

Remerciement

Un grand remerciement à ALLAH notre créateur avant tous, pour tous, et en tous les cas, pour me donner la force, la volonté et le courage afin d'accomplir ce travail.

Je remercie mon encadreur « Mr.BELHOUARI Fethi » pour son aide, ses conseils précieux, sa gentillesse, son encouragement, sa disponibilité et pour ses dirigés du début à la fin de ce travail. J'adresse le grand remerciement à toute ma famille pour son aide et son soutien moral qui ont été pour moi une source de courage, de force et de confiance.

Je remercie également les honorables membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail. Je voudrais aussi exprimer ma gratitude à tous mes professeurs.

Enfin, merci à tous ceux qui m'ont aidé et m'ont donné la force de continuer à travailler afin d'atteindre mes objectifs.

Dédicace

Je dédie ce mémoire

Au meilleur père

À ma très chère mère

Qu'ils trouvent en moi la source de leur fierté

À mes chers frères et à ma chère grande sœur

À tous mes professeurs

À mes amies

À tous ceux qui me sont chers.

Sommaire

Chapitre I : Présentation de l'ouvrage	2
1. Introduction	3
2. Présentation de l'ouvrage étudié	3
2.1 Dimension en plan	5
2.2 Conception de l'ouvrage	5
2.3 Caractéristiques géotechnique des matériaux.....	6
2.4 Caractéristiques mécaniques des matériaux.....	6
2.5 Hypothèses de calcul	11
Chapitre II Pré dimensionnement.....	13
1 Introduction	13
2 Pré-dimensionnement	13
2.1 Planchers 13	
2.2 Détermination des dimensions des poutrelles:	15
3 Pré-dimensionnement des voiles.....	16
4 Les poutres	17
4.1 Poutres principales (PP)	17
4.2 Poutres secondaires (PS)	18
5 Descente de charges	19
6 Les poteaux.....	23
6.1 Le Pré-dimensionnement des poteaux.....	23
6.2 La loi de dégression des charges d'exploitation	23
6.3 Exemple de calcul.....	26
Chapitre III Etude de planchier	30
1. Introduction	31
2. Plancher à corps creux.....	31
2.1 Ferrailage de la dalle de compression : [BAEL91/B.6.8,423... ..]	
2.2 Etude des poutrelles.....	32
2.3 Calcul les moments fléchissant à l'ELU	38..
2.4 Calcul les moments fléchissant à l'ELS	39
2.5 Calcul abscisse de moment maximum ELU	39

2.6	Calcul abscisse de moment maximum ELS.....	40
3	Plancher à dalle pleine.....	55
3.1	Méthode de calcul	55
3.2	Calcul des moments fléchissant	61
3.3	Calcul du ferrailage de la dalle pleine	63
3.4	Vérification des contraintes de cisaillement.....	67
3.5	vérification de la flèche	68

Chapitre IV Etude éléments non structuraux 69

1.	Etude d'escaliers.....	70
1.1	Définition	70
1.2	Eléments constitutive	70
1.3	Pré-dimensionnement.....	70
1.4	Descente de charges	71
1.5	Calcul du ferrailage	73
1.6	Calcul du ferrailage	80
1.7	Calcul de la poutre brisée.....	84
2.	Etude de l'acrotère	90
2.1	Définition	90
2.2	Détermination des sollicitations.....	91
2.3	Détermination du ferrailage	93
3.	Etude des balcons	95
3.1	Introduction	95
3.2	Descente de charges	96
3.3	Moments fléchissant	97
3.4	Calcul du ferrailage.....	98
3.5	Vérification des contraintes de cisaillement.....	99
3.6	Vérification de la flèche	99

Chapitre V Etude sismique 100

1.	Introduction.....	101
2.	Etude sismique.....	101
3.	Méthode de calcul.....	101

3.1	Méthode statique équivalente.....	101
3.2	Méthode dynamique modale spectrale	102
3.3	Modélisation	102
3.4	Présentation de logiciel:	103
3.5	Préparation des données de ETABS	103
3.6	Calcul de la force statique équivalente	104
4.	Interprétation des résultats	105
5.	Méthode dynamique	106
5.1	Distribution verticale de la force sismique.....	108
6.	Résultats de l'analyse.....	109
6.1	Vérification de la période	109
6.2	Vérification de la résultante des forces sismiques par la méthode statique équivalente:	110
6.3	Vérification de déplacement	110
6.4	Justification vis-à-vis de l'effet P- : [RPA99 version 2003/5.9].....	112
6.5	Vérification de la section brute.....	113
7.	Conclusion:.....	114
Chapitre VI Etude portique		115
1	Introduction.....	116
2	Etude des poutres:.....	116
2.1	Ferraillage des poutres.....	116
2.2	Les sollicitations des poutres.....	117
3	Etude des poteaux	123
3.1	Définition	123
3.2	Principe de calcul	123
3.3	Exemple de calcul	126
3.4	Détermination de la zone nodale	136
Chapitre VII Etude des voiles		138
1.	Introduction	139
2.	Ferraillage des voiles.....	139
2.1	<i>Description relative aux armatures des voiles.....</i>	<i>139</i>
2.2	<i>Disposition constructives des armatures.....</i>	<i>139</i>

2.3 Voile périphérique:146

Chapitre VIII Etude des fondations..... 152

1 .Introduction:.....153

2. Etude de fondation 153

2.1 Calcul des semelles isolées 153

3. Etude du radier: 154

3.1 Pré dimensionnement du radier 154

3.2 Détermination des sollicitations 158

3.3 Vérification du radier 159

4. Ferrailage du radier161

5. Ferrailage du débordement..... 171

6. Pré dimensionnement des poutres174

6.1 Ferrailages des poutres..... 174

Liste des figures et tableaux

Chapitre I

Figure 1 : Plan de masse.....	3
Figure 2 : Plans RDC.....	4
Figure 3 : Plan de structure.....	5
Figure 4 : Diagramme parabole rectangle	9
Figure 5: Diagramme de calcul à l'état limite de service... ..	9
Figure 6 : Diagramme contrainte–déformation de l'acier... ..	10
Tableau 1 : Usage des niveaux du bloc étudié... ..	4

CHAPITR II

Figure 1 : Coupe de section en té	15
Figure 2: Coupe des murs voiles en élévation.....	16
Figure 3: Section des poutres principales... ..	18
Figure 4: Section des poutres secondaire	19
Figure 5: Coupe verticale du plancher en dalle pleine	23
Tableau 1 : le différents épaisseurs des voiles	16
Tableau 2 : distribution des charges permanentes.....	19
Tableau 3 : distribution des charges permanentes.....	20
Tableau 4 : distribution des charges permanentes.....	20
Tableau 5 : distribution des charges permanentes.....	21
Tableau 6 : distribution des charges permanentes.....	21
Tableau 7 : distribution des charges permanentes.....	22
Tableau 8 : distribution des charges permanentes.....	22
Tableau 9 : Dimensions préliminaires des poteaux et leur poids propres	24

Tableau 10 : Distribution et dégression des charges	25
---	----

CHAPITRE III

Figure 1 : Coupe transversale d'un plancher à corps creux.....	31
Figure 2 : Définition des moments	33
Figure 3 : Moments sur appuis intermédiaires... ..	34
Figure 4 : Représentation de la méthode de Caquot.....	34
Figure 5 : Schéma statique d'une poutre continue	35
Figure 6 : Schémas statiques des poutrelles... ..	37
Figure 11 : Diagramme des efforts tranchants... ..	43
Figure 12 : Diagramme des moments.....	43
Figure 20 : coupe transversale d'une poutrelle.....	55
Figure 21 : Enrobage... ..	57
Figure 22 : Schéma représentatif des différents types de panneaux de dalle avec diagramme des moments fléchissant.....	58
Figure 23 : Schéma représentatif des différents types de panneaux de dalle avec diagramme des moments fléchissant.....	60
Figure 23 : Section de calcul en travée sens x-x	63
Figure 24 : disposition des armatures de la nappe.....	68
Tableau 1 : Evaluation des charges et des surcharges.....	37
Tableau 2 : Calcul des efforts internes (M ; T)	41
Tableau 3 : Calcul des efforts internes (M ; T)	43
Tableau 4 : Calcul des efforts internes (M ; T)	44
Tableau 5 : Calcul des efforts internes (M ; T)	46
Tableau 6 : Calcul des efforts internes (M ; T).....	47

Tableau 7 : Calcul des efforts internes (M ; T)	48
Tableau 8 : Tableau récapitulatif des moments fléchissant.....	61
Tableau 9 : Valeur approchée des coefficients μ_x et μ_y	62
Tableau 10 : Tableau récapitulatif des sollicitations maximales.....	62

CHAPITRE IV

Figure 1 : Vue en plan de la cage d'escaliers	70
Figure 2 : coupe sur paillasse.	71
Figure 3 : Schéma statique Schéma statique de la paillasse porteuse	73
Figure 4 : Diagramme des moments fléchissant et l'effort tranchant	74
Figure 5 : Diagrammes des moments fléchissant et efforts tranchant E.L.S.....	76
Figure 6 : section de calcule de la paillasse en travée	76
Figure 7 : section de calcule de la paillasse en appuis	78
Figure 8 : Ferrailage de la paillasse.....	79
Figure 9 : Schéma statique de la marche porteuse	80
Figure 10 : Section de calcul de la marche.....	80
Figure 11 : Section de calcul de la marche.....	82
Figure 12 : Dessin de ferrailage de la marche porteuse.	84
Figure 13 : tableau des moments.....	86
Figure 14 : Ferrailage de la poutre brisée (30*40)	89
Figure 15 : Schéma statique	90
Figure 16 : Coupe transversale de l'acrotère.....	90
Figure 17 : Section de calcule	93
Figure 18 : Dessin du ferrailage de l'acrotère	95
Figure 19 : Coupe sur le balcon type1	96

Figure 20 : schéma statique de balcon.....	97
Figure 21 : section de calcul.....	98
Figure 22 : schémas de ferrailage de balcon... ..	100
Tableau 1 : tableau des moments... ..	86

ChapitreV

Figure 1 Vue de structure 3D	102
Tableau 1: Tableau récapitulatif des facteurs de qualités.....	105
Tableau 2:Tableau récapitulatif des poids de chaque étage... ..	107
Tableau 3 : les forces sismique.....	108
Tableau 5 : période et facteur de participation massique... ..	109
Tableau 6 : Les réactions à la base... ..	110
Tableau 7:Vérification des déplacements... ..	111
Tableau 8:les résultats des déplacements des étages suivant Sens (X.X)... ..	111
Tableau 9:les résultats des déplacements des étages suivant Sens(Y.Y)... ..	112
Tableau 10: Vérification de l'effet P-.....	113
Tableau 11:Vérification de la section brute... ..	114

CHAPITR VI

Figure 1: Ferrailage de la poutre principale (30*45).....	122
Figure 2:Ferrailage de la poutre secondaire (30*40)	123
Figure 3:la zone nodale	124
Figure 4:Sollicitations sur les Poteaux	127
Figure 5:Section réduite du béton	127
Figure6:PositionduPoind'application de l'effort normal... ..	128
Figure 7: Ferrailage des poteaux... ..	137

Tableau 1:Tableau récapitulatif des moments fléchissant et efforts normaux.	117
Tableau 2:Tableau récapitulatif des ferrailages des poutres.	122
Tableau 3: Tableau récapitulatif des moments fléchissant, efforts normaux et des efforts tranchants.	126
Tableau 4:Tableau récapitulatif du ferrailage des poteaux	137

CHAPITRE VII

Figure 1:disposition des armatures verticales et horizontales dans les voiles.....	140
Figure 2 : Sollicitations sur les voiles.....	141
Figure 3 : Ferrailage de voile de contreventement dans les deux sens.....	145
Figure 4 : section de calcule en travée (x-x).....	148
Figure 5 : section de calcule en travée (y-y).....	150
Figure6 :schéma du ferrailage d'un voile pour une bande de 1ml... ..	151
Tableau 1 : Tableau récapitulatif des sollicitations N en (KN), M en (KN.m) et les armatures dans le sens x-x.....	145
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des sollicitations N en (KN), M en (KN.m) et les armatures dans le sens y-y.....	146
Tableau 3 : Valeur approchée des coefficients μ_x et μ_y	147
Tableau 4 : Tableau récapitulatif des sollicitations maximales.....	148

CHAPITRE VIII

Figure 1:Semelle isolée	153
Figure 2 : Dimensions du radier	156
Figure 3 : Schéma d'un radier général	157
Figure 4 : Dimensions du radier.	158

Figure 5 : Encreage de la structure.....	160
Figure 6 : Schéma représentatif des différents types de panneaux.....	161
Figure 7 le panneau le plus sollicité	162
Figure 9 : Section de calcule dans le sens x-x	163
Figure 10 : Section de calcule dans le sens y-y	163
Figure 8 : L'enrobage	163
Figure 11 : Schéma de ferrailage de la dalle du radier.....	171
Figure 12 : Présentation schématique de débord.....	171
Figure 13 : Section de calcul	172
Figure 14 : Dimensions des poutres	174
Figure 15 : Disposition des charges pour la poutre la plus défavorable.....	174
Figure 16 : Disposition des charges pour la poutre la plus défavorable.....	176
Figure 17 : Schéma de ferrailage de la poutre principale.....	178
Figure 18 : Schéma de ferrailage de la poutre secondaire.....	178
Tableau 1 : la stabilité du radier en situation durable.....	159
Tableau 2: la stabilité du radier en situation accidentelle.....	160
Tableau 3 : donnant les valeurs ρ	162
Tableau 4 : Moments selon BAEL91 (Art 4,2) à l'E.L.U	162
Tableau 5 : Moments selon BAEL91 (Art 4,2) à l'E.L.S.....	163
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des moments fléchissant des panneaux en appuis et en travées.....	164
Tableau 7 : Dimensions des poutres.....	174
Tableau 8 : Tableau récapitulatif des sollicitations et du ferrailage des poutres.....	177

LISTE_SYMBOLES

E : Séisme

G : Charges permanentes

Q : Action variables quelconque.

S : Action dues à la neige.

W : Action dues au vent.

A_s : Aire d'un acier.

B : Aire d'une section de béton.

E : Module d'élasticité longitudinal.

E_b : Module de déformation longitudinale du béton.

E_i : Module de déformation instantanée.

E_{fl} : Module de déformation sous fluage.

E_s : Module d'élasticité de l'acier.

E_v : Module de déformation différée (E_{vj} pour un chargement appliqué à l'âge de j jours).

F : Force ou action en général.

I : Moment d'inertie.

L : Longueur ou portée.

M : Moment en général.

M_g : Moment fléchissant développé par les charges permanente.

M_q : Moment fléchissant développé par les charges ou actions variable.
N : force de compression en général.

a : Une dimension (en générale longitudinal).

b : Une dimension (largeur d'une section).

b₀ : Epaisseur brute de l'âme de la poutre.

d : Distance du barycentre des armatures tendues à la fibre extrême la plus comprimée.

d : Distance du barycentre des armatures comprimées à la fibre extrême la plus comprimée.

e : Excentricité d'une résultante ou effort par rapport au centre de gravité de la section comptée positivement vers les compressions

f : Flèche.

fe : Limite d'élasticité.

fcj : Résistance caractéristique à la compression du béton a l'age j jours.

Ftj : Résistance caractéristique à la traction du béton a l'age j jours.

Fc28 et ft28 : Grandeurs précédentes avec j=28j.

g : Densité des charges permanentes.

h0 : Epaisseur d'une membrure de béton.

h : Hauteur totale d'une section.

i : Rayon de giration d'une section de B A.

j : Nombre de jours.

lf : Longueur de flambement.

ls : Longueur de scellement.

n: Coefficient d'équivalence acier-béton ;

p : Action unitaire de la pesanteur.

q : Charge variable.

x : Coordonnée en général, abscisse en particulier.

bc : Contrainte de compression du béton.

qu : Contrainte de rupture.

a : Contrainte admissible du sol.

Qpu : charge limite de pointe.

Qsu : Charge limite de frottement latérale.

C : cohésion du sol.

Γ : poids volumique

Nc, Ny, Nq sont des paramètre sans dimension dépendant de γ , ils sont donnes par le tableau de l'article 3.31(DTR-BC2.331).

Introduction générale

Pour mieux se protéger contre d'éventuels événements sismiques, il est nécessaire de bien comprendre le phénomène des tremblements de terre qui est à l'origine de mouvements forts de sol.

Le mouvement sismique a pour effets d'induire dans le sol et les ouvrages des forces d'inerties importantes et rapidement variables. Son action s'exerce donc d'une manière fondamentalement dynamique.

L'amélioration de la réglementation technique de la construction se base donc sur une connaissance approfondie du mouvement du sol.

A cet effet l'ingénieur en génie civil est censé concevoir des édifices de manière à faire face à ce phénomène (construction parasismique), il doit en outre tenir compte de différents facteurs tels que l'économie, l'esthétique, la résistance et surtout la sécurité.

Dans l'analyse et le dimensionnement des structures, l'ingénieur doit appliquer le règlement afin d'assurer le bon fonctionnement de l'ouvrage, son choix du système de contreventement dépend de certaines considérations à savoir la catégorie du site, la hauteur et l'usage de la construction ainsi que les contraintes architecturales.

Le projet qui nous a été confié porte sur l'étude d'un bâtiment multifonctionnel (R+8+sous-sol), il regroupe à la fois commerces et logements d'habitations et il est contreventé par des voiles

Nos premiers chapitres se résument au calcul statique, ensuite nous entamant l'étude dynamique dans le 5^{ème} chapitre à la recherche d'un bon comportement de notre structure par la mise en place d'une disposition bien choisie des voiles contreventements. Une fois que la disposition est adoptée, la structure est soumise au spectre de réponse du RPA, sa réponse va être calculée en utilisant le logiciel **ETABS**, le calcul du ferrailage des éléments structuraux sera exposé dans le 7^{ème} chapitre et enfin le calcul de l'infrastructure fera l'objet du chapitre N°8.

Chapitre 1

1. Introduction :

Dans tous les domaines de génie civil, le béton armé est le plus utilisé surtout dans les bâtiments à cause de sa résistance à la compression du béton et à la traction de l'acier. Ce chapitre présente d'une manière générale le contexte des matériaux utilisés et leurs formules de résistance.

2. Présentation de l'ouvrage étudié :

L'ouvrage qui fait l'objet de notre étude est un bâtiment (R+8 sous-sol) dont le Sous-sol est réservé à être parking, le RDC à usage commercial et 1^{ère} étage comme étage de service et reste des étage sont à usage d'habitation .

L'ouvrage est situé aux SISE KADAT "A" BOULEVARD "A" section 29N43 commune de BOUIRAM² qui est classé comme zone de moyenne sismicité ; Zone IIa (RPA 99 version 2003).



Figure 1 : Plan de masse

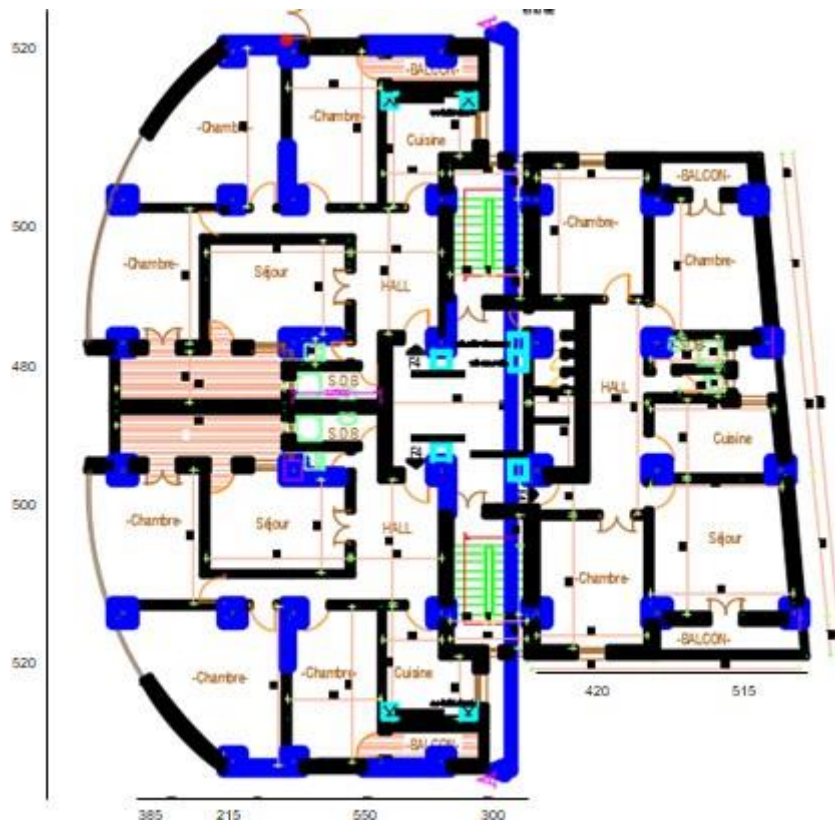


Figure 2 : Plans RDC

Tableau 1 : Usage des niveaux du bloc étudié

Niveaux	HAUTEUR
S. Sol	2,80 m
R.D.C	4,59 m
1 ^{ere} étage	3,40 m
Étages courants:2→8	3,06 m

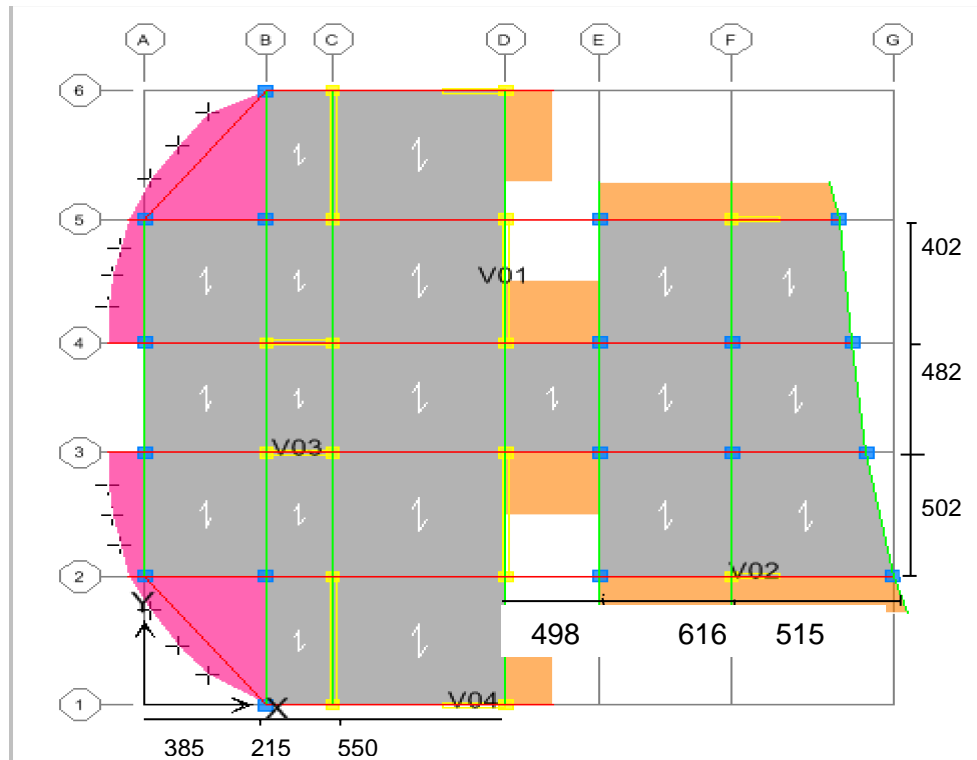


Figure 3 : Plan de disposition des voiles

2.1 Dimension en plan

- Longueur totale : **22,75 m**
- Largeur totale : **25,50 m**
- Hauteur totale : **32.21 m**

2.2 Conception de l'ouvrage

Ossature :

C'est une structure auto-stable réalisée en système de portique poteaux- poutres et voiles, pour assurer la stabilité de l'ensemble sous l'effet des actions verticales et horizontales.

Planchers :

Dans notre cas nous avons utilisé deux types du plancher :

- **Plancher corps creux** : pour les étages courant
- **Plancher en dalle pleine** : pour RDC et SOUS-SOL
- **Les poutres** :

Les poutres sont des éléments porteurs horizontaux. Il existe deux types de poutres, **Principales et secondaires (Chaînages)**.

Les poteaux :

Ce sont des éléments en béton armé, rectangulaire et circulai

Les voiles :

Les voiles sont des éléments en béton armé qui reprennent les efforts horizontaux. Dans notre structure, on distingue deux types de voiles :

- Voile de contreventement
- Voile périphérique

Balcons :

Les balcons sont réalisés en dalle pleine.

Escaliers :

Ce sont des éléments non structuraux, permettant le passage d'un niveau à un autre avec trois volées et palier inter étage en béton armé.

Maçonnerie :

- **Murs extérieurs :** sont réalisés en doubles parois en briques creuses de (15 cm ; 10 cm) d'épaisseur séparées par une lame d'air de 5 cm.
- **Murs intérieurs :** sont réalisés en simple parois en brique creuse de 10 cm d'épaisseur.

Revêtement :

- Enduit en ciment et en plâtre pour les murs et les plafonds.
- Revêtement en carrelage pour les planchers et les escaliers.
- Revêtement par étanchéité multicouche pour les planchers terrasses.

Isolation :

- L'isolation acoustique est assurée par le vide de corps creux et la masse du plancher.
- Au niveau de murs extérieurs l'isolation est assurée par le vide d'air entre les deux parois.
- L'isolation thermique est assurée par les couches de liège pour le plancher terrasse.

Acrotères:

La terrasse étant inaccessible est entourée d'un acrotère en béton armé d'une hauteur de 60 cm. et d'une épaisseur de 15cm.

Ascenseurs :

La hauteur importante de ce bâtiment exige l'utilisation d'un ascenseur.

2.3 Caractéristiques géotechnique des matériaux

L'étude de sol est obligatoire pour les ouvrages d'importance moyenne ou plus implantés en zone de sismicité moyenne à élevée.

D'après les résultats obtenus par l'étude géotechnique le rapport de sol, nous a donné ;
La contrainte admissible : $\sigma_{sol} = 2,5 \text{ bar}$

2.4 Caractéristiques mécaniques des matériaux

Le béton et l'acier seront choisis conformément aux règles de conception et calcul des structures en béton armé en vigueur en Algérie. Le béton peut endurer des efforts de compression mais sa résistance aux efforts de traction est faible, pour cela on introduit des armatures pour pallier cet inconvénient pour avoir un béton armé résistant à la compression et à la traction.

2.4.1 Béton :

Le béton est une pierre artificielle obtenue par durcissement d'un mélange du ciment, sable, gravier, eau, air et éventuellement de produits d'addition (adjuvant) suivant le respect de norme (dosage).

Résistance du béton

Résistance du béton à la compression :

Le béton est caractérisé par sa bonne résistance à la compression, cette résistance est mesurée par la compression axiale d'un cylindre droit de 200 cm² de section. Lorsque les sollicitations s'exercent sur le béton à un âge de « j » inférieur à 28 jours. On se réfère à la résistance f_{cj} . Obtenue au jour considéré, elle est évaluée par la formule.

Avec :

$$f_{c28} \leq 40 \text{ MPa} \quad f_{cj} = \frac{j}{4,76+0,83 j} \quad \text{Si } j < 28 \text{ jours}$$

$$f_{cj} = 1,1 f_{c28} \quad \text{Si } j > 28 \text{ jours}$$

$$f_{c28} > 40 \text{ MPa} \quad f_{cj} = \frac{j}{41,4+0,95 j} \quad \text{Si } j < 28 \text{ jours}$$

$$f_{cj} = 1,1 f_{c28} \quad \text{Si } j > 28 \text{ jours}$$

Résistance caractéristique à la traction :

Cette résistance est définie par la relation $f_{tj} = 0,6 + 0,06 f_{cj}$. Cette formule n'est valable que pour les bétons courants dans la valeur de f_{cj} ne dépasse pas 60 MPa.

Pour : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$ $f_{t28} = 2,1 \text{ MPa}$

Déformations longitudinales du béton :

- Déformations instantanées « E_{ij} » $E_{i=11000} \sqrt[3]{f_{c28}} = 32164,195 \text{ MPa}$

Pour le calcul sous charges de courte durée (<24H).

- Déformations différées « E_{vi} »

$$E_v = 3700 \sqrt[3]{f_{c28}} = 10818,9 \text{ MPa}$$

Pour le calcul sous charges de longue durée (24H).

Coefficient de poisson :

$\nu = 0$ Pour le calcul des sollicitations en considérant le béton fissuré (à l'ELU).

$\nu = 0.2$ Pour le calcul des déformations en considérant le béton non fissuré (à l'ELS).

Contrainte admissible de cisaillement :

- **Fissuration non préjudiciable (peu nuisible) :**

$$\bar{\tau}_U = \min \left(\frac{0.2 \times f_{cj}}{\gamma_b}, 5 \text{MPa} \right) = 3,33 \text{ MPa}$$

- **Fissuration préjudiciable ou très préjudiciable :**

$$\bar{\tau}_U = \min \left(\frac{0.15 \times f_{cj}}{\gamma_b}, 4 \text{MPa} \right) = 2,5 \text{ MPa}$$

$$\bar{\tau}_U = \frac{V_U}{b_0 \times d}$$

Avec

b_0 : Largeur de la section

d : Hauteur utile ($d=0,9h$)

Les états limites:

a) Etat Limite Ultime (ELU) :

Dans les calculs relatifs à l'état limite ultime de résistance, on utilise pour le béton un diagramme conventionnel dit parabole- rectangle, et dans certains cas par mesure de simplification un diagramme rectangulaire.

$$f_{bc} = 0,85 \frac{f_{c28}}{\theta \cdot \gamma_b}$$

Avec :

f_{bc} : Contrainte de calcul pour

ε_{bc} : Déformation du béton en compression.

f_{cj} : Résistance caractéristique à la compression du béton à « j » jours.

γ_b : Coefficient de sécurité $\gamma_b = \begin{cases} 1,5 & \text{En situation durable et transitoire} \\ 1,15 & \text{en situation accidentelle} \end{cases}$

θ : Facteur de durée d'application des charges :

1 durée >24

0,85 durée < 24

0,9 durée < 24

D'où la contrainte σ_{bc} est en fonction de son raccourcissement : $0 \leq \varepsilon_{bc} \leq 2$.

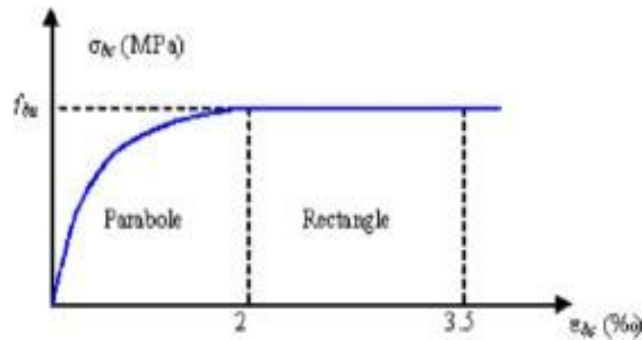


Figure 4 : Diagramme parabole rectangle

b) Etat Limite service (ELS) :

Il correspond à l'équilibre entre les sollicitations d'action réelles (non majorées) et les sollicitations calculées sans dépassement des contraintes limites, en supposant que le matériau se déforme dans le domaine élastique.

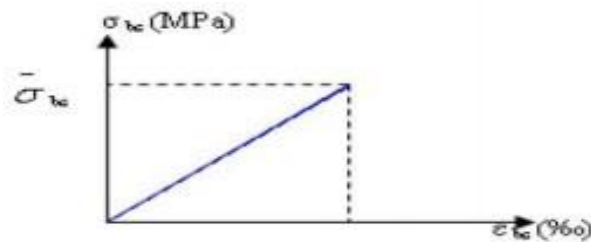


Figure 5: Diagramme de calcul à l'état limite de service.

La contrainte de compression du béton doit être au plus égale :

$$\sigma_{bc} \leq \bar{\sigma}_c = 0,6 f_{c28} = 15 \text{ MPa}$$

2.4.2 Acier :

Un acier est un alliage métallique constitué principalement de fer et de carbone en faible pourcentage (comprises entre 0,02 % et 2 % en masse pour le carbone), leur rôle est d'absorbé les efforts de traction, de cisaillement et de torsion. On distingue deux types d'aciers :

- Aciers doux ou mi-durs pour 0,15 à 0,25 % de carbone.
- Aciers durs pour 0,25 à 0,40% de carbone.

+ Différent type d'acier :

Dans la pratique ont utilisé les nuances d'acier suivantes :

Les ronds lisses (R.L) :

- Fe E 215 MPa
- Fe E 235 MPa

Les hautes adhérences (H.A) :

- Fe E 400 MPa
- Fe E 500 MPa

Les treillis soudés (T.S) :

- Treillis soudés de maille 150 x 150 mm²
- Treillis soudés de maille 200 x 200 mm²

✚ Contraintes limites :

Etat limite ultime (ELU) :

Les contraintes de calcul (σ_s) à l'ELU des armatures longitudinales et transversales sont données en fonction des déformations (ϵ_s) des aciers par le diagramme suivant :

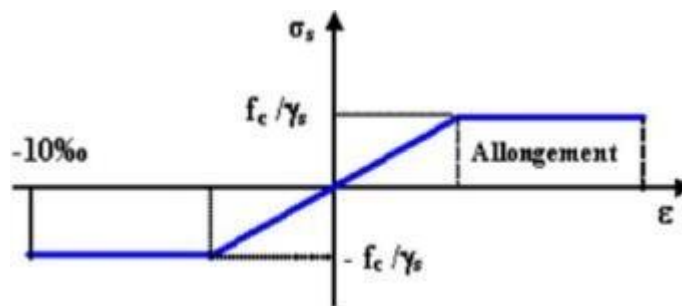


Figure 6 : Diagramme contrainte-déformation de l'acier.

$$\gamma_s = \begin{cases} 1,15 & \text{En situation durable et transitoire} \\ 1 & \text{en situation d'accidentalité} \end{cases}$$

Etat limite service (ELS) :

η : Coefficient de fissuration.

$$\begin{aligned} \eta &= 1,6 \text{ pour les HA de diamètre } \geq 6 \text{ mm.} \\ \eta &= 1,3 \text{ pour les HA de diamètre } < 6 \text{ mm.} \\ \eta &= 1,0 \text{ pour les ronds lisses (RL).} \end{aligned}$$

- **Fissuration préjudiciable** : $\bar{\sigma}_s \leq \min((2/3) f_e ; 110\sqrt{\eta * f_{tj}})$
Donc : $\bar{\sigma}_s \leq 201,63 \text{ MPa (H.A)}$
 $\bar{\sigma}_s \leq 156,66 \text{ Mpa (R.lisses) avec } f_e = 235 \text{ MPa}$
- **Fissuration très préjudiciable** : $\bar{\sigma}_s \leq \min((1/2) f_e ; 90\sqrt{\eta * f_{tj}})$
Donc : $\bar{\sigma}_s \leq 164,97 \text{ MPa (H.A)}$
 $\bar{\sigma}_s \leq 117,5 \text{ MPa (R.lisses) avec } f_e = 235 \text{ MPa}$
- **Fissuration peu nuisible** : aucune vérification n'est requise pour les aciers.

Module d'élasticité longitudinal :

Sa valeur est constante quelle que soit la nuance de l'acier : $E_s = 200000 \text{ MPa}$

2.5 Hypothèses de calcul :

Les hypothèses de calcul adoptées pour cette étude sont :

Béton :

- La résistance du béton à la compression à 28 jours : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$
- La résistance du béton à la traction à 28 jours : $f_{t28} = 0,6 + 0,06 f_{c28}$
- Le module d'élasticité instantané de béton à 28 jours $E_{ij} = 32164,195 \text{ MPa}$
- Le module d'élasticité différé de béton $E_v = 10818,9 \text{ MPa}$

Acier :

- Armatures longitudinales : FeE 400 [HA] $F_e = 400$
- Armatures transversales : FeE 235 [RL] $F_e = 235$
- Treillis soudés (pour la dalle de compression) $150 \times 150 \text{ mm}^2$
- Module d'élasticité longitudinal : $E_s = 200000 \text{ MPa}$

Sollicitations de calcul vis-à-vis des états limites :

Les sollicitations de calcul sont déterminées à partir de la combinaison d'actions suivantes :

- Etat limite ultime : $1,35 G + 1,5 Q$
- Etat limite service : $G + Q$

S'il y a intervention des efforts horizontaux dus au séisme, les règles parasismiques Algériennes ont prévu des combinaisons d'action suivantes :

- $G + Q + E$
- $G + Q + 1,2E$
- $0,8G + E$

Avec : G : charge

permanente Q :

charge

d'exploitation

E : effort de séisme

