

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique.

Ecole Nationale Polytechnique.



Département de Génie Civil
Société d'Etude et d'Engineering
Mémoire de Master en Génie Civil

Intitulé :

**Étude de l'infrastructure commune d'un ensemble de
bâtiments**

Abderrahmene Yaniss OTMANI

Soutenu le 19 Juin 2017 devant le jury composé de :

Président	M	A.LARIBI	Docteur	ENP
Encadreur	M	R.BOUTEMEUR	M.A.A	ENP
Co-Encadreur	M	F.RABAH OTMANI	INGENIEUR	S.E.E
Examinatrice	Mme	N.BAUCHE	M.A.A	ENP
Examinatrice	Mme	S.STIHI	M.A.A	ENP

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique.

Ecole Nationale Polytechnique.



Département de Génie Civil
Société d'Etude et d'Engineering
Mémoire de Master en Génie Civil

Intitulé :

**Étude de l'infrastructure commune d'un ensemble de
bâtiments**

Abderrahmene Yaniss OTMANI

Soutenu le 19 Juin 2017 devant le jury composé de :

Président	M	A.LARIBI	Docteur	ENP
Encadreur	M	R.BOUTEMEUR	M.A.A	ENP
Co-Encadreur	M	F.RABAH OTMANI	INGENIEUR	S.E.E
Examinatrice	Mme	N.BAUCHE	M.A.A	ENP
Examinatrice	Mme	S.STIHI	M.A.A	ENP

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة البنية التحتية المشتركة لمجموعة مباني متعددة الأغراض, ويتكون المشروع من ثمانية مبان بارتفاعات مختلفة, وقد تم بناء والتحقق من البنية التحتية وفقا لأنظمة البناء الحالية (RPA99 version 2003, CBA99, Eurocode 2)

البنية التحتية من نوع سطحي (أساس حَصيرة) وقد تم وضع نموذج لها بأستخدام نوعين من البرامج (ETABS V9.73, SAFE V12)

الكلمات المفتاحية : الأساس, أساس حَصيرة, نوع, تسليح, تشغيل, رسم بياني

Abstract

The aim of this work is to study the common infrastructure of a multipurpose building, the project consists of eight buildings of different heights.

The study and the verification of the infrastructure was established according to the building regulations in force (RPA99 version 2003, CBA93, Eurocode 2).

The infrastructure is of the superficial type (rafting), its modeling was made using the two software ETABS V9.73 and SAFE V12.

Key words : foundation, raft, type, reinforcement, working, diagram

Résumé

Le but de ce travail est l'étude de l'infrastructure commune d'un ensemble de bâtiment à usages multiples, le projet est constitué de huit bâtiments de différentes hauteurs

L'étude et la vérification de l'infrastructure a été établie selon les règlements de construction en vigueur (RPA99 version 2003, CBA93, Eurocode 2).

L'infrastructure est de type superficiel (radier), sa modélisation a été faite à l'aide des deux logiciel ETABS V9.73 et SAFE V12.

Mots clés : fondation, radier, type, ferrailages, fonctionnement, diagramme

DEDICASES

Je dédie ce Modest travaille à :

A ma mère, ma raison d'être, la lanterne qui éclaire mon chemin et m'illumine de douceur et d'amour.

A mon père, en signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude pour tout le soutien et le sacrifice dont il a fait preuve à mon égard.

A ma chère sœur pour son implication et son encouragement.

Aucun mot ne pourra décrire vos dévouements et vos sacrifices.

A mon amie Meddahi Samira, En témoignage de l'amitié sincère qui nous a liées et des bons moments passés ensemble.

A tous les gens qui ont cru en moi je vous dédie ce travail en vous souhaitant un avenir radieux et plein de bonnes promesses vos encouragements me donnent la force de continuer.

...



Remerciements

Après avoir rendu grâce à dieu le tout puissant le miséricordieux je tiens à remercier vivement tous ceux qui, de près ou de loin ont participé à la rédaction de ce document, il s'agit plus particulièrement de :

Monsieur Ramdane Boutemeur mon encadreur pour sa confiance, son suivie, son aide et sa contribution inestimable pour l'accomplissement de ce travail.

Messieurs Rabah Otmani Karim et Rabah Otmani Fouad respectivement directeur et ingénieur du bureau d'étude S.E.E (Société d'Etude Et d'Engineering) pour leurs disponibilités, leurs rigueurs scientifiques et leurs sens d'écoute et d'échange.

Les membres du jury pour avoir honoré notre soutenance et pour l'effort fourni afin de juger ce modeste travail.

Tous le corps professoral de l'Ecole National Polytechnique qui nous a fait bénéficier d'une formation pluridisciplinaire de haut niveau et très adaptée aux réalités du génie civil.

TABLE DES MATIERES

LISTES DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION GENERALE	9
CHAPITRE I GENERALITES SUR LES FONDATIONS	10
I.1 Introduction	11
I.2 Rôles des fondations	11
I.2.1 Rôle principale	11
I.2.2 Rôle secondaire	12
I.3 Fonctionnement des fondations.....	12
I.4 Types de fondations	13
I.5 Choix des fondations.....	14
I.6 Conclusion.....	14
CHAPITRE II GENERALITES SUR LES RADIERS	15
II.1 Introduction.....	16
II.2 Critères de choix	17
II.3 Mode de fonctionnement.....	17
II.4 Principe de construction	18
II.5 Types de radiers	18
II.6 Conclusion	19
CHAPITRE III ETUDE DE LA FONDATION.....	20
III.1 Introduction	21
III.2 Caractéristiques géométriques du radier	21
III.3 Modélisation de la fondation	21
III.4 Prédimensionnement de la fondation.....	24
III.4 Vérification des contraintes.....	26
III.5 ETUDE DU FERRAILLAGE	27
III.5.1 Interprétation	29

III.6 Conclusion	30
CONCLUSION GENERALE	31
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	32
ANNEXE	34

LISTES DES FIGURES

Figure I.1 Différents type de charges.....	10
Figure I.2 Action d'une charge sur une semelle isolée.....	11
Figure I.3 Type de fondations.....	12
Figure II.1 Radier avec débord.....	15
Figure II.2 Radier nervuré.....	15
Figure II.3 Actions supporté par le radier.....	16
Figure II.4 Répartition des charges sur un radier.....	16
Figure II.5 déformation d'un radier.....	17
Figure II.6 Renforcement du radier au droit des appuis.....	17
Figure II.7 Radier plat.....	18
Figure II.8 Radier champignon.....	18
Figure II.9 Radier voute.....	18
Figure III.1 Modélisation du bâtiment (A) R+15.....	21
Figure III.2 Modélisation du bâtiment (B) R+14.....	21
Figure III.3 Modélisation du bâtiment (C) R+6.....	22
Figure III.4 Modélisation du bâtiment (H) R+2.....	22
Figure III.5 Modélisation du bâtiment (F) R+2.....	22
Figure III.6 Modélisation du bâtiment (D) R+2.....	22
Figure III.7 Modélisation du bâtiment (F) R+2.....	22
Figure III.8 Modélisation du bâtiment (E) R+2.....	22
Figure III.9 Modélisation du projet.....	23
Figure III.10 Différentes empriseurs constituant le radier.....	24
Figure III.11 Diagramme des réactions sous la combinaison 0.8GE.....	25
Figure III.12 Diagramme des réactions sous la combinaison GQE.....	25
Figure III.13 Diagramme du ferrailage supérieur suivant la direction 1 (x).....	26
Figure III.14 Diagramme du ferrailage supérieur suivant la direction 2 (y).....	27
Figure III.15 Diagramme du ferrailage inferieur suivant la direction 1 (x).....	27
Figure III.16 Diagramme du ferrailage inferieur suivant la direction 2 (y).....	28
Figure III.17 Renforts du ferrailage inferieur suivant la direction 1 (x).....	29
Figure III.18 Renforts du ferrailage inferieur suivant la direction 2 (y).....	29

LISTE DES TABLEAUX

Tableau III.1 Vérification au poinçonnement des voiles les plus chargés.....	24
--	----

INTRODUCTION GENERALE

Les fondations constituent un des éléments essentiels d'un projet de construction et de leur qualité dépend la pérennité de l'ouvrage, il faut savoir que ce sont sur ces fondations que va reposer la totalité du poids : les charges permanentes de l'infrastructure et de la superstructure, les diverses charges et le poids des fondations elles-mêmes.

Beaucoup de sinistres subis par des ouvrages procèdent des défauts de conception ou de calcul des éléments des fondations, aussi une mauvaise conception peut conduire à un surdimensionnement de l'ouvrage c'est pour cela l'ingénieur doit se prémunir de ces conséquences en élaborant une méthodologie de dimensionnement basé sur les règlements de conception en vigueur et des résultats obtenue des essais in situ, pour parvenir à la fin à une structure de fondation établit dans les règles de l'art.

Dans le but d'illustrer les connaissances acquises durant mon parcours à l'Ecole National Polytechnique et d'assimiler une expérience dans le domaine d'étude et de conception d'ouvrage j'ai pris pour thème de master l'étude de l'infrastructure commune d'un ensemble de bâtiments à usages multiples contreventé par voiles située dans une zone de forte sismicité.

Cette étude sera menée suivant les étapes suivantes :

- Le 1^{er} chapitre présente et définit une fondation, justifie son rôle, explique son fonctionnement et énumère ses types.
- Le 2^{ème} chapitre expose le type de fondation choisie pour la structure, traduit son principe de construction et son mode de fonctionnement et illustre plusieurs de ses types.
- Le 3^{ème} et dernier chapitre comporte une étude détaillée de la fondation en partant des caractéristiques géométriques, son pré-dimensionnement, en passant par sa modélisation et en arrivant au calcul détaillé de son ferrailage suivis par sa vérification vis-à-vis des différents règlements en vigueur.

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LES FONDATIONS

I.1 Introduction

Un ouvrage quelle que soient sa forme et sa destination, prend toujours appui sur un sol d'assise, les éléments qui jouent le rôle d'interface entre l'ouvrage et le sol s'appellent fondations.

Une fondation se définit comme la partie d'un bâtiment ou d'un ouvrage de travaux publics qui assure la transmission dans le sol des charges (poids propre, forces climatiques, sismiques et charges d'exploitation) de celui-ci.

Les fondations d'un bâtiment représentent un enjeu essentiel de sa construction, car elles forment la partie structurelle qui assure sa portance et permet de contrôler les tassements dus aux charges qu'il applique au sol et les infiltrations dues à la présence éventuelle d'eau dans le terrain.

I.2 Rôles des fondations

I.2.1 Rôle principale

Le rôle majeur d'une fondation est d'assurer la transmission des charges supporter par les éléments porteurs de la structures ces charges peuvent être :

Verticales :

- Les charges permanentes telles que le poids des éléments porteurs ainsi le poids des éléments non porteurs.
- Les charges variables telles que le poids des meubles, le poids des personnes, le poids de la neige...

Horizontales :

- Les charges permanentes telles que la poussée des terres.
- Les charges variables telles que la poussée de l'eau ou du vent.

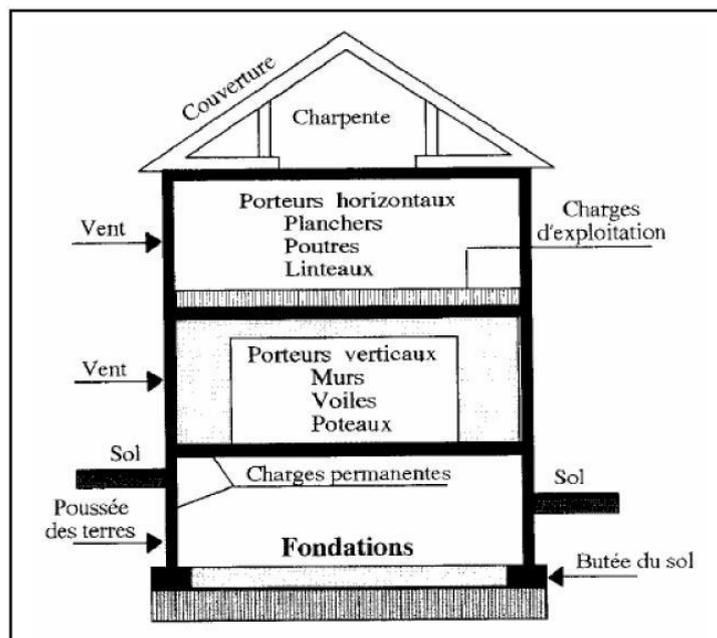


Figure I.1 Différents type de charges.

I.2.2 Rôle secondaire

La fondation doit assurer aussi :

1. La fondation doit résister elle-même aux charges et doit être calculée en conséquence.
2. L'ensemble (ouvrage-fondation-sol) doit être en équilibre stable, il ne doit pas y avoir possibilité de mouvement :
 - **pas de glissement horizontal** l'adhérence sol – fondation doit empêcher les forces horizontales (poussées du vent, des terres...) de pousser l'ouvrage horizontalement.
 - **pas de basculement** les charges horizontales ont tendance à faire basculer l'ouvrage car elles créent un moment, Les forces verticales (poids) doivent les contrebalancer.
 - **pas de déplacement vertical**, le sol doit être suffisamment résistant pour éviter l'enfoncement du bâtiment de manière uniforme ou dissymétrique (tassements différentiels entre deux parties solidaires de l'ouvrage) et le bâtiment doit être suffisamment lourd pour éviter les soulèvements dus à l'action de l'eau contenue dans le sol (poussée d'Archimède).
3. Une fondation doit être **durable**, toutes les précautions devront être prises dans les dispositions constructives, le choix et l'emplacement des matériaux, ainsi que dans la mise en œuvre.
4. Une fondation doit être économique, le type de fondation, les matériaux employés et la mise en œuvre doivent être le moins coûteux possible.

I.3 Fonctionnement des fondations

Le fonctionnement d'une fondation consiste à répartir les charges supportées par un élément porteur (voile ou poteaux) sur une surface horizontale beaucoup plus importante et donc de diminuer la pression exercée sur le sol, c'est-à-dire diminuer la force exercée sur le sol par unité de surface.

Il faudra toujours s'assurer que la pression exercée par la fondation sur le sol est inférieure à la pression que peut supporter le sol. La pression que peut supporter le sol a été déterminée grâce aux essais de reconnaissance de sol.

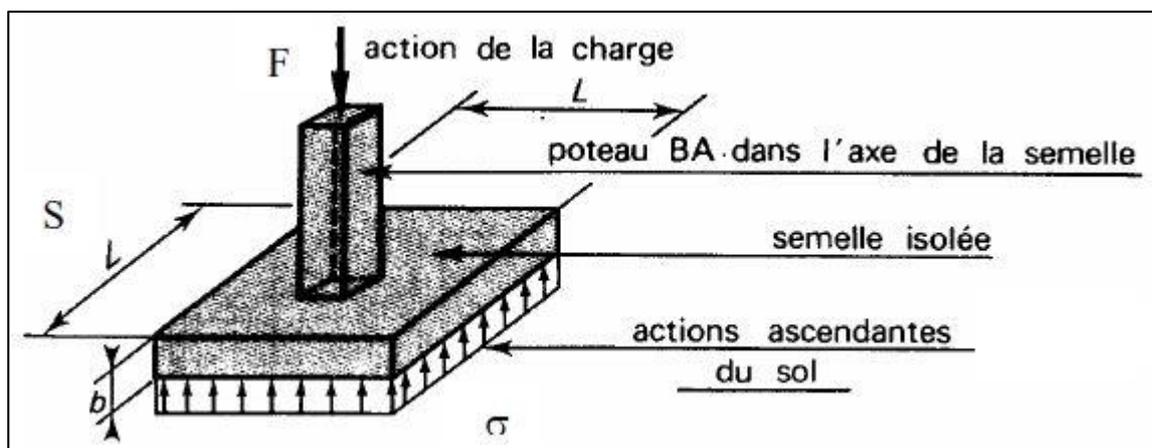


Figure I.2 Action d'une charge sur une semelle isolée.

I.4 Types de fondations

Les fondations sont classées en deux types :

1. Fondations superficielles :

Les fondations superficielles sont mises en œuvre lorsque la construction peut prendre appui sur une couche de résistance acceptable à faible profondeur par rapport au niveau le plus bas de la construction et non du terrain naturel.

Les fondations superficielles sont de trois types :

- **Semelle isolée**, placée sous un poteau.
- **Semelle filante**, placée sous un mur ou plusieurs poteaux rapprochés.
- **Radiers**

2. Fondations profondes et spéciales :

Une fondation profonde est caractérisée par la manière dont le sol est sollicité pour résister aux charges appliquées à savoir :

- résistance en pointe
- par frottement latéral
- résistance de pointe et frottement latéral (cas courant)

On distingue une fondation superficielle d'une fondation profonde par la condition suivante :

$$H/B < 6 \text{ ou } H < 3 \text{ m}$$

Avec :

H : Profondeur de la fondation.

B : Largeur de la fondation.

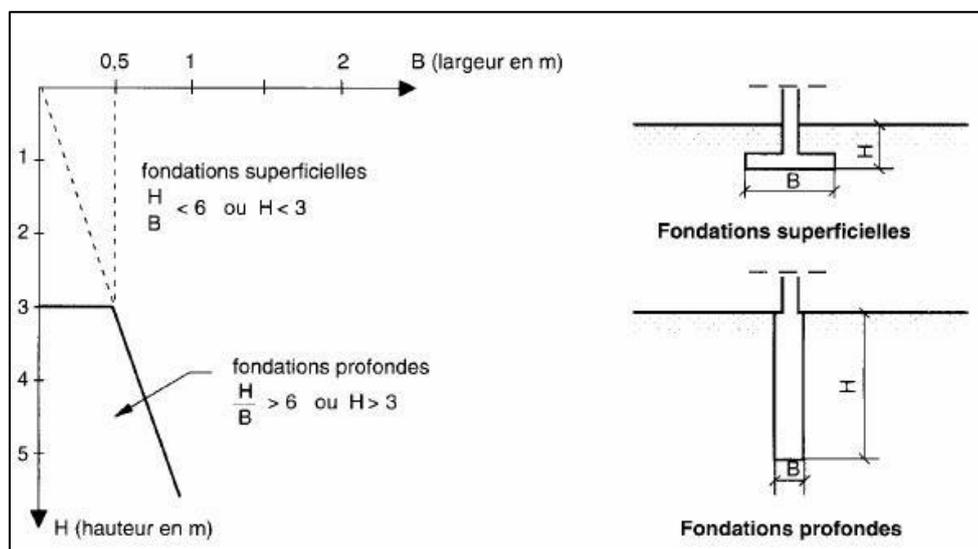


Figure I.3 Type de fondations.

I.5 Choix des fondations

Le choix du type de fondation dépend :

- Du type d'ouvrage à fonder, donc des charges appliquées à la fondation.
- De la résistance du sol :

Il est important de faire une bonne reconnaissance des sols. Si la couche superficielle est suffisamment résistante, il sera quand même nécessaire de faire une reconnaissance de sol sous le niveau de la fondation sur une profondeur de deux fois la largeur de la fondation et s'assurer que les couches du dessous sont assez résistantes.

Si la couche superficielle n'est pas assez résistante, une reconnaissance des sols devra être faite sur une profondeur plus importante.

- Le coût d'exécution.

I.6 Conclusion

Une fondation représente une partie essentielle du squelette constituant une structure son choix et son calculs dépendent de plusieurs critères auxquels il faut s'y référer

La fonction d'une fondation est de transmettre au sol les charges qui résultent des actions appliquées sur la structure qu'elle supporte.

CHAPITRE II

GENERALITES SUR LES RADIERS

II.1 Introduction

Un radier est une dalle plane (Figure II.1), éventuellement nervurée (Figure II.2), constituant l'ensemble des fondations d'un bâtiment. Il s'étend sur toute la surface de l'ouvrage, il comporte parfois des débords (consolés extérieurs).

Un radier se présente comme un plancher renversé avec ou sans poutre, recevant du sol des charges réparties ascendantes et prenant appuis sur les éléments porteurs verticaux qui exercent sur lui des charges descendantes.

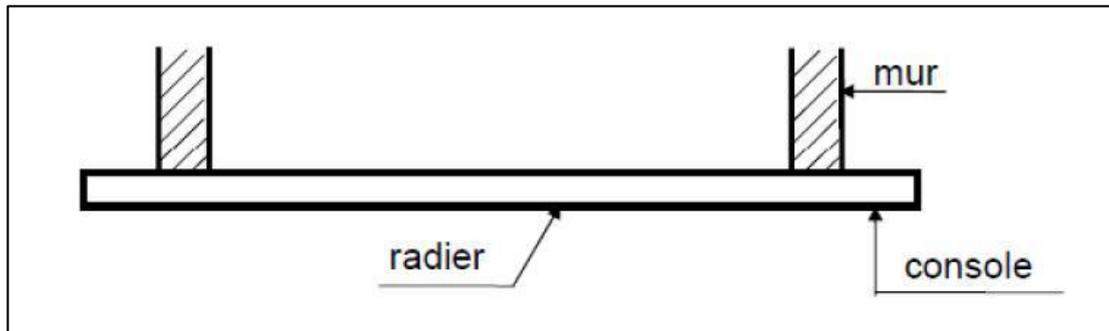


Figure II.1 Radier avec débord.

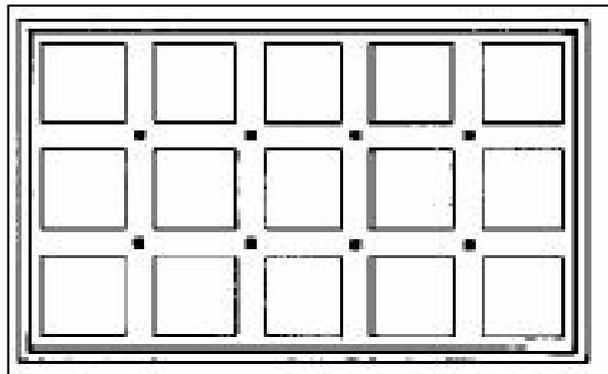


Figure II.2 Radier nervuré.

Comme tous types de fondation il transmet les charges du bâtiment sur l'ensemble de sa surface au sol.

Ce type de fondations est principalement utilisé dans deux cas :

- Lorsque la capacité portante du sol est faible : le radier est alors conçu pour jouer un rôle répartisseur de charges, son étude doit toujours s'accompagner d'une vérification du tassement général de la construction.
- Lorsque le sous-sol d'un bâtiment est inondable le radier jouera alors le rôle d'un cuvelage étanche pouvant résister aux sous-pressions.

Ce type d'ouvrage ne doit pas être soumis à des charges pouvant provoquer des tassements différentiels trop élevés entre les différentes zones du radier.

II.2 Critères de choix

Le radier est justifié si la surface des semelles isolées ou continues est très importante (supérieure ou égale à 50 % de l'emprise du bâtiment) Ce qui est le cas lorsque :

- Le sol a une faible capacité portante mais il est relativement homogène.
- Les charges du bâtiment sont élevées (immeuble de grande hauteur).
- La profondeur à atteindre pour fonder sur un sol résistant est importante.
- Il est difficile de réaliser des pieux (coût - vibrations nuisibles).
- Il existe des charges excentrées en rive de bâtiment.
- Obtention d'un sous-sol étanche (cuvelage).

II.3 Mode de fonctionnement

Le radier subit deux formes d'action mécanique, une **action descendante** qui sera représenté par le poids propres de la superstructure ainsi que les actions extérieures, et une **action ascendante** du sol répartie sur tout sa surface.

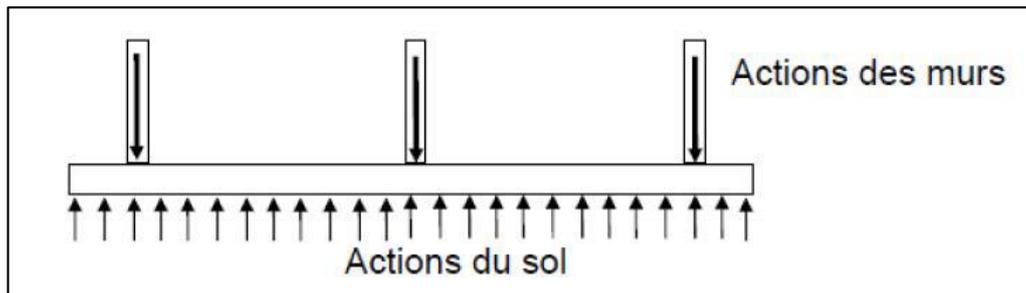


Figure II.3 Actions supporté par le radier.

Le radier se comporte comme un plancher renversé, il comporte des parties comprimées mais aussi des parties tendues auxquelles il faudrait les renforcer par le biais d'armatures, ces zones de renforcement sont principalement les appuis des murs et poteaux.

Cette notion a été notée en partant de l'hypothèse que la répartition des pressions du radier sur le sol est uniforme, cette hypothèse engendre un radier de forte épaisseur de béton ainsi qu'une forte densité d'armatures.

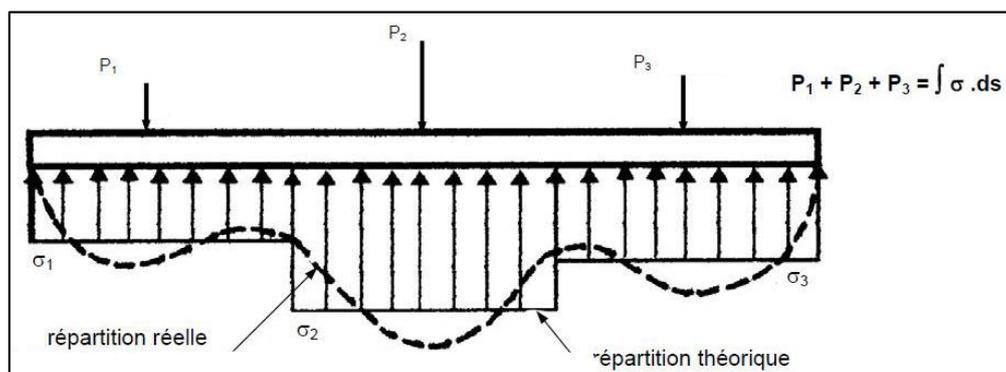


Figure II.4 Répartition des charges sur un radier.

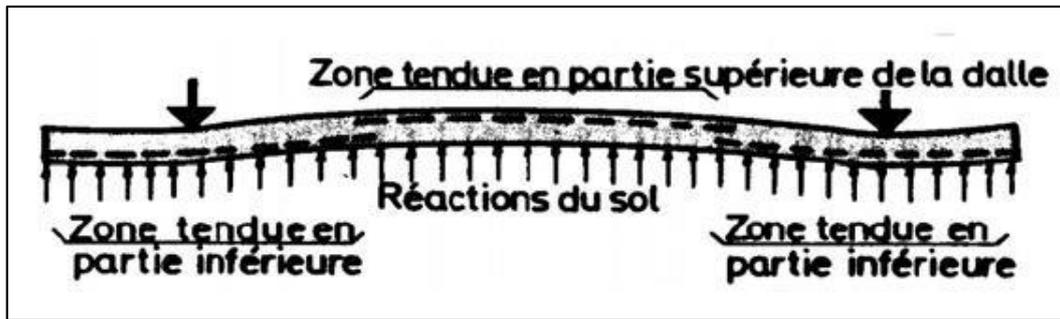


Figure II.5 déformation d'un radier.

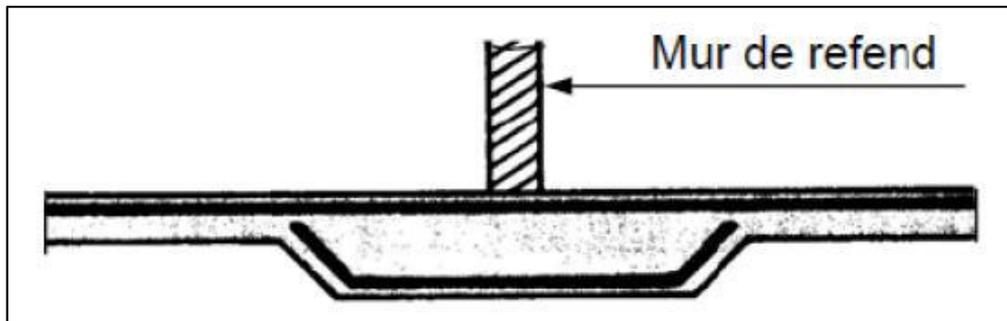


Figure II.6 Renforcement du radier au droit des appuis.

II.4 Principe de construction

L'élaboration d'un radier peut être envisagée seulement si ces conditions sont présentes :

- Les charges apportées par le bâtiment doivent être régulièrement réparties.
- La répartition des contraintes sous le radier est uniforme.
- Le terrain sous le radier n'est soumis qu'à des contraintes de compression en tout point.
- Le sol d'assise à une résistance régulière (pas de tassements différentiels).

II.5 Types de radiers

On distingue plusieurs types de radiers à chacun ses avantages et inconvénients parmi ces types là on site :

- Radier plat d'épaisseur constante.
- Radier nervuré.
- Radier champignons.
- Radier voûté.
- Radier souple.

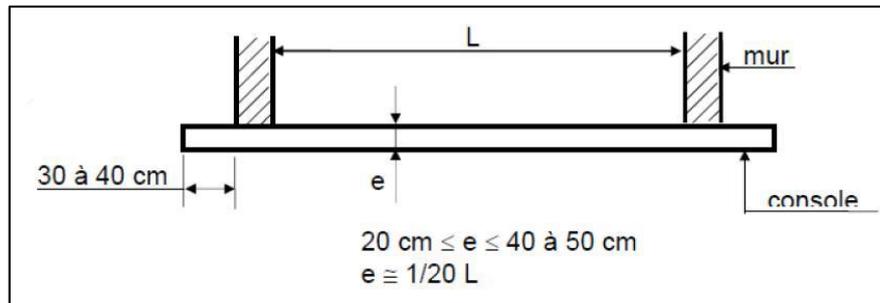


Figure II.7 Radier plat.

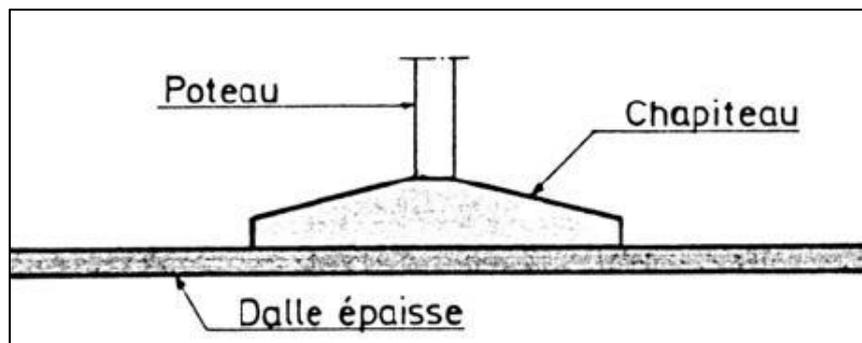


Figure II.8 Radier champignon.

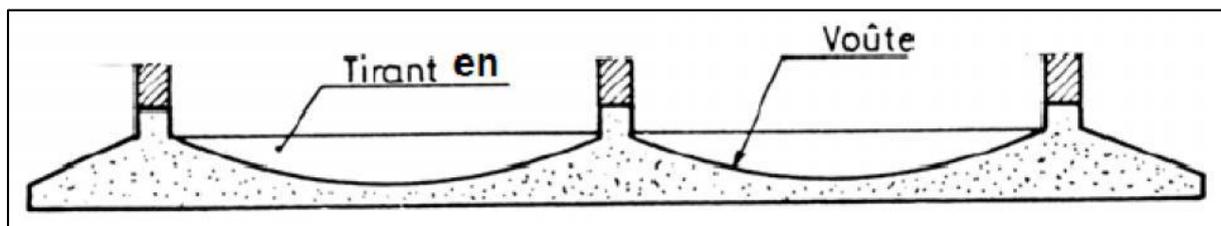


Figure II.9 Radier voûte.

II.6 Conclusion

Le radier est une plateforme stable qui permet une meilleure répartition des charges apportés pas les éléments porteurs, il est assimilé à un plancher renversé, il présente plusieurs conditions et principes pour son choix comme fondation ainsi que sa construction.

CHAPITRE III

ETUDE DE LA FONDATION

III.1 Introduction

Le projet étudié est composé de plusieurs bâtiments qui comporte une infrastructure commune, ils reposent tous sur un radier général.

Ce type de fondation sera étudié et vérifié suivant les règlements en vigueur à savoir CBA93 / RPA 2003, sera modéliser à l'aide du logiciel Etabs V9.73 et enfin son ferrailage sera calculer à l'aide du logiciel SAFE V12.

III.2 Caractéristiques géométriques du radier

Les données propres au radier sont :

- Surface : 6164.76m²
- Centre de gravité : G(48.85 m ; 36.90 m)
- Longueur : 107.64m
- Largeur : 66.23m
- Ancrage : 8.5m

III.3 Modélisation de la fondation

Le projet comporte les bâtiments suivants :

- (R+15)
- (R+14)
- (R+6)
- 5 × (R+2)

Il comporte trois sous-sols qui sont communs pour tous les bâtiments.

Chaque bâtiment sera modélisé par le biais du logiciel Etabs V9.73, le radier du projet s'obtiendra par l'assemblage de tous ces bâtiments.

Chaque bâtiment sera contrôlé vis-à-vis de l'effort tranchant à la base et en ce qui concerne les éléments porteurs (voiles) ils seront contrôlés au cisaillement et à la compression du béton par les conditions suivantes :

- **Résultante sismique à la base :**

$$V_{\text{etabs}} < 0.8 V_{\text{statique}} \text{ equi}$$

$$V = \frac{A \times D \times Q}{R} \times W$$

V_{etabs} : résultante sismique à la base donnée par Etabs

Dans laquelle :

- A : coefficient d'accélération de zone
- Q : facteur de qualité
- R : coefficient de comportement
- W : poids total de la structure
- D : facteur d'amplification dynamique

- **Vérification au cisaillement :**

Pour les armatures horizontales il faut vérifier que

$$\tau_b \leq \bar{\tau}_b$$

$$\frac{\bar{v}}{e \times d} \leq 0.2 \times f_{c28}$$

e = Epaisseur du voile

L = Longueur du voile

d = 0.9 × L

$\bar{V} = 1.4 \times T$

- **Vérification à la compression du béton :**

Pour les armatures verticales il faut vérifier que

$$\sigma = \frac{N}{el} + \frac{|M|}{el} \leq 0.6 f_{c28}$$

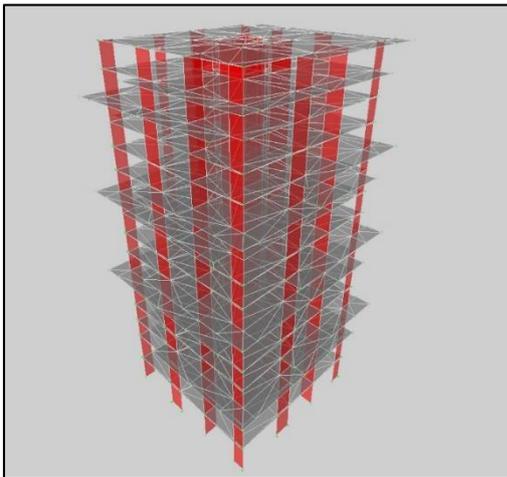


Figure III.1 Modélisation du bâtiment (A) R+15.

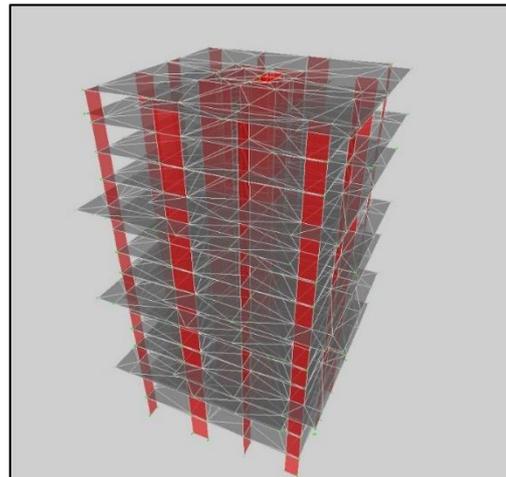


Figure III.2 Modélisation du bâtiment (B) R+14.

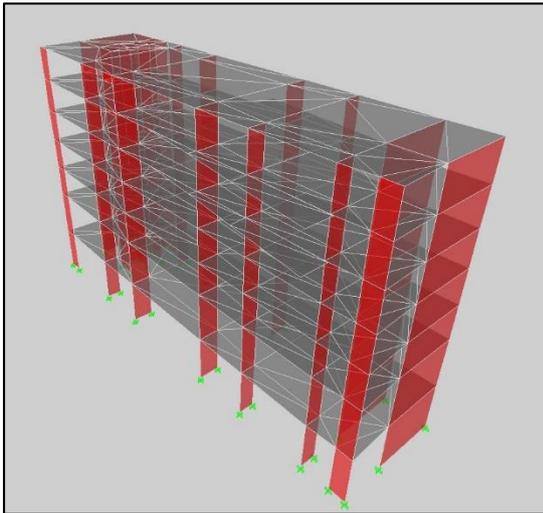


Figure III.3 Modélisation du bâtiment (C) R+6.

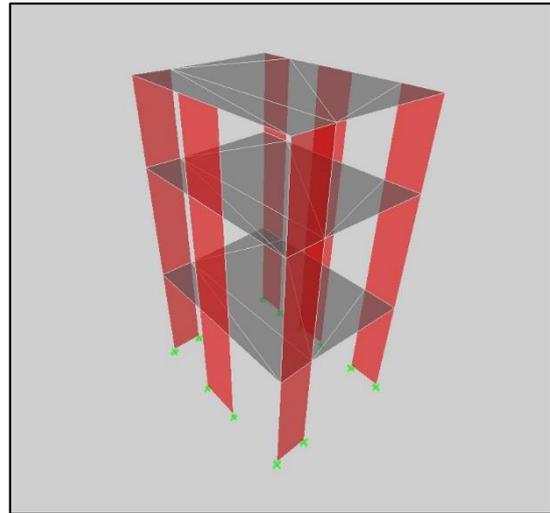


Figure III.4 Modélisation du bâtiment (H) R+2.

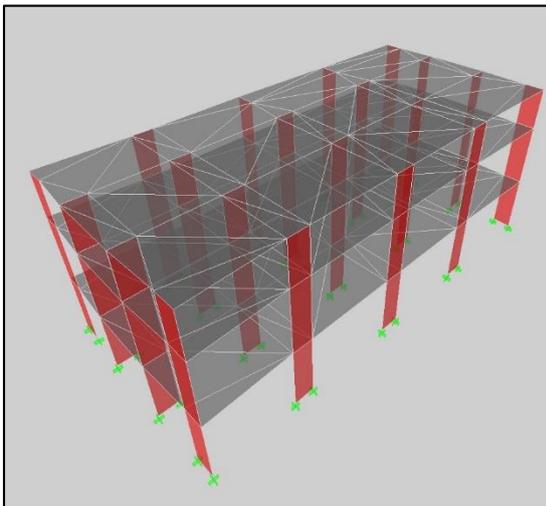


Figure III.5 Modélisation du bâtiment (F) R+2.

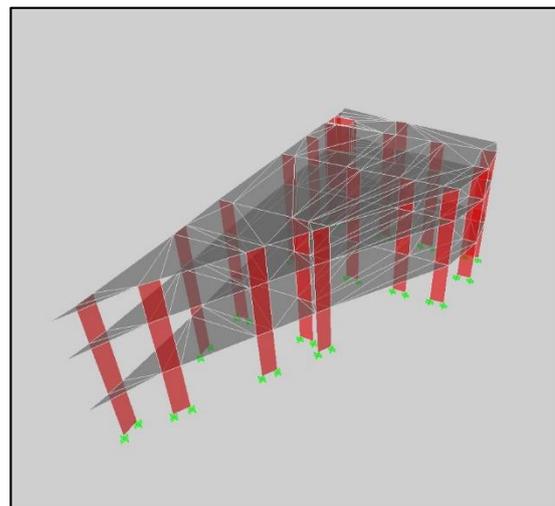


Figure III.6 Modélisation du bâtiment (D) R+2.

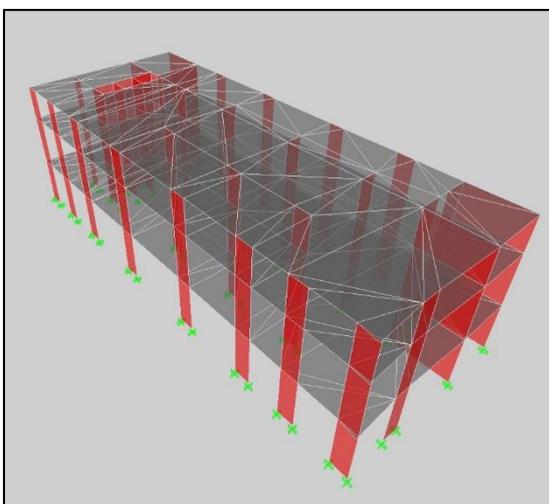


Figure III.7 Modélisation du bâtiment (F) R+2.

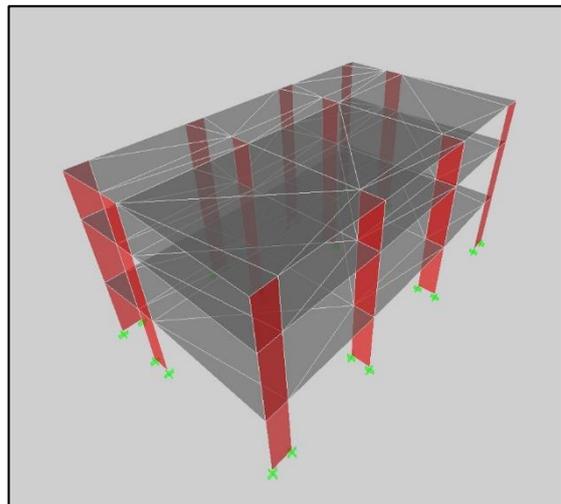


Figure III.8 Modélisation du bâtiment (E) R+2.

L'assemblage des huit bâtiments est représenté dans la figure suivante

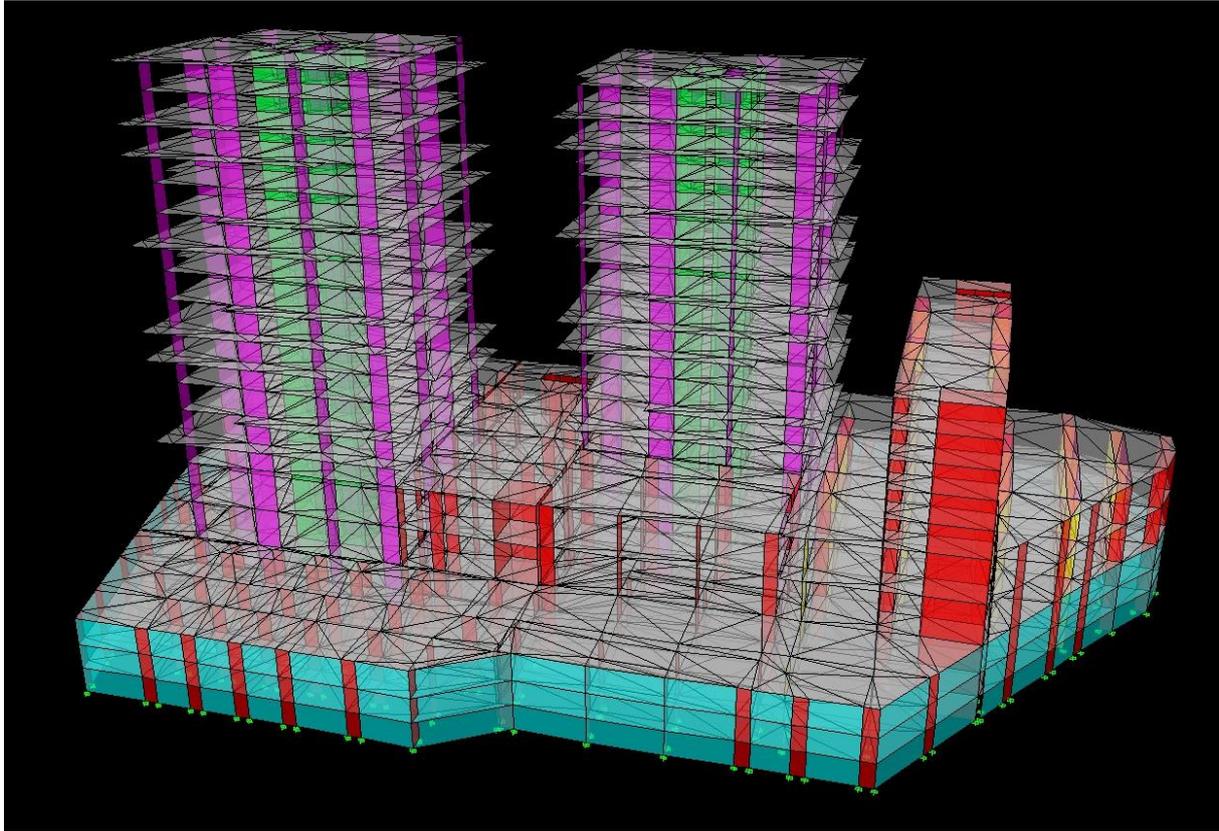


Figure III.9 Modélisation du projet.

III.4 Prédimensionnement de la fondation

Le radier générale du projet aura deux dimensions différentes, ce choix l'a été pris en cause pour des raisons de différences des charges d'un bâtiment à un autre et aussi pour des raisons économiques.

Pour cela sous les bâtiments R+15 et R+14 on opte pour une épaisseur de ($E_1 = 130\text{cm}$), sous le bâtiment R+6 et R+2 (D) une épaisseur de ($E_2 = 100\text{cm}$) pour les autres bâtiments une épaisseur de ($E_3 = 70\text{cm}$).

Pour s'assurer de ce pré-dimensionnement les voiles du sous-sol 3 seront vérifiés au **poinçonnement** par la condition de l'RPA suivante :

$$P_u \leq 0.045 \times h \times \mu_c \times \frac{f_{c28}}{\delta_b}$$

Avec :

- P_u : Charge (état limite ultime) revenant au voile le plus chargé.
- μ_c : Périmètre de la surface d'impact projeté sur le plan moyen.
- h : Epaisseur du radier.

Tableau III.1 Vérification au poinçonnement des voiles les plus chargés.

Story	Pier	Load	P(KN)	E(m)	L(m)	H(m)	$U_c(m)$	δ_b	$f_{cj}(kn)$	$\sigma(sol)$	Q(adm)	obsv
SS3	VA46	GQE MIN	21466.03	0.5	3.68	1.3	13.56	1.15	25000	300	23085.18	vérifié
SS3	VB45	GQE MIN	17302.65	0.5	3.68	1.3	13.56	1.15	25000	300	23085.1826	vérifié
SS3	VC31	GQE MIN	10021.2	0.3	6	0.7	15.8	1.15	25000	300	16697.2174	vérifié
SS3	VD1	GQE MIN	6903.78	0.45	1.4	0.7	6.9	1.15	25000	300	7245	vérifié
SS3	VE12	ELU	4855.06	0.3	1.4	0.7	6.6	1.5	25000	300	5670	vérifié
SS3	VF119	ELU	5228.71	0.3	1.4	0.7	6.6	1.5	25000	300	5670	vérifié
SS3	VG118	ELU	5493.1	0.3	1.4	0.7	6.6	1.5	25000	300	5670	vérifié
SS3	VH13	ELU	4437.06	0.3	1.4	0.7	6.6	1.5	25000	300	5670	vérifié
SS3	VSS14	ELU	4747.38	0.3	1.4	0.7	6.6	1.5	25000	300	5670	vérifié

Le tableau précédent résume la vérification au poinçonnement du voile le plus chargé dans chaque bâtiment.

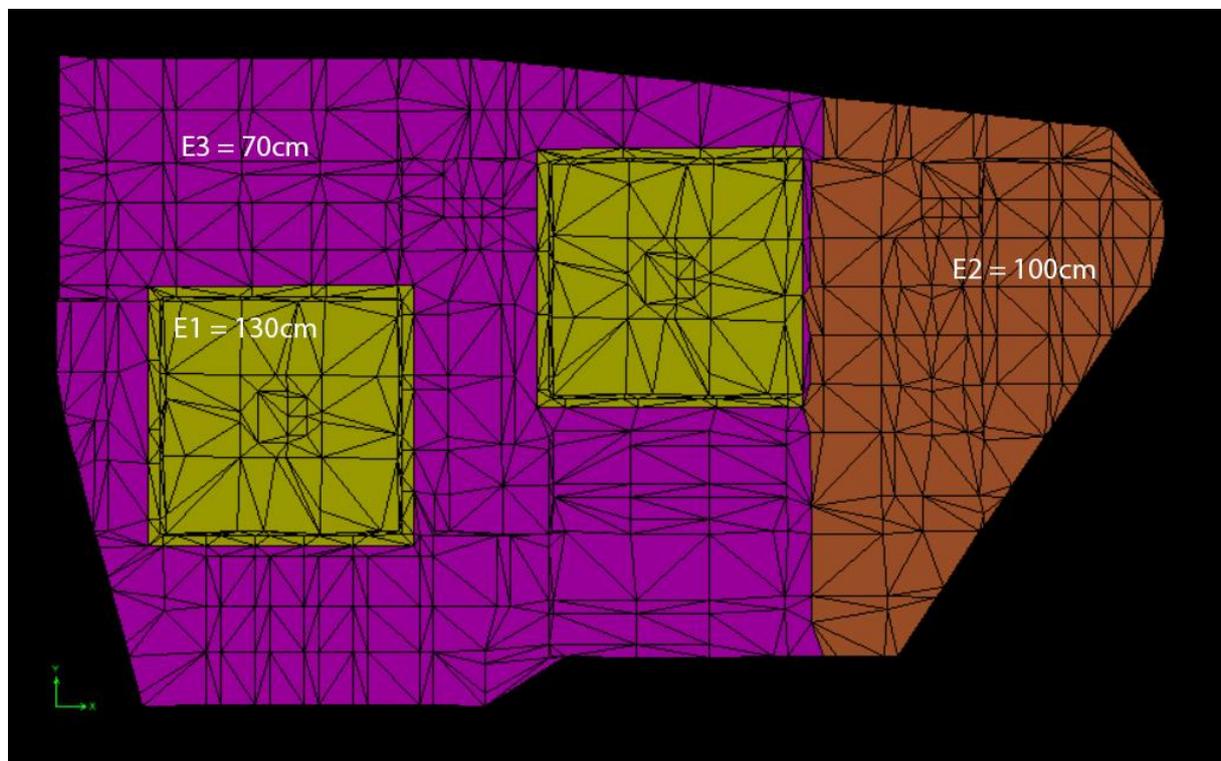


Figure III.10 Différentes épaisseurs constituant le radier.

III.4 Vérification des contraintes

Après avoir exporter la modélisation du radier du logiciel Etabs vers le logiciel Safe et compléter les modifications nécessaires à apporter, le calcul du logiciel donne les diagrammes de réactions suivants (figure III.11).

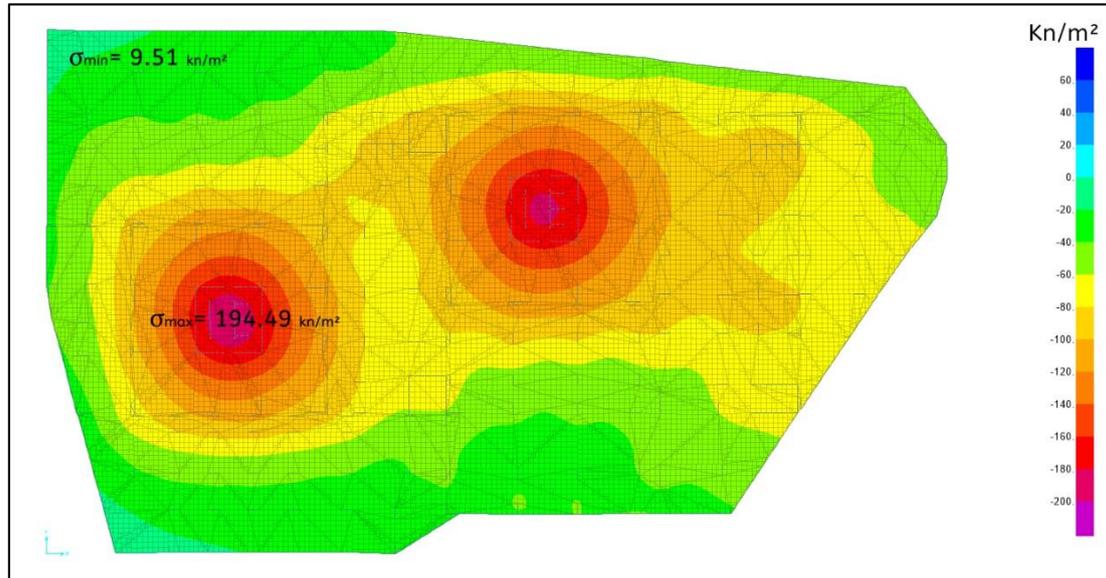


Figure III.11 Diagramme des réactions sous la combinaison 0.8GE.

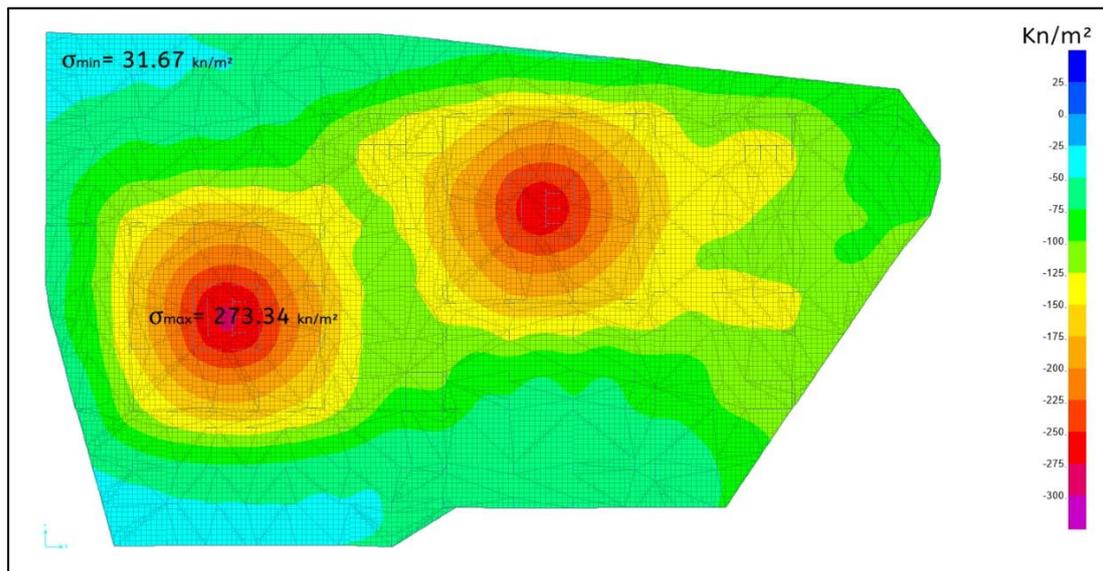


Figure III.12 Diagramme des réactions sous la combinaison GQE.

Sous l'effet du moment renversant dû au séisme, la contrainte sous le radier n'est pas uniforme. On est dans le cas d'un diagramme rectangulaire ou trapézoïdal ; on calcule la contrainte conventionnelle de référence (Fascicule N°62-Titre V) suivant la formule suivante :

$$\sigma_{\text{ref}} = \frac{3 \times \sigma_{\text{max}} + \sigma_{\text{min}}}{4} \leq \overline{\sigma}_{\text{sol}}$$

Pour que le radier soit stable et ne se renverse pas il faut que la condition précédente se vérifie

- **Vérification sous 0.8GE**

$$\sigma_{max} = \frac{3 \times 194.49 + 9.51}{4} = 0.148 \text{ Mn/m}^2 \leq \overline{\sigma_{sol}} = 0.3 \text{ Mn/m}^2$$

- **Vérification sous GQE**

$$\sigma_{max} = \frac{3 \times 273.34 + 31.67}{4} = 0.212 \text{ Mn/m}^2 \leq \overline{\sigma_{sol}} = 0.3 \text{ Mn/m}^2$$

D'où la condition est vérifiée pour les deux combinaisons, pas de risque de renversement.

III.5 Etude du ferrailage

Pour pouvoir étudier le ferrailage du radier on exporte ce dernier avec tous les efforts qui lui sont appliqués du logiciel Etabs vers le logiciel Safe.

En introduisant un code de design et les combinaisons de charges prescrites par le règlement le logiciel Safe nous permet de connaître la quantité de ferrailage dans chaque partie du radier et dans chaque directions en lui introduisant un diamètre et espacement donné, à travers ces diagrammes nous pourrions déterminer les parties nécessitant des renforts dans le cas où il y'aurait une grande concentration de contraintes suivant chaque directions (direction x ou direction y)

Pour un ferrailage supérieur de **T20 esp 15** cm on obtient les diagrammes suivant :

- **Ferrailage supérieur direction 1**

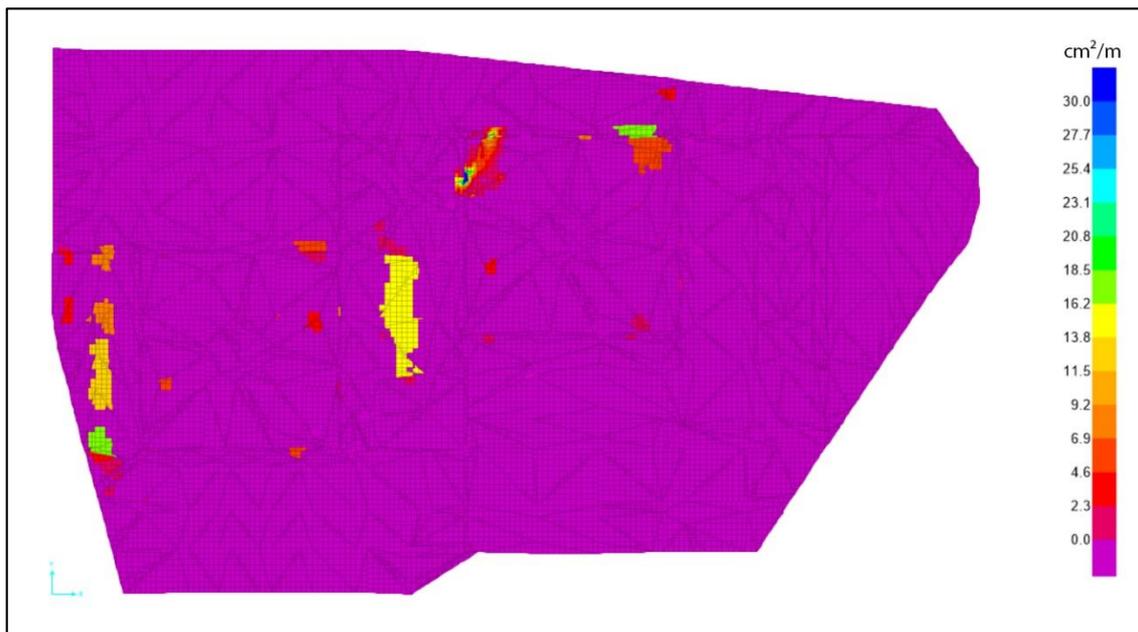


Figure III.13 Diagramme du ferrailage supérieur suivant la direction 1 (x).

- **Ferrailage supérieur direction 2**

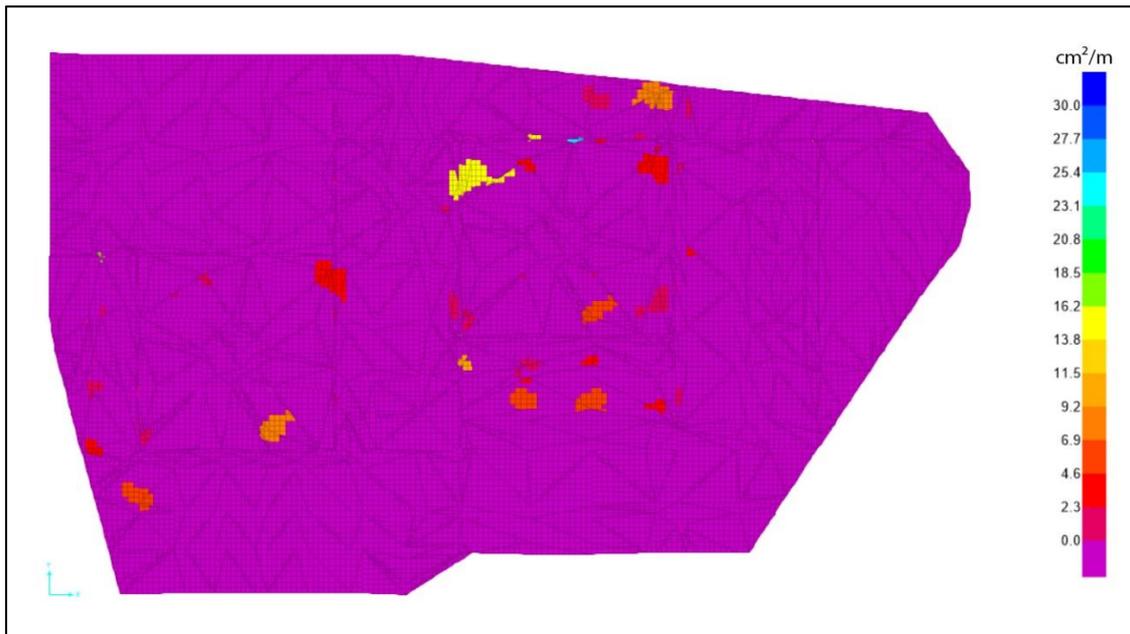


Figure III.14 Diagramme du ferrailage supérieur suivant la direction 2 (y).

- **Ferrailages inferieur direction 1**

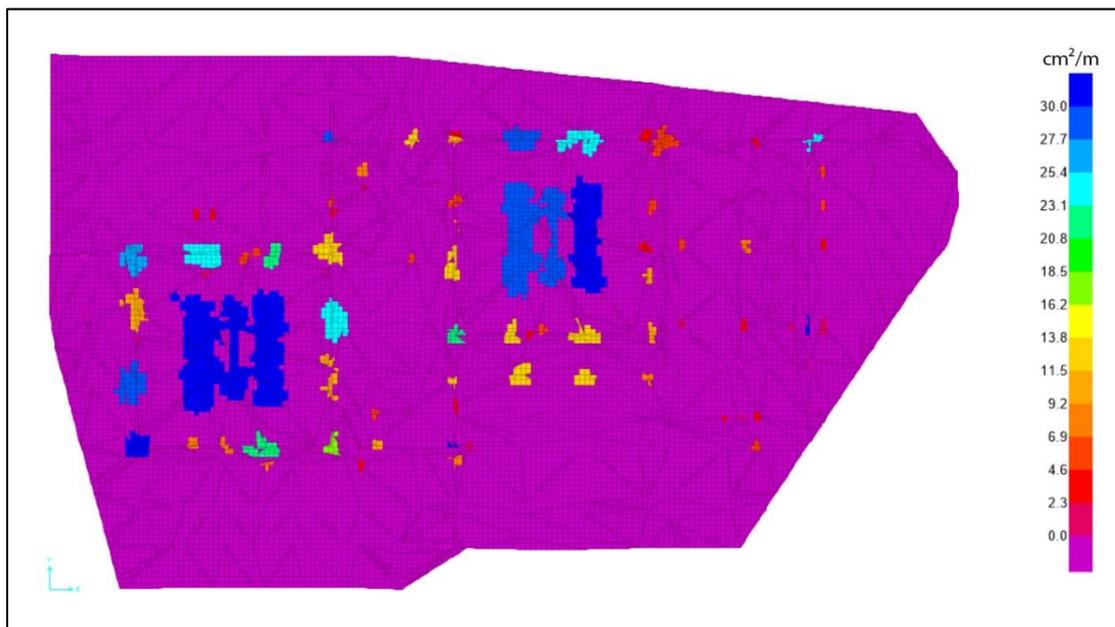


Figure III.15 Diagramme du ferrailage inferieur suivant la direction 1 (x).

- **Ferraillages inferieur direction 2**

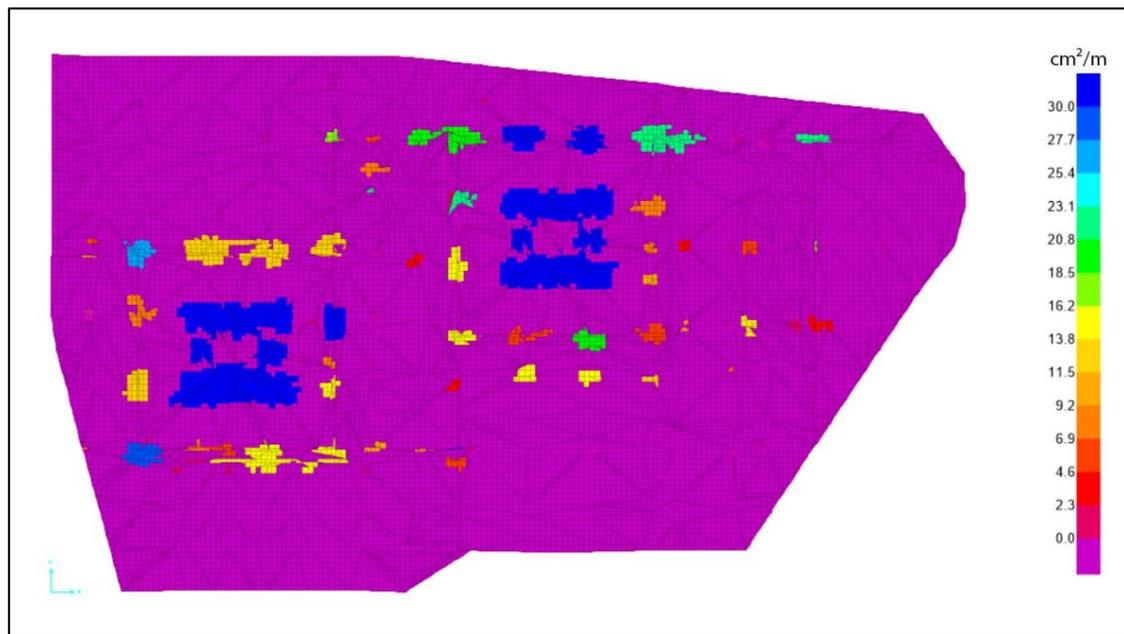


Figure III.16 Diagramme du ferraillage inférieur suivant la direction 2 (y).

III.5.1 Interprétation

La couleur dominante (violet) dans le diagramme est la couleur qui représente le ferraillage choisis (T20 esp 15cm).

Les autres parties ou il y'a apparition d'une autre couleur que la couleur dominante sont les partie qui nécessitent des renforts, chaque couleur représente une section donnée.

Les renforts choisis pour satisfaire les parties sollicitées sont les suivants :

- **T10 esp 10**
- **T16 esp 10**
- **T20 esp 10**

Les armatures de renforts seront étalées sur toute la section du voile plus un débord de 50cm de chaque côté.

Les deux figures suivantes illustrent les renforts du ferraillage inférieur suivant chaque direction

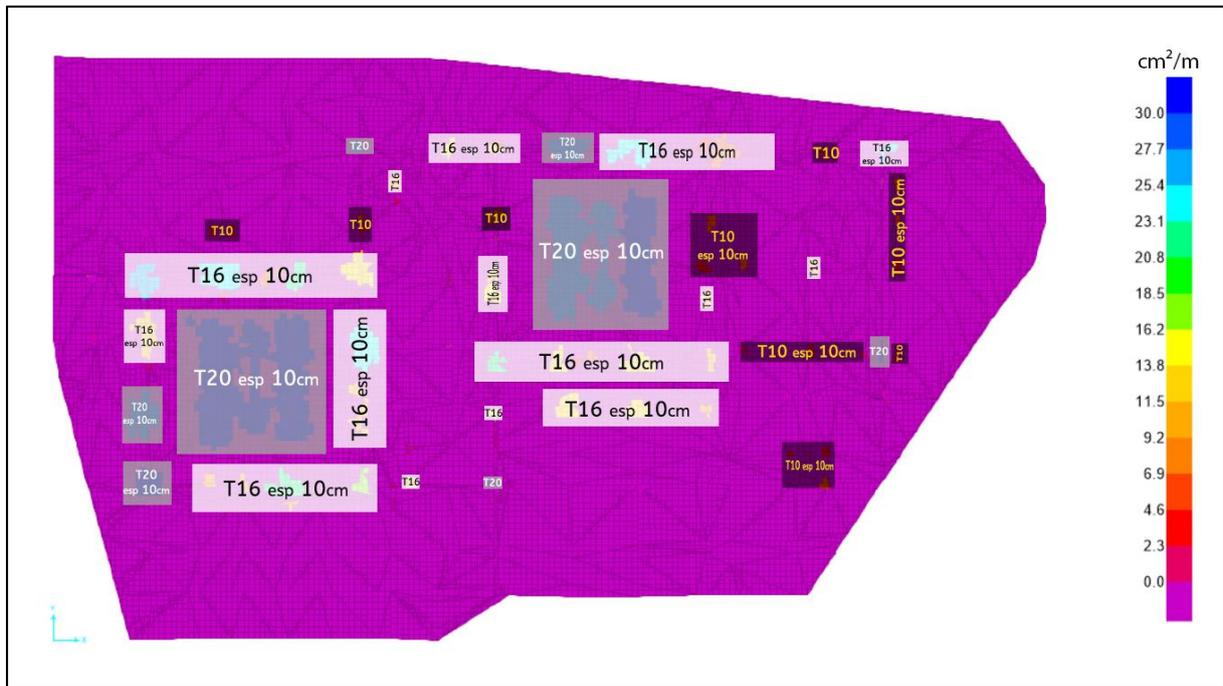


Figure III.17 Renforts du ferrailage inférieur suivant la direction 1 (x).

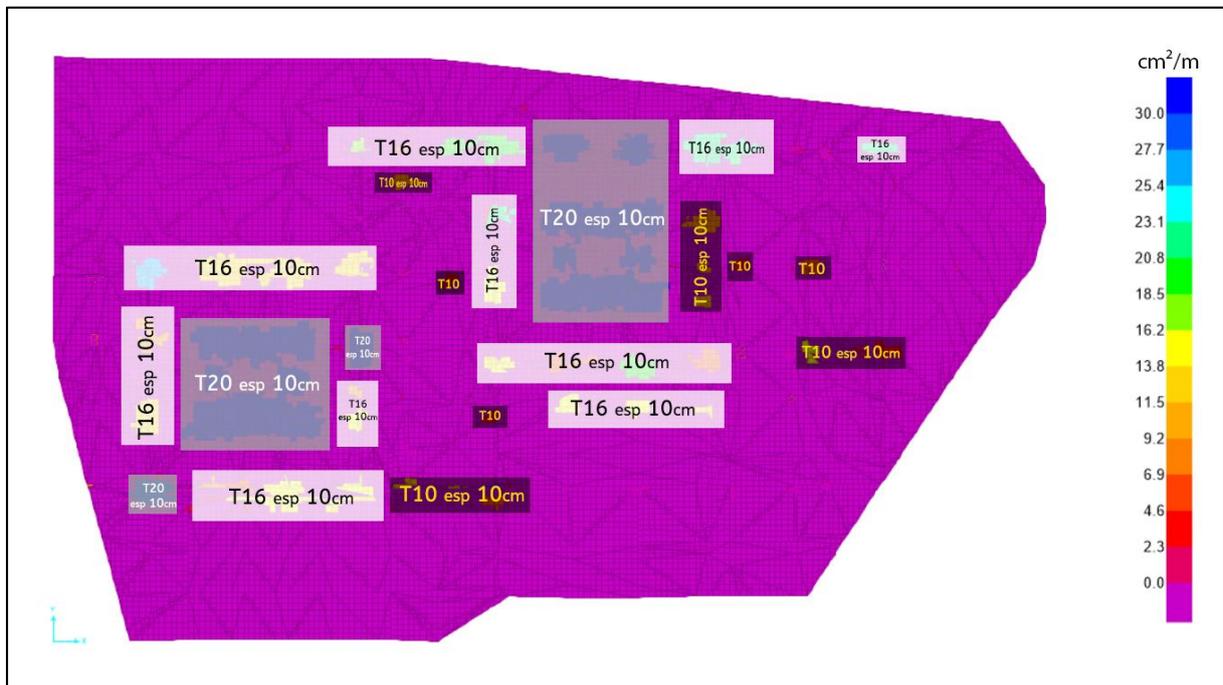


Figure III.18 Renforts du ferrailage inférieur suivant la direction 2 (y).

III.6 Conclusion

La détermination du ferrailage d'une fondation est une partie délicate de son étude, il faut y prouver concentration et rigueur pour traiter chaque cas suivant les conditions qui le caractérise.

CONCLUSION GENERALE

Ce projet, réalisé au sein du bureau d'études S.E.E, fut tout d'abord une très bonne expérience avant le début de ma vie professionnelle.

En effet, celui-ci m'a permis de progresser, d'illustrer les connaissances acquises durant mon parcours à l'Ecole National Polytechnique, de mieux connaître les contraintes du métier. Il représente l'aboutissement de plusieurs moments de dur labeur.

Se projet représente la clé qui mené au monde professionnel, à travers son accomplissement j'ai pu me familiariser avec les différents règlements de calcul, j'ai pu toucher à l'outil informatique qui constitue la pièce maitresse pour une bonne modélisation.

Au cour de mon avancement j'ai noté que les fondations d'une structure représentent une partie importante dans leurs squelette, elle représentent le voiles qui transmet et répartie tous les charges transmises par les éléments porteurs de l'ouvrage, leurs calcul et modélisation peut s'avérer difficile cela dépendra du cas traiter.

J'ai pu constater que le choix du type d'infrastructure suit plusieurs critères, ces dernier sont conditionnés par la qualité du sol d'assise, la grandeur de la structure implantée, et le facteur économique ...etc, et aussi que son comportement et son mode de fonctionnement dépendent d'un type d'infrastructure a un autre.

Pour conclure j'espère que se travail sera d'une grande utilité pour les générations avenir et qu'il contribuera à leurs gloire et réussite.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Règlements et ouvrage

- [1] D.T.R-B.C.2.48 : Règles Parasismique Algériennes (RPA 99/ version 2003).C.G.S.
- [2] CBA93 : Règles de conception et de calcul des structures en béton armé. C.G.S.
- [3] BAEL91 : Béton armé aux états limite.
- [4] D.T.R-B.C.2.2 : Charges permanentes et charges d'exploitations.
- [5] RÈGLES TECHNIQUES DE CONCEPTION ET DE CALCUL DES FONDATIONS DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL ,FASCICULE N° 62 - Titre V

Cours / PFE / Articles

- [5] Cours de béton armé de l'Ecole Nationale Polytechnique, Dr BOUTEMEUR
- [6] Cours de techniques de recherches et de communications de l'Ecole Nationale Polytechnique, Pr KETTAB.
- [7] Cour de Fondations, Me.Stihi .
- [8] M. Nabil CHELABI, M. Matinassa ZIANE : projet de fin d'étude / Etude d'un bâtiment R + 9 + 2ES + SS sur fondations profondes.
- [9] Le Monde Du Génie Civil <http://forum-btp.blogspot.com/2014/07/les-radiers.html> .
- [10] Séminaire du CTC Centre, 21 mars 2006, Méthodes De Calculs Des Radiers.
- [11] Module de réaction du sol,MarcelFournie,<https://fr.scribd.com/doc/88197546/Module-de-Reaction-Du-Sol>.

Logiciels

- [11] AUTOCAD 2017
- [12] ETABS 9.74
- [13] SAFE V12
- [14] Microsoft office 2016

ANNEXE

Module de réaction du sol

tater que C n'apparaît dans la formule qu'à une racine quatrième ce qui diminue le risque d'une mauvaise approximation.

Terzaghi a donné un mode d'évaluation du coefficient C basé sur la connaissance expérimentale, d'un coefficient C_{30} intéressant une plaque carrée de 30 cm d'arête.

Quoi qu'il en soit si on connaît le module d'élasticité E du sol on peut approximativement évaluer C de la façon suivante :

$$C = \frac{E}{f \sqrt{S}}$$

E : Module d'élasticité du sol (t/m^2)

S : Surface de la fondation en m^2

f : Coefficient sans dimension dépendant de la surface du sol, que l'on peut prendre égal à 0,4 en première approximation.

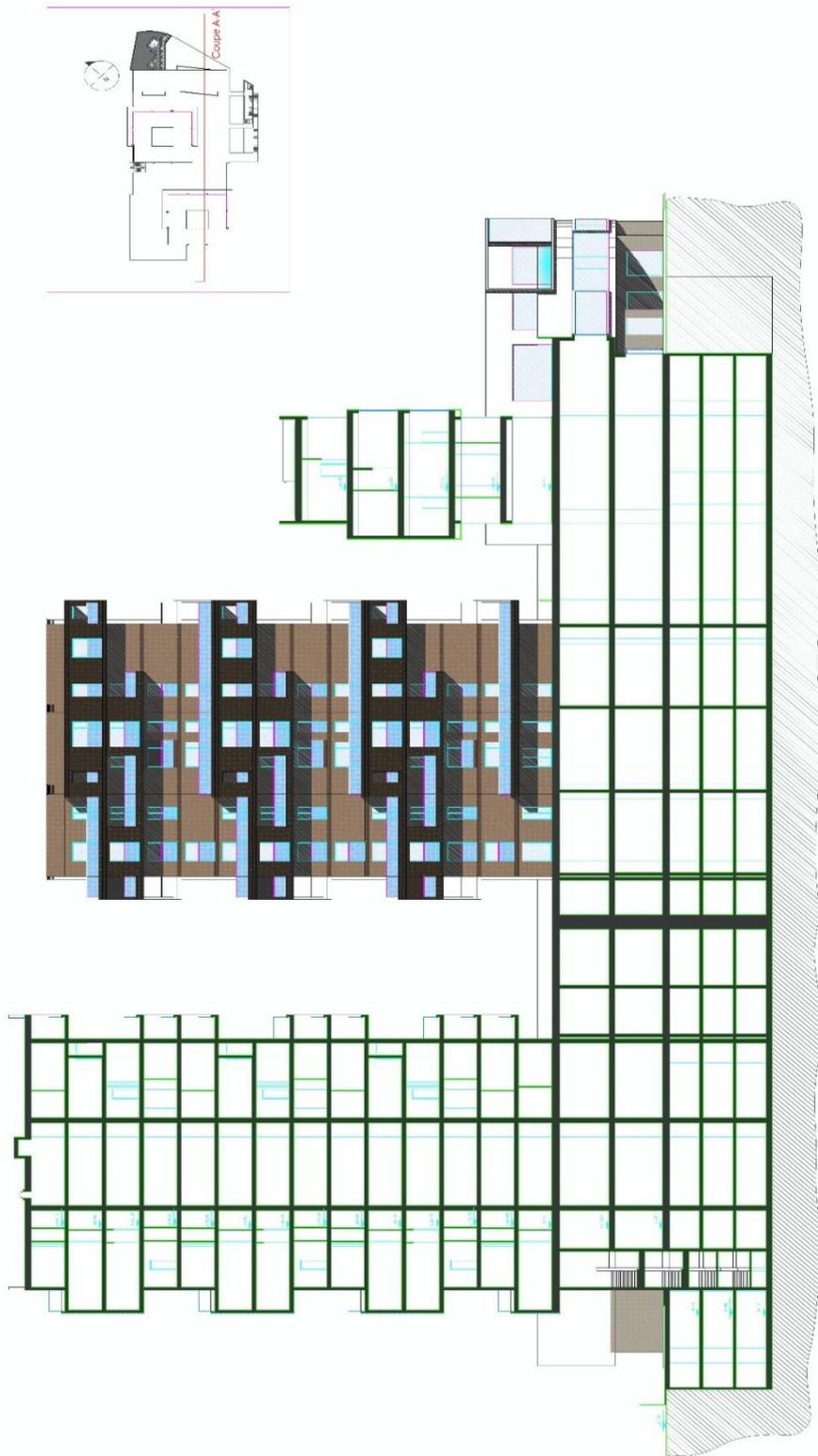
TABLEAU I. – Récapitulatif des différentes valeurs de C

Nature du sol	C (t/m^3)
1 terrain légèrement tourbeux et marécageux	500- 1 000
2 terrain essentiellement tourbeux et marécageux	1 000- 1 500
3 sable fin	1 000- 1 500
4 remblais d'humus, sable et gravier	1 000- 2 000
5 sol argileux détrempé	2 000- 3 000
6 sol argileux humide	4 000- 5 000
7 sol argileux sec	6 000- 8 000
8 sol argileux très sec	10 000
9 terrain compacté contenant de l'humus du sable et peu de pierres	8 000-10 000
10 même nature que ci-dessus avec beaucoup de pierres	10 000-12 000
11 gravier fin et beaucoup de sable fin	8 000-10 000
12 gravier moyen et sable fin	10 000-12 000
13 gravier moyen et sable grossier	12 000-15 000
14 gros gravier et sable grossier	15 000-20 000
15 gros gravier et peu de sable	15 000-20 000
16 gros gravier et peu de sable mais très compacté	20 000-25 000

Disposition Des Différents Bâtiments Du Projet (Niveau 2 esplanade)



Coupe Verticale De l'Ensemble Du Projet



Plan sous-sol 2



