pré dimensionnement des éléments structuraux des deux systèmes constructifs afin de pouvoir faire une modélisation de la structure selon les deux systèmes et faire l'étude économique par la suite.

## 2.2. Pré dimensionnement les éléments structuraux du premier système constructif :

### 2.2.1. Planchers

Dans ce cas du système on a opté pour deux types de plancher :

- Plancher à corps creux pour les étages courants.
- Plancher à dalle pleine pour les sous-sols.

L'épaisseur du plancher à corps creux est déterminée à partir de la condition de rigidité (limitation de la flèche) donné par le CBA 93 article B.6.8.4.2.4:

$$\frac{h}{L} \geq \frac{1}{22.5}$$

Avec : L : plus grande portée entre nus dans le sens des poutrelles.

h : hauteur totale du plancher.

L'épaisseur choisie pour les dalles pleines doit satisfaire les conditions suivantes :

- **Condition de résistance au feu :**

La condition de résistance au feu pour le choix de l'épaisseur s'exprime comme ce qui suit

$e = 7$  cm pour 1 heure de coupe-feu

$e = 11$  cm pour 2 heures de coupe-feu

$e = 17.5$  cm pour 4 heures de coupe-feu

- **Isolation phonique:**

Selon les règles de calcul du béton armé CBA93, l'épaisseur du plancher, si nous voulons obtenir une bonne isolation acoustique, doit être supérieure ou égale à 13 cm.

- **Résistance à la flexion :**

Dalle reposant sur deux appuis :  $L/35 \leq e \leq L/30$

Dalle reposant sur 4 appuis:  $L/50 \leq e \leq L/40$

Où L : portée maximale

- **Condition de déformation :**

La limitation de la flèche ( $f_{\max} \leq f_{\text{adm}}$ ) ou condition de déformation permet d'admettre :

$$L/25 \leq e \leq L/20$$

Pour satisfaire toutes les conditions mentionnées au dessus on choisit :

- Un plancher à corps creux de 16+5 cm.
- Une dalle pleine de 20cm.
- Plancher à dalle pleine de 15 cm pour les balcons

### 2.2.2. Poutres

Le pré dimensionnement des poutres est effectué pour la plus grande portée de poutre à l'aide des formules suivantes :

$$\frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10}$$

$$0.4 h \leq b \leq 0.7 h$$

Où :

L = plus grande portée entre axes

h = hauteur de la poutre

b = largeur de la poutre

Les dimensions h et b choisies devront être supérieures aux valeurs minimales réglementaires. Le RPA99 version 2003 exige pour les poutres, de respecter les dimensions suivantes :

- $b \geq 20$  cm
- $h \geq 30$  cm
- $h/b \leq 4$

Les sections des poutres choisies sont comme suit :

- Des poutres longitudinales 40x60 cm
- Des poutres Transversales 30x50 cm

### 2.2.3. Poteaux

Les poteaux sont près dimensionnés sous l'effet des charges verticales uniquement à l'aide d'une descente de charges et en respectant la condition de l'effort normal ultime de l'article B.8.4.1 du CBA 93. Le tableau ci-dessous récapitule les sections adoptées pour les poteaux.



**Tableau 2.1 : Pré dimensionnement des poteaux.**

Niveau	Section (cm <sup>2</sup> )
Sous-sol 5, Sous-sol 4, Sous-sol 3, Sous-sol 2 Sous-sol 1, RDC.	80x80
1 <sup>er</sup> étage, 2 <sup>eme</sup> étage, 3 <sup>eme</sup> étage	70x70
4 <sup>eme</sup> étage, 5 <sup>eme</sup> étage, 6 <sup>eme</sup> étage	60x60
7 <sup>eme</sup> étage, 8 <sup>eme</sup> étage, 9 <sup>eme</sup> étage	50x50
10 <sup>eme</sup> étage, 11 <sup>eme</sup> étage	40x40

### 2.2.4. Voiles

Ils sont considérés comme voiles, les éléments satisfaisant la condition :

$$L \geq 4e$$

$l$  : longueur du voile.

$e$  : épaisseur du voile.

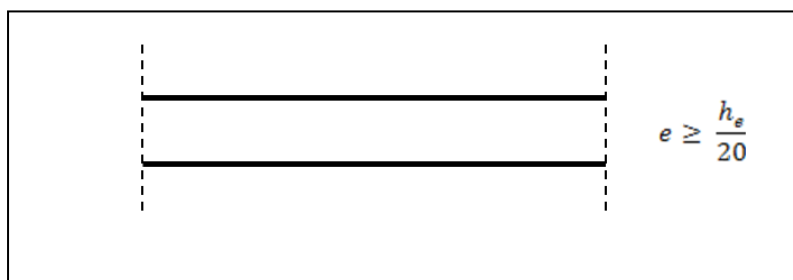
Tous les voiles dans le premier système constructif étudié sont à about libre pas d'ouverture envisagée.

Selon l'article 7.7.1 du RPA99/version 2003 :

Pour les voiles à abouts libre :

$$\left\{ \begin{array}{l} e \geq 15 \text{ cm} \\ e \geq \frac{h_e}{20} = \frac{3.4}{20} = 17 \text{ cm} \end{array} \right.$$

On adopte une épaisseur minimale des voiles de 20cm.



**Figure 2.1 : Condition sur l'épaisseur du voile**

Le tableau ci-dessous récapitule les épaisseurs adoptées pour les voiles.

**Tableau 2.2 : Pré dimensionnement des voiles dans le premier système constructif**

Niveau	Epaisseur [cm]
Sous-sol 5, Sous-sol 4, Sous-sol 3, Sous-sol 2 Sous-sol 1, RDC.	30
1 <sup>er</sup> étage, 2 <sup>eme</sup> étage, 3 <sup>eme</sup> étage	25
4 <sup>eme</sup> étage, 5 <sup>eme</sup> étage, 6 <sup>eme</sup> étage, 7 <sup>eme</sup> étage, 8 <sup>eme</sup> étage, 9 <sup>eme</sup> étage, 10 <sup>eme</sup> étage, 11 <sup>eme</sup> étage	20

### 2.3. Pré dimensionnement les éléments structuraux du deuxième système constructif :

#### 2.3.1. Planchers

Afin de satisfaire les conditions mentionnées dans le paragraphe 2.2.1 le choix des épaisseurs des dalles pleines est comme suit :

- Plancher à dalle pleine de 20 cm pour les étages courants.
- Plancher à dalle pleine de 20cm pour les sous-sols.
- Plancher à dalle pleine de 15 cm pour les balcons

#### 2.3.2. Voiles

Dans ce cas de système les éléments verticaux sont constitués uniquement par des voiles, certain de ces voiles sont avec des ouvertures.

Le tableau ci-dessous récapitule les épaisseurs adoptées pour les voiles dans ce cas du système.

**Tableau 2.3 : Pré dimensionnement des voiles dans le deuxième système constructif**

Niveau	Epaisseur [cm]
Sous-sol 5, Sous-sol 4, Sous-sol 3, Sous-sol 2 Sous-sol 1, RDC, 1 <sup>er</sup> étage, 2 <sup>eme</sup> étage	30
3 <sup>eme</sup> étage, 4 <sup>eme</sup> étage, 5 <sup>eme</sup> étage	25
6 <sup>eme</sup> étage, 7 <sup>eme</sup> étage, 8 <sup>eme</sup> étage, 9 <sup>eme</sup> étage, 10 <sup>eme</sup> étage, 11 <sup>eme</sup> étage	20



## **Chapitre 3**

---

### **Etude technique des deux systèmes constructifs**

**3.1. Introduction.**

**3.2. Méthodologie de l'étude.**

**3.3. Modélisation de la structure.**

**3.4. Analyse modale.**

**3.5. Calcul sismique de la structure.**

**3.6. Conclusion.**

### 3.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons faire une modélisation de la structure sous les deux systèmes constructifs à l'aide du logiciel ETABS 2013 afin de pouvoir déterminer les caractéristiques dynamiques et faire les vérifications nécessaires pour la stabilité et la résistance du bâtiment dans les deux cas étudiés.

### 3.2. Méthodologie de l'étude

Un calcul modal (dynamique) est effectué pour la détermination des caractéristiques dynamiques de la structure. L'analyse a été menée sous les cas des charges statiques et dynamique et sous les sollicitations maximales sous les combinaisons de ces cas de charges ont été déterminées.

La méthodologie adoptée s'articule autour des points suivants :

- Établissement d'un modèle numérique de calcul tridimensionnel en élément finis de la structure par le logiciel ETABS.
- Définition des différentes charges statiques G et Q ;
- Définition des différentes charges dynamiques spectrales  $E_x$  et  $E_y$ .
- Calcul et vérification.

### 3.3. Modélisation de la structure

En utilisant un logiciel de calcul basé sur la méthode des éléments finis «ETABS », le modèle de calcul à été établi comme suit :

- Les poteaux et Les poutres sont assimilés à des éléments linéaires.
- Les voiles sont assimilés à des éléments surfaciques.
- Les caractéristiques géométriques et mécaniques telles qu'identifiées ci-dessus et dont Les dimensions données ci avant sont introduites en utilisant le pré processeur du logiciel de calcul ETABS.
- La structure est supposée encastree au niveau bas du 1<sup>er</sup> sous-sol.
- La concentration des masses a été faite, en utilisant la notion du diaphragme.
- Les charges permanentes et d'exploitations ont été appliquées sur les planchers qui reposent sur des poutres, qui à leurs tours cheminent les efforts aux poteaux.

Les deux modèles retenus pour les deux système après une série de modélisations en changeant à chaque fois la disposition des voiles et en comparant les résultats obtenus, ces deux modèles sont illustrés dans la figure 3.1 et 3.2 :

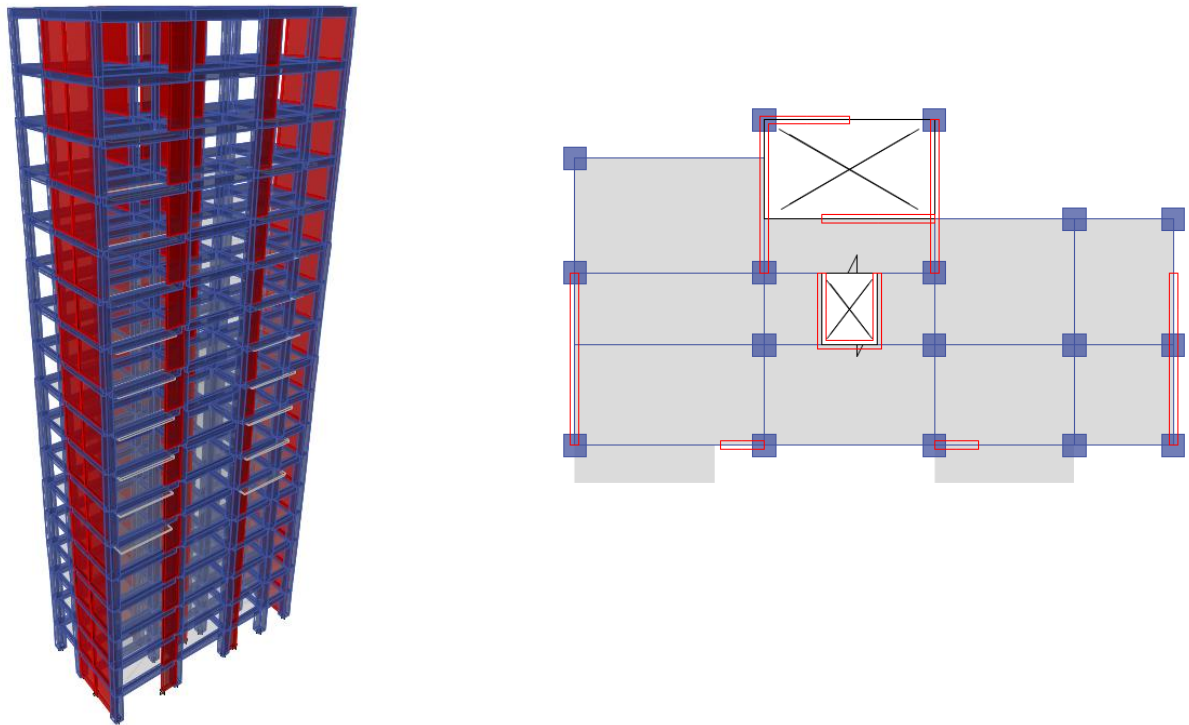


Figure 3.1 : Modèle numérique de la structure sous le 1<sup>er</sup> système constructif

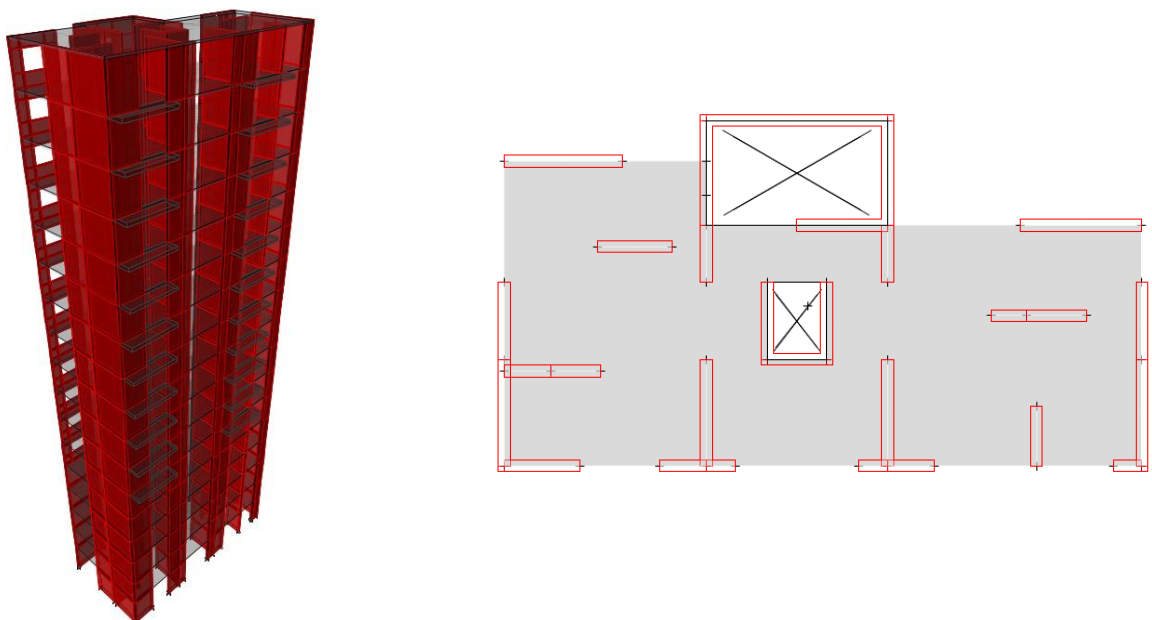


Figure 3.2 : Modèle numérique de la structure sous le 2<sup>ème</sup> système constructif

### 3.4. Analyse modale

L'analyse modale révèle que les deux structures vibrent en translation dans les deux premiers modes (mode de translation selon x et y) et en rotation dans le 3<sup>ème</sup> mode. Le taux de participation massique atteint le seuil exigé par le RPA99 dans les deux cas.

Tableau 3.1 : Mode de vibration de la 1ere variante

Mode	Période [sec]	Masse Modale UX [%]	Masse Modale UY [%]	Masses Cumulées UX [%]	Masses Cumulées UY [%]	Direction
1	1.073	66.87	0.02	66.87	0.02	Translation suivant x
2	0.921	0.05	60.49	66.91	60.52	Translation suivant y
3	0.734	0.01	0.17	66.93	60.68	Rotation autour de z
4	0.346	15.93	0.01	82.86	60.69	
5	0.236	0.01	17.17	82.87	77.86	
6	0.206	0.03	2.77	82.9	80.63	
7	0.182	6.2	0.004	89.1	80.64	
8	0.113	3.15	0.001	92.25	80.64	
9	0.108	0.0001	5.83	92.25	86.46	
10	0.094	0.03	2.09	92.27	88.55	
11	0.079	2.03	0.001	94.3	88.55	
12	0.064	0.001	2.91	94.31	91.46	

Tableau 3.2 : Mode de vibration de la 2eme variante

Mode	Période [sec]	Masse Modale UX [%]	Masse Modale UY [%]	Masses Cumulées UX [%]	Masses Cumulées UY [%]	Direction
1	1.305	54.74	0.19	54.74	0.19	Translation suivant x
2	1.039	0.19	64.43	54.93	64.61	Translation suivant y
3	0.666	10.9	0.00058	65.83	64.61	Rotation autour de z
4	0.345	13.44	0.0001127	79.27	64.61	
5	0.26	0.01	17.47	79.28	82.09	
6	0.176	3.39	0.01	82.67	82.1	
7	0.151	5.03	0.002381	87.7	82.1	
8	0.112	0.01	6.55	87.71	88.65	
9	0.087	3.35	0.003491	91.06	88.65	
10	0.081	0.56	0.01	91.62	88.66	
11	0.065	0.01	3.61	91.63	92.27	

Estimation de la période fondamentale par la formule empirique du RPA99:

Les RPA.99 (article 4.2.4) exigent que la période numérique (obtenue par le logiciel de calcul) ne dépasse pas de plus de 30% celle obtenue à partir des formules empiriques

(1.3 T<sub>empirique</sub> > T<sub>num</sub>).

$$T_{\text{empirique}} = \min \left\{ C_T h_N^{3/4}; 0.09 \frac{h_N}{\sqrt{D}} \right\}$$

Avec :

h<sub>N</sub> = hauteur totale de la structure mesurée à partir de la base.

C<sub>T</sub> = coefficient; fonction du système de contreventement et du type de remplissage.

D = dimension du bâtiment mesurée à la base dans la direction de calcul considérée.

**Tableau 3.3 : Paramètres de période fondamentale**

h <sub>N</sub> [m]	C <sub>T</sub>	D [m]	T <sub>empirique</sub>
57.8	0.05	23.45	1.05

T<sub>num</sub> = 1.073 s < 1.3T<sub>empirique</sub> = 1.36 s dans le premier cas.

T<sub>num</sub> = 1.305 s < 1.3T<sub>empirique</sub> = 1.36 s dans le deuxième cas.

La condition est donc vérifiée pour les deux structures.

### 3.5. Calcul sismique de la structure

#### 3.5.1. Vérification de l'effort tranchant à la base

La force sismique totale V dans les deux directions horizontales appliquée à la base de la structure

est calculée par la formule suivante :  $V = \frac{ADQ}{R} W$

- D : Facteur d'amplification dynamique moyen
- A : Coefficient d'accélération de zone
- Q : Facteur de qualité
- R : Coefficient de comportement global de la structure
- W : La somme des poids Wi, calculés à chaque niveau (i) avec Wi= W<sub>Gi</sub> + W<sub>Qi</sub>

Selon le RPA99, la résultante de la force sismique à la base, obtenue par combinaison des valeurs modales, ne doit pas être inférieure à 80% de celles calculée par la méthode statique.

Le tableau 3.4 et 3.5 récapitule la vérification de la force sismique à la base pour les deux variantes :

**Tableau 3.4 : Facteurs de la force sismique à la base pour les deux systèmes**

	1 <sup>er</sup> système		2 <sup>ème</sup> système	
Q	Qx=1.15	Qy=1.15	Qx=1.15	Qy=1.15
D	Dx=1.14	Dy=1.26	Dx=1.00	Dy=1.12
A	0.3		0.3	
R	3.5		3.5	
W [kN]	53 462,48		49 313,49	

**Tableau 3.5 : Vérification de l'effort tranchant à la base pour les structures des deux systèmes**

	Sens du séisme	V <sub>MMS</sub> (KN)	V <sub>MSE</sub> (KN)	0.8V <sub>MSE</sub> (KN)	
1 <sup>er</sup> système	Ex	7189.42	6007.66	4806.12	Condition vérifiée
	Ey	6768.95	6640.34	5312.27	Condition vérifiée
2 <sup>ème</sup> système	Ex	5433,38	4 981,63	3 985,30	Condition vérifiée
	Ey	6270,55	5 579,42	4 463.53	Condition vérifiée

Avec :

V<sub>MMS</sub>: la résultante de la force sismique à la base, obtenue par combinaison des valeurs modales

V<sub>MSE</sub>: la résultante de la force sismique à la base, calculée par la méthode statique équivalente.

### 3.5.2. Vérification vis à vis des déformations

Les déplacements relatifs d'un étage par rapport aux étages qui lui sont adjacents, ne doivent pas dépasser 1% de la hauteur d'étage.

Les déplacements horizontaux à chaque niveau k, sont calculés par la formule suivante :

$$\delta_k = R.\delta_{ek}$$

Où :

$\delta_{ek}$  : Déplacement dû aux forces sismiques.



R : coefficient de comportement.

Le tableau suivant résume le résultat des déplacements extrêmes de chaque niveau sous chargement sismique, donnés par le logiciel de calcul :

Tableau 3.6 : Valeurs des déplacements relatifs de la variante1

Niveau	Sens X			Sens Y			1 % $H_{\text{étage}}$ (cm)
	$\delta_{ek}$ (cm)	$\delta_k$ (cm)	$\Delta_{kx}$ (cm)	$\delta_{ek}$ (cm)	$\delta_k$ (cm)	$\Delta_{ky}$ (cm)	
11 <sup>ème</sup> étage / 10 <sup>ème</sup> étage	7.6	26.6	1.33	5.86	20.51	1.505	3.4
10 <sup>ème</sup> étage / 9 <sup>ème</sup> étage	7.22	25.27	1.4	5.43	19.005	1.54	3.4
9 <sup>ème</sup> étage / 8 <sup>ème</sup> étage	6.82	23.87	1.47	4.99	17.465	1.575	3.4
8 <sup>ème</sup> étage / 7 <sup>ème</sup> étage	6.4	22.4	1.61	4.54	15.89	1.575	3.4
7 <sup>ème</sup> étage / 6 <sup>ème</sup> étage	5.94	20.79	1.715	4.09	14.315	1.575	3.4
6 <sup>ème</sup> étage / 5 <sup>ème</sup> étage	5.45	19.075	1.785	3.64	12.74	1.54	3.4
5 <sup>ème</sup> étage / 4 <sup>ème</sup> étage	4.94	17.29	1.89	3.2	11.2	1.54	3.4
4 <sup>ème</sup> étage / 3 <sup>ème</sup> étage	4.4	15.4	1.96	2.76	9.66	1.47	3.4
3 <sup>ème</sup> étage / 2 <sup>ème</sup> étage	3.84	13.44	1.925	2.34	8.19	1.4	3.4
2 <sup>ème</sup> étage / 1 <sup>er</sup> étage	3.29	11.515	1.96	1.94	6.79	1.33	3.4
1 <sup>er</sup> étage / RDC	2.73	9.555	1.89	1.56	5.46	1.225	3.4
RDC / sous-sol 1	2.19	7.665	1.715	1.21	4.235	1.085	3.4
sous-sol 1 / sous-sol 2	1.7	5.95	1.645	0.9	3.15	0.98	3.4
sous-sol 2 / sous-sol 3	1.23	4.305	1.505	0.62	2.17	0.84	3.4
sous-sol 3 / sous-sol 4	0.8	2.8	1.295	0.38	1.33	0.665	3.4
sous-sol 4 / sous-sol 5	0.43	1.505	1.015	0.19	0.665	0.455	3.4

Tableau 3.7 : Valeurs des déplacements relatifs de la variante2

Niveau	Sens X			Sens Y			1 % H <sub>étage</sub> (cm)
	$\delta_{ek}$ (cm)	$\delta_k$ (cm)	$\Delta_{kx}$ (cm)	$\delta_{ek}$ (cm)	$\delta_k$ (cm)	$\Delta_{ky}$ (cm)	
11 <sup>ème</sup> étage / 10 <sup>ème</sup> étage	8.16	28.56	1.12	7.4	25.9	1.925	3.4
10 <sup>ème</sup> étage / 9 <sup>ème</sup> étage	7.84	27.44	1.995	6.85	23.975	1.925	3.4
9 <sup>ème</sup> étage / 8 <sup>ème</sup> étage	7.27	25.445	2.03	6.3	22.05	1.995	3.4
8 <sup>ème</sup> étage / 7 <sup>ème</sup> étage	6.69	23.415	2.1	5.73	20.055	1.995	3.4
7 <sup>ème</sup> étage / 6 <sup>ème</sup> étage	6.09	21.315	2.135	5.16	18.06	1.995	3.4
6 <sup>ème</sup> étage / 5 <sup>ème</sup> étage	5.48	19.18	2.17	4.59	16.065	1.995	3.4
5 <sup>ème</sup> étage / 4 <sup>ème</sup> étage	4.86	17.01	2.205	4.02	14.07	1.96	3.4
4 <sup>ème</sup> étage / 3 <sup>ème</sup> étage	4.23	14.805	2.17	3.46	12.11	1.925	3.4
3 <sup>ème</sup> étage / 2 <sup>ème</sup> étage	3.61	12.635	2.135	2.91	10.185	1.855	3.4
2 <sup>ème</sup> étage / 1 <sup>er</sup> étage	3	10.5	2.03	2.38	8.33	1.75	3.4
1 <sup>er</sup> étage / RDC	2.42	8.47	1.96	1.88	6.58	1.575	3.4
RDC / sous-sol 1	1.86	6.51	1.855	1.43	5.005	1.4	3.4
sous-sol 1 / sous-sol 2	1.33	4.655	1.505	1.03	3.605	1.155	3.4
sous-sol 2 / sous-sol 3	0.9	3.15	1.225	0.7	2.45	0.98	3.4
sous-sol 3 / sous-sol 4	0.55	1.925	0.98	0.42	1.47	0.77	3.4
sous-sol 4 / sous-sol 5	0.27	0.945	0.7	0.2	0.7	0.49	3.4

Pour les deux variantes et pour tous les étages, la condition du déplacement relatif est satisfaite.

### 3.5.3. Vérification de l'effet P-Δ

Les effets P- Δ peuvent être négligés dans le cas des bâtiments si la condition suivante est satisfaite à tous les niveaux :

$$\theta = \frac{P_k \cdot \Delta_k}{V_k \cdot h_k} \leq 0.10$$

Le tableau ci-après résume les résultats de  $\theta$  :

Tableau 3.8 : justification vis-à-vis de l'effet P-Δ – direction X-X et Y-Y-Variante1

Niveau	$H_k$	$\Delta_k$ (cm)		$V_k$ (KN)		$W_k=G_k+\beta Q_k$ (KN)	$P_k(\text{cumul})$ (KN)	$\theta$	
		$\Delta_{kx}$	$\Delta_{ky}$	$V_{kx}$	$V_{ky}$			$\theta_x$	$\theta_y$
Etage 11	3.40	1.33	1.505	1089.33	1090.06	3128.80	3128.80	0.011	0.013
Etage 10	3.40	1.4	1.54	1867.43	1860.65	2516.18	5644.98	0.012	0.014
Etage 9	3.40	1.47	1.575	2521.32	2480.41	2643.79	8288.77	0.014	0.015
Etage 8	3.40	1.61	1.575	3096.05	3003.38	2643.79	10932.56	0.017	0.017
Etage 7	3.40	1.715	1.575	3588.02	3454.86	2643.79	13576.35	0.019	0.018
Etage 6	3.40	1.785	1.54	4027.67	3861.95	2799.75	16376.10	0.021	0.019
Etage 5	3.40	1.89	1.54	4434.40	4233.44	2799.75	19175.85	0.024	0.021
Etage 4	3.40	1.96	1.47	4803.09	4570.97	2799.75	21975.60	0.026	0.021
Etage 3	3.40	1.925	1.4	5165.92	4908.04	3115.98	25091.58	0.027	0.021
Etage 2	3.40	1.96	1.33	5519.80	5238.72	3115.98	28207.56	0.029	0.021
Etage 1	3.40	1.89	1.225	5846.67	5540.92	3115.98	31323.54	0.030	0.020
RDC	3.40	1.715	1.085	6173.93	5833.55	3626.58	34950.12	0.029	0.019
Sous-sol 1	3.40	1.645	0.98	6493.70	6119.88	3722.43	38672.55	0.029	0.018
Sous-sol 2	3.40	1.505	0.84	6763.51	6375.45	3697.46	42370.02	0.028	0.016
Sous-sol 3	3.40	1.295	0.665	6979.26	6583.06	3697.46	46067.48	0.025	0.014
Sous-sol 4	3.40	1.015	0.455	7129.28	6717.45	3697.53	49765.02	0.021	0.010
Sous-sol 5	3.40	1.015	0.455	7189.42	6768.95	3697.46	53462.48	0.022	0.011

Tableau 3.9 : justification vis-à-vis de l'effet P-Δ – direction X-X et Y-Y-Variante2

Niveau	$H_k$	$\Delta_k$ (cm)		$V_k$ (KN)		$W_k=G_k+\beta Q_k$ (KN)	$P_k(\text{cumul})$ (KN)	$\theta$	
		$\Delta_{kx}$	$\Delta_{ky}$	$V_{kx}$	$V_{ky}$			$\theta_x$	$\theta_y$
Etage 11	3.40	1.12	1.925	769.11	897.99	3128.80	3293.84	0.014	0.012
Etage 10	3.40	1.995	1.925	1517.57	1748.02	2516.18	6344.15	0.025	0.021
Etage 9	3.40	2.03	1.995	2093.01	2387.32	2643.79	9394.46	0.027	0.023
Etage 8	3.40	2.1	1.995	2565.59	2899.85	2643.79	12444.77	0.030	0.027
Etage 7	3.40	2.135	1.995	2962.09	3331.71	2643.79	15495.08	0.033	0.029
Etage 6	3.40	2.17	1.995	3292.74	3703.32	2799.75	18545.39	0.036	0.032
Etage 5	3.40	2.205	1.96	3583.94	4038.06	2799.75	21595.70	0.039	0.035
Etage 4	3.40	2.17	1.925	3861.14	4354.31	2799.75	24646.02	0.041	0.036
Etage 3	3.40	2.135	1.855	4129.99	4654.83	3115.98	27696.32	0.042	0.037
Etage 2	3.40	2.03	1.75	4391.34	4941.52	3115.98	30746.63	0.042	0.037
Etage 1	3.40	1.96	1.575	4647.17	5219.07	3115.98	33796.94	0.042	0.037
RDC	3.40	1.855	1.4	4887.56	5479.76	3626.58	36847.25	0.041	0.037
Sous-sol 1	3.40	1.505	1.155	5113.58	5726.67	3722.43	40354.68	0.035	0.031
Sous-sol 2	3.40	1.225	0.98	5340.48	5967.73	3697.46	43923.83	0.030	0.027
Sous-sol 3	3.40	0.98	0.77	5544.42	6179.06	3697.46	47492.98	0.025	0.022
Sous-sol 4	3.40	0.7	0.49	5689.68	6330.54	3697.53	51062.19	0.018	0.017
Sous-sol 5	3.40	0.7	0.49	5745.74	6392.56	3697.46	54631.33	0.020	0.018

Dans les deux cas du système, la condition pour négliger les effets P- Δ est vérifiée.

### 3.5.4. Vérification de la stabilité au renversement

On doit donc vérifier que :  $\frac{M_R}{N} \leq \frac{L}{4}$

$M_R$  : moment de renversement qui peut être causé par l'action sismique ainsi que l'excentrement de la résultante des forces verticales gravitaires et qui doit être calculé par rapport au point de contact sol-fondation

$N$  : poids total équivalent au poids de la construction, au poids des fondations et éventuellement au poids du remblai.

$L$  : dimension du bâtiment parallèle au sens du renversement.

$$M_R = \sum_{i=1}^{17} V_i H_i + W_{Str} e$$

$$N = W_{Str} + W_{Fond} + W_{Remblai}$$

Avec :

$V_i$  : Effort tranchant au niveau  $i$ .

$H_i$  : Hauteur du niveau  $i$  à partir du point de contact sol-fondation.

$e$  : Excentricité du bâtiment au niveau de la fondation selon la direction le sens du renversement.

$W_{Str}$  : Poids totale de la structure.

$W_{Fond}$  : Poids des fondations

$W_{Remblai}$  : Poids du remblai d'ancrage.

La vérification au renversement pour les deux cas de séisme et pour les deux cas des systèmes est récapitulée au tableau ci-dessous :

Tableau 3.10 : Vérification au renversement pour les deux systèmes

Système constructif	Direction	$M_R$ [KN.m]	$N$ [KN]	$M_R / N$ [m]	$L/4$ [m]	
1 <sup>er</sup> système	X-X	82220.06	78272.58	1.05	5.75	Condition satisfaite
	Y-Y	187463.24	78272.58	2.4	5.86	Condition satisfaite
2 <sup>ème</sup> système	X-X	74123.59	71047.01	1.04	5.75	Condition satisfaite
	Y-Y	271649.65	74123.59	3.66	5.86	Condition satisfaite

### 3.6. Conclusion

A partir de cette étude, on remarque que le bâtiment étudié sous les deux systèmes a rempli toutes les exigences imposées par le règlement parasismique algérien 99/2003 (Période, Effort tranchant, déplacement et stabilité au renversement), nous pouvons en conclure que les deux systèmes de constructions présentent une conception parasismique adéquate, ce qui va nous permettre de valider les deux conceptions et deux faire une étude économique.



## **Chapitre 4**

---

### **Coffrage outil des deux systèmes constructifs**

**4.1. Introduction.**

**4.2. Coffrage outil du premier système constructif.**

**4.2. Coffrage outil du deuxième système constructif.**

## 4.1. Introduction

Le coffrage constitue l'outil essentiel en matière de réalisation d'ouvrages en béton. Il a beaucoup évolué ces dernières années pour mieux s'adapter à des besoins de plus en plus complexes et variés. Le but de ce chapitre est de décrire le type de coffrage utilisé pour chaque système constructif.

## 4.2. Coffrage outil du premier système constructif

Le type de coffrage utilisé en général dans la réalisation des structures en poteaux et voiles est *le coffrage modulaire*.

### 4.2.1. Coffrage modulaire

Il permet l'exécution de tous les travaux en BTP grâce à la combinaison de panneaux de dimensions variables.

Le coffrage modulaire peut être utilisé dans tous les éléments (planchers-poteaux-poutres-voiles-murs de soutènement- culées et piles de pont-réservoirs et silos), il permet de coffrer des éléments de longueur variable en mettant en place des panneaux de différentes dimensions.

Il est généralement utilisé pour les planchers avec facilité puisqu'il n'y a pas lieu de mettre des raidisseurs.

Un étayage a lieu d'être pour les phases avant et après coulage.

Le coffrage modulaire est constitué de plusieurs types, notamment :

- Coffrage mixte : Structure métallique + peau coffrante en contreplaqué bakéliné.
- Coffrage métallique : Toutes les largeurs et longueurs, entre 50cm et 100cm existent par intervalle de 5cm.



Figure 4.1 : Coffrage modulaire

#### 4.2.2. Eléments du coffrage modulaire

- Eléments de compensation : Permettent le coffrage de zone, les reprises de bétonnage,

L'écartement entre 2 panneaux est obtenu à l'aide de tubes en PVC rigides perdus dans le béton et protégeant des tiges d'entretoises reprenant la poussée du béton.

- Distanceur : il est utilisé à la partie supérieure comme écarteur ou tige de serrage et également comme élément d'about de voile.
- Tôle de compensation : elle permet de rattraper des longueurs de voiles jusqu'à 20cm.
- Consoles pignons : elles servent de support du coffrage, du voile pignon et de passerelle de travail ou de coffrage grim pant lorsqu'elle est associée à une banche.

Pour les chantiers sans grue, le montage se fait l'endroit coffré.

Pour les chantiers importants, les panneaux sont assemblés au sol et montés à l'aide d'une grue.

L'avantage du coffrage modulaire est de réaliser n'importe quel type d'ouvrage et d'être léger à déplacer et à monter surtout pour les petites entreprises ne disposant pas de grue.

#### 4.2.3. Coffrage de dalles

Il est constitué de 3 éléments principaux :

- Une tête de support : de dimensions 25×25cm est placée sur tous les étais.
- Une bande de jonction : relie des têtes de support et a une longueur de 75cm et de 125cm.
- Les panneaux modulaires : sont fixés aux bandes de jonction.

Lors du décoffrage, les systèmes de fermeture de la bande de jonction sont enlevés. La bande de jonction se rabat autour d'une charnière puis elle est dégagée. Ensuite le panneau modulaire est également dégagé pour une réutilisation.

Il n'y a que l'étais et la tête de support qui sont maintenus en place. Ils sont enlevés au fur et à mesure du durcissement.

Une tête d'étais permet un étayage permanent de la dalle en phase de décoffrage et donc un réemploi rapide des panneaux modulaires et des bandes de jonctions.

#### 4.3. Coffrage outil du deuxième système constructif

Pour les structures en voiles et dalles le coffrage le plus souvent utilisé est les *tables* et les *banches*.

##### 4.3.1. Les banches

La nécessité d'améliorer la productivité, l'apparition des grues puissantes et les grandes opérations de logements ont permis d'imaginer les coffrages plus élaborés dont les avantages résident dans les économies de temps et de main-d'œuvre qu'ils procurent, l'amélioration du fini des surfaces, la possibilité de réemploi (400 à 500 fois), les critères de sécurité et de stabilité.



Les banches sont des coffrages de hauteur d'étage pour la réalisation des voiles.

Il y a 3 types de banches :

- Banches en bois : rarement utilisées de nos jours.
- Banches améliorées en bois : panneau en bois recouvert d'un contreplaqué.
- Banches mixtes : la structure est métallique et la surface coffrante en contreplaqué bakélinisé.
- Banches métalliques : elles peuvent être à 2 ou 3 lits de raidisseurs, ce sont les banches les plus utilisées du fait des avantages qu'elles offrent.

Les banches les plus courantes comportent une rangée de tiges en pied.

Les tiges sont espacées de 1m ou 1.5m , elles sont placées dans les tubes en matière plastique rigide noyés dans le béton.

Au sommet (pour éviter les tiges d'entretoise), on utilise des distanceurs.



Figure 4.2 : Coffrage des voiles en banche

#### Equipements de la banche

- Réglage de la verticalité : bulle d'air, fil à plomb.
- Réglage de la hauteur : à l'aide des vérins en pied.
- Passerelle : munie d'accessoires de sécurité et d'échelles.

### Complément de banches

- Rehausses : panneaux servant à augmenter la hauteur d'une banche.
- Les arrêts de béton ou abouts.
- Tiges d'entretoises.
- Clé de décoffrage : variable de 50 à 200mm.
- Incorporations : douilles (cadres de portes et fenêtres), gaines d'électricité...

Les banches stands peuvent être assemblées les unes aux autres selon les dimensions des voiles. La hauteur est variable et reçoit pour cela des rehausses à la partie supérieure.

### 4.3.2. Tables

Les tables sont des plateformes coffrantes réglables en hauteur et en largeur permettant la réalisation des dalles pleines.

Elles sont constituées d'un plateau coffrant et d'un étaielement.



Figure 4.3 : Coffrage d'une dalle avec table

**a) Plateau coffrant**

Il est constitué de :

- Peau coffrante en contreplaqué ou en tôle métallique ;
- Lit de raidisseurs ;
- Poutres horizontales.

**b) L'étaie**

Il est formé de pieds contreventés pour assurer la stabilité de l'ensemble et la stabilité lors de la manutention.

Le nombre de pieds est généralement de : 4, 6 ou 8 étais et varie selon la longueur de la table.

La souplesse de la dalle favorise le décoffrage par gauchissement.

**c) Equipement des tables**

- Vérin de réglage de la hauteur et de l'horizontalité de la table.
- Règles de décoffrage (Rabette) : pour permettre à la table de se décoffrer facilement.
- Abattants et compléments de coffrage (retombées des poutres): panneaux pivotant maintenus en place par des étais mobiles.
- Dispositif pour la réalisation d'allèges.
- Passerelle de service et garde-corps aux extrémités.

Les tables peuvent être modulaires lorsqu'elles ne sont pas amorties sur le premier chantier. Les portées peuvent être variées.

Pour les grandes portées et afin d'accélérer le décoffrage, 2 tables peuvent être mises côte à côte, le décoffrage est réalisé après 3 jours.



## **Chapitre 5**

---

# **Etude économique des deux systèmes constructifs**

**5.1. Introduction.**

**5.2. Quantité des matériaux pour le premier système constructif (Portique et voile avec corps creux).**

**5.3. Quantité des matériaux pour le deuxième système constructif (voiles et dalles).**

**5.4. Devis quantitatif et estimatif du premier système constructif.**

**5.5. Devis quantitatif et estimatif du deuxième système constructif.**

**5.6. Devis quantitatif et estimatif du premier système constructif pour la structure entière.**

**5.7. Devis quantitatif et estimatif du deuxième système constructif pour la structure entière.**

**5.7. Conclusion.**

### 5.1. Introduction :

Notre objectif dans ce chapitre est de déterminer le système le plus économique capable de satisfaire le mieux possible à toutes les conditions imposées.

Il faut pour cela calculer les quantités des matériaux à utiliser après le pré dimensionnement et l'étude technique déjà faite et faire ensuite des devis quantitatifs et estimatifs afin d'estimer le coût de l'immeuble pour chaque système.

Le coût sera estimé en premier lieu pour un seul niveau dans les deux cas de systèmes, et puis par la suite pour toute la structure. La quantité des matériaux estimée sera celle des éléments qui pourraient faire la différence dans le coût des deux variantes (voile, poteaux, poutres, planchers, balcons, murs de cloison et murs extérieurs), les autres éléments du bâtiment ne seront pas pris en considération du fait que leurs quantités seraient les mêmes dans les deux cas ou par le fait que leurs quantités dépendent des éléments déjà pris en compte.

### 5.2. Quantité des matériaux pour le premier système constructif (Poteau et voile avec corps creux :)

Les quantités des matériaux qui seront calculées correspondent au 1<sup>er</sup> étage.

#### 5.2.1. Volume du béton armé pour les voiles :

Le volume du béton armé correspond au volume des voiles dans le 1<sup>er</sup> étage, puisque les voiles ne contiennent pas des ouvertures, on peut écrire :

$$V_{\text{Béton,voile}} = L_{\text{voile}} \times E_{\text{voile}} \times H'_{\text{étage}}$$

Avec :

$L_{\text{voile}}$  : Longueur des voiles dans l'étage on considère que cette quantité est la même pour tous les étages.

$E_{\text{voile}}$  : Epaisseur du voile (30cm).

$H'_{\text{étage}}$  : Hauteur de l'étage en soustrayant l'épaisseur de la table de compression (5cm)

$$V_{\text{Béton,voile}} = 34.88 \times 0.3 \times 3.35 = 35.05 \text{ m}^3$$

#### 5.2.2. Volume du béton armé pour les poteaux :

Dans chaque niveau il ya 17 poteaux, Le volume du béton armé correspond au volume des poteaux dans le 1<sup>er</sup> étage :

$$V_{\text{Béton,poteaux}} = 17 \times a \times a \times H''_{\text{étage}}$$

Avec :

$a$  : Dimension de la section du poteau (70cm).

$H''_{\text{étage}}$  : Hauteur de l'étage en soustrayant la hauteur de la poutre (30 cm).

$$V_{\text{Béton,poteaux}} = 17 \times 0.7 \times 0.7 \times 3.10 = 25.82 \text{ m}^3$$

### 5.2.3. Volume du béton armé pour les poutres :

Le volume du béton armé est obtenu à partir du volume des poutres longitudinales et transversales :

$$V_{\text{Béton,poutre}} = L_{\text{poutre}} \times b \times h$$

Avec :

$L_{\text{poutre}}$  : Longueur des poutres dans tout l'étage, on la considère constante pour tous les niveaux.

$b$  et  $h$  sont les dimensions de la section de la poutre.

Poutres longitudinales (40x60cm) :

$$V_{\text{Béton,poutre,L}} = 82.25 \times 0.4 \times 0.6 = 19.74 \text{ m}^3$$

Poutres transversales (30x60cm) :

$$V_{\text{Béton,poutre,T}} = 44.7 \times 0.3 \times 0.5 = 6.68 \text{ m}^3$$

### 5.2.4. Surface du plancher à corps creux :

La surface du plancher en corps creux est :  $S_{\text{plancher,cc}} = 200.72 \text{ m}^2$

### 5.2.5. Surface des balcons :

La surface totale des deux balcons par niveau en dalle pleine de 15cm est :

$$S_{\text{Balcon}} = 11.74 \text{ m}^2$$

### 5.2.6. Surface des cloisons de séparations et murs extérieurs :

On distingue deux types :

- Murs à une seule paroi de brique :  $S_{1,paroi} = L_{\text{mur,1paroi}} \times H'_{\text{étage}}$
- Murs à deux parois de brique :  $S_{2,paroi} = L_{\text{mur,2paroi}} \times H'_{\text{étage}}$

Avec :

$L_{mur,1paroi}$  et  $L_{mur,2paroi}$  : Longueur du murs à une seul paroi et à deux paroi, ces deux quantités sont considérées comme étant les même pour tous les niveaux.

$H'_{étage}$  : Hauteur de l'étage en soustrayant l'épaisseur de la table de compression (5cm)

$$S_{1,paroi} = 49.41 \times 3.35 = 165.52 \text{ m}^2$$

$$S_{1,paroi} = 20.35 \times 3.35 = 68.17 \text{ m}^2$$

### 5.3. Quantité des matériaux pour le deuxième système constructif (voiles et dalles)

#### 5.3.1. Volume du béton armé pour les voiles :

Pour les voiles qui ne contiennent pas des ouvertures :

$$V_{Béton,voile,1} = L_{voile} \times E_{voile} \times H'_{étage}$$

$H'_{étage}$  : Hauteur de l'étage en soustrayant l'épaisseur de la dalle pleine (20cm)

$$V_{Béton,voile} = 53.15 \times 0.3 \times 3.2 = 51.02 \text{ m}^3$$

Pour les voiles qui contiennent des ouvertures :

$$V_{Béton,voile,2} = S_{voile} \times E_{voile}$$

$S_{voile}$  : Surface des voiles en soustrayant la surface des ouvertures

$$V_{Béton,voile,2} = 42.95 \times 0.3 = 12.9 \text{ m}^3$$

Le volume de béton total des voiles :

$$V_{Béton,voile} = 51.02 + 12.9 = 63.91 \text{ m}^3$$

#### 5.3.2. Surface du plancher à dalle pleine :

La surface du plancher en dalle pleine de 20cm est :  $S_{plancher,cc} = 200.72 \text{ m}^2$

#### 5.3.3. Surface des balcons :

La surface totale des deux balcons par niveau en dalle pleine de 15cm est :

$$S_{Balcon} = 11.74 \text{ m}^2$$

### 5.3.4. Surface des cloisons de séparations et murs extérieurs :

On distingue deux types :

- Murs à une seule paroi de brique :

$$S_{1,paroi} = L_{mur,1paroi} \times H'_{étage} = 31.24 \times 3.2 = 99.97m^2$$

- Murs à deux parois de brique :

$$S_{2,paroi} = L_{mur,2paroi} \times H'_{étage} = 20.17 \times 3.2 = 64.54 m^2$$

### 5.4. Devis quantitatif et estimatif du premier système constructif

Ce devis est estimé pour un seul niveau (1<sup>er</sup> étage), les montants sont fournis à partir du promoteur privé.

**Tableau 5.1 : Devis quantitatif et estimatif du premier système constructif pour un seul niveau**

N°	Désignation	Unités	Quantités	Prix unitaires [DA]	Montant [DA]
1	Volume du béton armé pour les voiles	M <sup>3</sup>	35.05	44 500,00	1 559 725,00
2	Volume du béton armé pour les poteaux	M <sup>3</sup>	25.82	44 500,00	1 148 990,00
3	Volume du béton armé pour les poutres	M <sup>3</sup>	26.42	44 500,00	1 175 690,00
4	Surface du plancher à corps creux (16+5 cm)	M <sup>2</sup>	200.72	5 500,00	1 103 960,00
5	Surface des balcons	M <sup>2</sup>	11.74	6 680,00	78 423,00
6	Murs à une seule paroi de brique	M <sup>2</sup>	165.52	1 150,00	190 348,00
7	Murs à deux parois de brique	M <sup>2</sup>	68.17	2 300,00	156 791,00
<b>Montant en HT</b>					5 413 927,00
<b>T.V.A (19%)</b>					1 028 646,00
<b>Montant en TTC</b>					6 442 573,00



### 5.5. Devis quantitatif et estimatifs du deuxième système constructif

Ce devis est estimé pour un seul niveau (1<sup>er</sup> étage) :

Tableau 5.2 : Devis quantitatif et estimatif du deuxième système constructif pour un seul niveau

N°	Désignation	Unités	Quantités	Prix unitaires [DA]	Montant [DA]
1	Volume du béton armé pour les voiles	M <sup>3</sup>	63.91	44 500,00	2 843 995,00
2	Surface du plancher à dalle pleine (20cm)	M <sup>2</sup>	200.72	8 900,00	1 786 408,00
3	Surface des balcons	M <sup>2</sup>	11.74	6 680,00	78 423,00
4	Murs à une seule paroi de brique	M <sup>2</sup>	99.97	1 150,00	114 965,00
5	Murs à deux parois de brique	M <sup>2</sup>	64.54	2 300,00	148 442,00
<b>Montant en HT</b>					4 972 233,00
<b>T.V.A (19%)</b>					944 724,00
<b>Montant en TTC</b>					5 916 958,00

On remarque qu'un niveau sous 1<sup>er</sup> système constructif coûte plus cher qu'un niveau sous le 2<sup>ème</sup> système constructif. On peut dire que le 2<sup>ème</sup> système est plus économique pour un seul niveau, reste à vérifier pour la structure entière.

## 5.6. Devis quantitatif et estimatif du premier système constructif pour la structure entière

Tableau 5.3 : Devis quantitatif et estimatif du premier système constructif pour la structure entière

N°	Désignation	Unités	Quantités	Prix unitaires [DA]	Montant [DA]
1	Volume du béton armé pour les voiles	M <sup>3</sup>	484.93	44 500,00	21 579 385,00
2	Volume du béton armé pour les poteaux	M <sup>3</sup>	393.15	44 500,00	17 495 175,00
3	Volume du béton armé pour les poutres	M <sup>3</sup>	449.14	44 500,00	19 986 730,00
4	Surface du plancher à corps creux (16+5 cm)	M <sup>2</sup>	3412.24	5 500,00	18 767 320,00
5	Surface des balcons	M <sup>2</sup>	21.12	6 680,00	141 081,00
6	Murs à une seule paroi de brique	M <sup>2</sup>	2813.84	1 150,00	3 235 916,00
7	Murs à deux parois de brique	M <sup>2</sup>	1158.89	2 300,00	2 665 447,00
<b>Montant en HT</b>					83 871 054,00
<b>T.V.A (19%)</b>					1 5935 500,00
<b>Montant en TTC</b>					9 9806 555,00

## 5.7. Devis quantitatif et estimatif du deuxième système constructif pour la structure entière

Tableau 5.1 : Devis quantitatif et estimatif du deuxième système constructif pour la structure entière

N°	Désignation	Unités	Quantités	Prix unitaires [DA]	Montant [DA]
1	Volume du béton armé pour les voiles	M <sup>3</sup>	927.28	44 500,00	41 263 960,00
2	Surface du plancher à dalle pleine (20cm)	M <sup>2</sup>	3412.24	8 900,00	30368 936,00
3	Surface des balcons	M <sup>2</sup>	21.12	6 680,00	141 081,00
4	Murs à une seule paroi de brique	M <sup>2</sup>	1699.49	1 150,00	1 954 413,00
5	Murs à deux parois de brique	M <sup>2</sup>	1114.18	2 300,00	2 562 614,00
<b>Montant en HT</b>					76 291 005,00
<b>T.V.A (19%)</b>					14 495 291,00
<b>Montant en TTC</b>					90 786 296,00

On peut maintenant confirmer que le 2<sup>ème</sup> système constructif est bel et bien plus économique que le premier système.

### 5.8. Conclusion

Après avoir estimé le coût du bâtiment avec les deux systèmes constructifs, le premier système en poteaux et voile avec planchers à corps creux et le deuxième système en voiles et dalles pleines, on a trouvé que le deuxième système est moins chère, or une comparaison économique ne suffit pas seule pour déterminer le meilleur choix des deux systèmes. Le prochain chapitre portera sur une analyse multicritère entre les deux.



## **Chapitre 6**

---

### **Choix du système constructif**

**6.1. Introduction.**

**6.2. L'exécution et réalisation.**

**6.3. L'esthétique et aménagement intérieur.**

**6.4. L'économie.**

**6.5. Conclusion.**

### 6.1. Introduction :

Ce chapitre vise à déterminer la solution la plus appropriée capable de satisfaire toutes les contraintes et les conditions. Pour cela nous allons analyser d'autres critères qui peuvent influencer le choix final du système constructif.

Dans cette analyse on tiendra compte des critères suivants :

- L'exécution et la réalisation.
- L'esthétique et l'aménagement intérieur.
- L'économie.

### 6.2. L'exécution et réalisation

#### ➤ Système en portiques et voile

Pour arriver à réaliser un niveau complet dans ce système (poteaux, voiles, poutre et plancher en corps creux) il faut une durée de 12 à 15 jours (Coffrage+ferraillage+bétonnage+décoffrage). La réalisation se fait par un coffrage modulaire, le bétonnage des éléments se fait séparément, on commence par les éléments porteur verticaux puis (poteaux et voile) puis vient les éléments du plancher (poutres et dalle en corps creux). La durée totale pour réaliser le squelette toute la structure est d'environ 200 jours jusqu'à 250 jours.

#### ➤ Système en voile et dalle

Dans ce cas du système les tables et les banches sont utilisés, le coulage du béton se fait en même temps pour tous élément du niveau (tous voiles et la dalle du plancher). La durée nécessaire pour achever un niveau complet (Coffrage+ferraillage+bétonnage+décoffrage) varie de 6 à 7 jours, ce qui donne une durée totale de 102 à 120 jours pour la structure entière.

### 6.3. L'esthétique et aménagement intérieur

Les deux systèmes donnent les mêmes façades extérieures, reste à comparer l'aménagement à l'intérieur.

#### ➤ Système en portiques et voile

L'aménagement à l'intérieur dans ce système est un de ses points faibles, il est reconnu par la présence des poteaux et les retombées des poutres aux milieux des chambres.

### ➤ Système en voile et dalle

L'aménagement à l'intérieur est bien meilleur, pas de retombées de poutres ni de poteaux au milieu de la pièce, les voiles jouent le rôle des cloisons de séparation, ce qui fait gagner dans la surface de l'appartement de  $0.5\text{m}^2$  en moyenne.

#### 6.4. L'économie

L'étude économique faite dans le chapitre 5 a montré que la structure conçue avec le système en voiles et dalles est moins cher que celle du système en poteaux et voiles.

La différence du coût de la structure entre les deux systèmes est de l'ordre de 9 000 000,00DA.

Le prix de vente des appartements se fait par mètre carré, ce qui est un avantage pour le deuxième système constructifs, vu la différence de la surface intérieure entre les deux variantes. Par conséquent on peut dire que le système en voile et dalle est plus économique et plus profitable.

#### 6.5. Conclusion

En considérant les deux autres critères (durée de réalisation et aménagement intérieure) et l'économie, la construction en voiles et dalles s'avère être plus adéquate et qui peut satisfaire aux différents besoins.



## **Conclusion Générale**

---

## Conclusion Générale

---

De nos jours, le recours à une analyse technico-économique entre plusieurs techniques de construction est plus nécessaire qu'auparavant vue la situation économique difficile que vit le pays.

Désormais la conception de l'ingénieur doit tenir compte non seulement des critères de résistance et de stabilité mais aussi des critères d'économie et de profitabilité de la structure.

Le système de construction en portiques et voiles est moins économique, en plus il est limité, ne permettant pas de construire plus haut. Les sections des poteaux nécessaires, pour la satisfaction des conditions des règlements, deviennent très importantes et présentent un grand défi pour leurs réalisations, sans oublier les retombées des poutres qui deviennent trop importantes en cas des grandes portées.

Le système de construction en voiles et dalles, apparait le fait qu'il est plus économique, présente plusieurs avantages, construire plus haut est envisageable avec ce système si on fait une conception adéquate.

Ce travail m'a permis d'approfondir, de compléter et de mettre en application les connaissances acquises tout au long de mon formation au sein de l'école, il m'a aussi préparé à une insertion dans le milieu professionnel.





## **Références bibliographiques**

---

## Références bibliographiques

---

- [1] DTR B.C.2.48, RPA99/2003 (Règles Parasismiques Algériennes 1999 version 2003), 2004. Centre national de recherche appliquée en Génie-Parasismique.
- [2] DTR B.C.2.41, CBA93 (Règles de conception et de calcul des structures en béton armé), 1994. Centre national de recherche appliquée en Génie-Parasismique.
- [3] DTR B.C.2.2 (Document technique réglementaire charges permanentes et charges d'exploitation), 1989. Centre national de recherche appliquée en Génie-Parasismique.
- [4] DTR B.C.2.42, Règle de conception et de calcul des parois et murs en béton banché, 1997. Centre national de recherche appliquée en Génie-Parasismique.
- [5] THONIER, Henry. Conception et calcul des structures de bâtiment, tomes 1-2- 3-4(Presse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées), 1992.1660p. ISBN 2-85978-265-6.
- [6] Cours de mécanisation des travaux de l'Ecole Nationale Polytechnique, Dr ABDELGUARFI.