



**ETUDES TECHNIQUES DETAILLEES D'UN BATIMENT
R+4 A USAGE ADMINISTRATIF : CAS DES TRAVAUX
D'AMENAGEMENT ET D'EXTENSION DU FAARF
DANS LA VILLE DE OUAGADOUGOU**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE
MASTER**

SPECIALITE : GENIE CIVIL – BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS

Présenté et soutenu publiquement le 26 Janvier 2023 par :

Aboubacar ADEWALE (20200140)

Directeur de mémoire : Dr Philbert NSHIMIYIMANA, Enseignant-chercheur Laboratoire
Eco-Matériaux et Habitat Durable (LEMHaD) à l'Institut 2iE

Maître de stage : ING Richard Aristide B KABORE, Ingénieur de conception et chef de
service supervision chez GRETECH – Sarl

Structure d'accueil du stage : GRETECH - Sarl

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Pr Wennd Kouni Igor OUEDRAOGO

Membres et correcteurs : Dr Decroly DJOUBISSIE DENOUWE

M. Alphonse BOUDA

Promotion [2021 – 2022]

CITATION

« Cela semble toujours impossible jusqu'à
ce qu'on le fasse »

Nelson Mandela

REMERCIEMENTS

Ce travail a été le fruit des efforts de plusieurs personnes, que nous tenons à remercier et à qui nous exprimons notre profonde gratitude. Mes remerciements vont à l'endroit de :

- ❖ L'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour la formation de qualité et les compétences que j'ai acquises à l'issue de ce cycle d'ingénieur ;
- ❖ Mon Directeur de Mémoire, Dr Philbert NSHIMIYIMANA, pour sa disponibilité et la qualité de ses conseils ;
- ❖ GRETECH – Sarl à travers son Directeur Général, M. Idrissa PORGO, pour cette opportunité qu'il m'a offerte d'effectuer le stage au sein de la structure. Je tiens également à remercier particulièrement ;
- ❖ Mon maître de stage, ING Richard Aristide B KABORE et mon encadreur technique M. OUEDRAOGO, pour leurs disponibilités, leurs interventions, leurs suggestions et commentaires qui ont été le fil conducteur de ce travail ;
- ❖ A la Banque Mondiale qui m'a permis de faire mes études de Master à l'Institut 2iE à travers la bourse d'étude offerte ;
- ❖ A toute ma famille, amis et camarade de promotion, pour ce grand soutien spirituel et moral à mon égard.

Je tiens à exprimer ici mes sincères remerciements à tous ceux qui, de près comme de loin, de par leur soutien, ont contribué au bon déroulement et à l'aboutissement de ce travail.

RESUME

Ce présent mémoire se situe dans le cadre de dimensionnement structural d'un bâtiment R+4 à usage administratif à Ouagadougou. Le bâtiment en question est pour le compte du FAARF (Fond d'Appuis aux Activités Rémunératrice des Femmes).

La structure porteuse de l'immeuble sera construite en béton armé suivant les règles du BAEL91 révisé 99 et le DTU13.12, le cahier des prescriptions techniques et les normes françaises NF P06-004 ; NF P06-001.

Le bâtiment a été dimensionné avec le logiciel Robot Structural Analysis (RSA) en plus de cela nous avons calculé quelques éléments manuellement pour comparer avec les éléments dimensionnés à l'aide du logiciel afin de vérifier nos résultats. Par ailleurs, nous avons fait l'étude des corps d'état secondaires (étude de plomberie et assainissement autonome, étude d'électricité, protection et sécurité incendie), l'étude d'impact environnemental et social. Enfin un devis estimatif et quantitatif des gros œuvres du projet. Ainsi, un dossier d'exécution de l'immeuble a été établi (plans de ferrailage et de coffrage, ...). Nous avons obtenus quelques résultats à savoir une dalle pleine d'épaisseur 20cm avec des HA14 suivant x et y en double nappes espacer de 15cm ; une dalle à corps creux d'épaisseur 20cm avec HA12 comme aciers principaux et des HA6 comme aciers de répartition ; une poutre isostatique de section 20cm x 50cm et des HA14, HA12 et HA10 comme acier ; une poutre hyperstatique de section 25cm x 60cm et des HA14, HA12 et HA10 comme acier ; un poteaux d'angles de section 30cm x 50cm ; un voile pour cage d'ascenseur d'épaisseur 20cm et des HA10 comme aciers verticaux et horizontaux espacé de 15cm ; un radier partiel d'épaisseur 80cm et des HA14 suivant x et y en double nappes espacer de 15cm ; un escalier de 20cm d'épaisseur avec des HA12, HA10 comme principaux dans les deux sens et espacés de 15cm.

Un total avec TTC du gros-œuvre RDC de trois cent dix sept million cinq cent quatre vingt dix neuf mille cinq cent huit (317 599 508) FCFA.

Mots clés

- ✓ Béton armé
- ✓ Dimensionnement
- ✓ Devis
- ✓ Robot Structural Analysis
- ✓ Impact environnemental

ABSTRAC

This thesis is within the framework of the structural design of an R+4 building for administrative use in Ouagadougou. The building in question is on behalf of the FAARF (Support Fund for Women's Remunerative Activities).

The load-bearing structure of the building will be constructed in reinforced concrete according to the rules of BAEL91 revised 99 and DTU13.12, the technical specifications and French standards NF P06-004; NF P06-001.

The building was dimensioned with the Robot Structural Analysis (RSA) software in addition to that we calculated some elements manually to compare with the elements dimensioned using the software in order to verify our results. In addition, we have studied the secondary trades (study of plumbing and autonomous sanitation, study of electricity, fire protection and safety), the environmental and social impact study, finally an estimate and quantity of the large works of the project. Thus, an execution file for the building was drawn up (reinforcement and formwork plans, etc.). Thus, we obtained some results, namely a solid slab 20cm thick with HA14 along x and y in double layers spaced 15cm apart; a 20cm thick hollow body slab with HA12 as main steels and HA6 as distribution steels; an isostatic beam of section 20cm x 50cm and HA14, HA12 and HA10 as steel; a hyperstatic beam with a section of 25cm x 60cm and HA14, HA12 and HA10 as steel; a 30cm x 50cm section corner post; a 20cm thick veil for the elevator shaft and HA10 as vertical and horizontal steels spaced 15cm apart; a partial foundation 80cm thick and HA14 along x and y in double layers spaced 15cm apart; a 20cm thick staircase with HA12, HA10 as main ones in both directions and spaced 15cm apart.

A total of three hundred and seventeen million five hundred and ninety-nine thousand five hundred and eight (317,599,508) FCFA, including tax, for the DRC structural work.

Key words

- ✓ Reinforced concrete
- ✓ Sizing
- ✓ Estimate
- ✓ Robot software
- ✓ Environmental Impact

SOMMAIRE

CITATION	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME.....	iii
ABSTRAC	iv
SOMMAIRE	v
LISTE DES TABLEAUX	viii
LISTE DES FIGURES	ix
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS.....	x
INTRODUCTION GENERALE.....	xii
PARTIE I : GENERALITES ET DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTUR	1
I. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE	2
II. ORGANIGRAMME DE L'ENTREPRISE.....	3
III. PRESENTATION DE LA ZONE DU PROJET	4
Chapitre 2. PRESENTATION DU PROJET.....	5
I. CONTEXTE.....	5
II. CONCEPTION STRUCTURALE DU PROJET	5
III. CARACTERISTIQUES DE L'OUVRAGE	5
IV. OBJECTIF DE L'ETUDE.....	6
1. OBJECTIF GLOBALE	6
2. OBJECTIFS SPECIFIQUES.....	6
Chapitre 3. HYPOTHESE DE CALCUL.....	7
I. CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX	7
1. MATERIAUX.....	7
2. BETON.....	7
3. ACIER.....	8
4. ETAT DE FISSURATION.....	8
II. REGLES ET NORMES	8
Chapitre 4. DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS PORTEURS DE LA STRUCTURE.....	10
I. MODELISATION ET CALCUL DE LA STRUCTURE AVEC LE LOGICIEL ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS (RSA).....	10
1. PRESENTATION DU LOGICIEL ROBOT.....	10
2. MODELISATION A L'AIDE DU LOGICIEL ROBOT	11
II. PRE DIMENSIONNEMENT ET DESCENTE DE CHARGE DES ELEMENTS PORTEURS LES PLUS CHARGES DE LA STRUCTURE.....	12
1. PRE DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE.....	12
a. PRE DIMENSIONNEMENT DU PLANCHER.....	12

b.	PRE DIMENSIONNEMENT DE LA POUTRES	14	
c.	PRE DIMENSIONNEMENT DES POTEAUX.....	16	
d.	PREDIMENSIONNEMENT DES VOILES	18	
e.	PRE DIMENSIONNEMENT DE LA FONDATION	18	
f.	PRE DIMENSIONNEMENT DU RADIER	20	
g.	PRE DIMENSIONNEMENT DE LA SEMELLE ISOLEE	20	
h.	PRE DIMENSIONNEMENT DE L'ESCALIER.....	21	
2.	DESCENTE DES CHARGES SUR LES ELEMENTS DE LA STRUCTURE	23	
a.	DESCENTE DE CHARGE SUR LE PLANCHER	24	
b.	DESCENTE DES CHARGES SUR LA POUTRE.....	25	
c.	DESCENTE DES CHARGES SUR LES POTEAUX.....	26	
d.	DESCENTE DE CHARGE SUR L'ESCALIER	28	
III.	DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS DE LA STRUCTURE.....	29	
1.	DIMENSIONNEMENT DU PLANCHER	29	
a.	DALLE PLEINE	29	
b.	LA NERVURE.....	32	
2.	DIMENSIONNEMENT DE LA POUTRE.....	35	
a.	POUTRE HYPERSTATIQUE.....	35	
b.	POUTRE ISOSTATIQUE.....	42	
3.	DIMENSIONNEMENT DU POTEAU	44	
4.	DIMENSIONNEMENT DU VOILE	45	
5.	DIMENSIONNEMENT DU RADIER PARTIEL.....	46	
6.	DIMENSIONNEMENT DE LA SEMELLE ISOLEE.....	47	
7.	DIMENSIONNEMENT DE L'ESCALIER.....	48	
IV.	ANALYSE DES QUELQUES RESULTATS OBTENUS.....	50	
1.	POUTRE ISOSTATIQUE.....	50	
2.	POUTRE HYPERSTATIQUE.....	51	
3.	POTEAUX	52	
PARTIE II : ETUDES DES CORPS D'ETAT SECONDAIRES ET DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL..... 53			
Chapitre 1. ETUDES D'ELECTRICITE ET DE LA PLOMBERIE			54
INTRODUCTION PARTIELLE.....			54
I.	ETUDE D'ELECTRICITE	54	
1.	DISTRIBUTION DES EQUIPEMENTS.....	54	
a.	DISTRIBUTION DES LAMPES ET PRISES	54	
b.	DISTRIBUTION DES CLIMATISEURS ET DES BRASSEURS D'AIR	55	
2.	BILAN DE PUISSANCE.....	55	
II.	ASSAINISSEMENT DU BATIMENT (PLOMBERIE)	57	
1.	EVACUATION DES EAUX USEES	57	
a.	DIAMETRE DES CANALISATIONS SECONDAIRES.....	57	
b.	DIAMETRE DES CANALISATIONS PRINCIPALES.....	57	
2.	EVACUATION DES EAUX PLUVIALES.....	58	
3.	ASSAINISSEMENT AUTONOME (CALCUL DE LA FOSSE SEPTIQUE)	59	
CONCLUSION PARTIELLE.....			60



Chapitre 2. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL ; PROTECTION ET SECURITE INCENDIE..... 61

INTRODUCTION PARTIELLE..... 61

I. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL 61

1. APPROCHE 61

2. IDENTIFICATION, DESCRIPTION, CARACTERISATION, MESURE ET EVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAL 62

 a. IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES 63

 b. IMPACT SUR L'AIR..... 65

 c. IMPACT SUR LE SOL..... 66

II. ETUDE DE SECURITE INCENDIE..... 66

1. GENERALITE SUR LA SECURITE INCENDIE 67

 a. NORME ET REGLEMENTS PORTANT SUR LA SECURITE INCENDIE 67

 b. LES IMPACTS EN CAS D'INCENDIE..... 67

2. PREVENTION 68

 a. PREVENTION DES RISQUES ENERGETIQUES 68

 b. PREVENTION DES RISQUES A CAUSES HUMAINES..... 68

 c. PREVENTION DES RISQUES NATURELS 68

 d. LES RISQUES SPECIAUX..... 69

3. DESCRIPTION ET CLASSEMENT DU BATIMENT 69

 a. DESCRIPTION DU BATIMENT 69

 b. CLASSEMENT DU BATIMENT 69

 c. LES TYPE D'ETABLISSEMENT 69

 d. CATEGORIE DE L'ETABLISSEMENT 70

 e. CALCUL DE L'EFFECTIF TOTAL DU PUBLIC ET PERSONNEL 71

4. MESURES ET DISPOSITIFS DE SECURITE 71

 a. DETERMINATION DES DEGAGEMENT DU BATIMENT 72

 b. DESENFUMAGE ET VENTILATION..... 73

5. PREVISION 73

 a. EXTINCTEURS PORTATIFS 73

 b. DETECTION AUTOMATIQUE D'INCENDIE 74

 c. L'ECLAIRAGE DE SECURITE 74

 d. INSTALLATION DES ALARME DETECTIONS 75

 e. MOYENS DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE..... 75

6. ESTIMATION DU COUT DES EQUIPEMENTS..... 76

CONCLUSION PARTIELLE..... 77

CONCLUSION GENERALE 78

BIBLIOGRAPHIE xiv

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Cadre logique de notre mémoire	xiii
Tableau 2 : Les différentes hauteurs sous plancher.....	5
Tableau 3 : Règles et normes utilisées	8
Tableau 4 : Valeurs des charges permanentes.....	9
Tableau 5 : Valeurs des charges d'exploitation.....	9
Tableau 6 : Récapitulatif des différentes dimensions des éléments du plancher à corps creux	14
Tableau 7 : Récapitulatif des éléments de l'escalier.....	22
Tableau 8 : Récapitulatif du pré dimensionnement des éléments principaux	23
Tableau 9 : Descente de charge sur la dalle pleine.....	24
Tableau 10 : Descente de charge sur la nervure	24
Tableau 11 : Descente de charge sur la poutre hyperstatique.....	25
Tableau 12 : Descente de charge sur la poutre isostatique	26
Tableau 13 : Descente de charge sur le palier	28
Tableau 14 : descente de charge sur la paillasse	28
Tableau 15 : Récapitulatif des moments max sur les appuis et en travées	36
Tableau 16 : Récapitulatif des efforts tranchants	36
Tableau 17 : Section d'acier en travée	39
Tableau 18 : Section d'acier sur les appuis	40
Tableau 19 : Contrainte tangentielle.....	41
Tableau 20: Calcul des moments à l'ELS	47
Tableau 21 : Récapitulatif du ferrailage du rader à l'ELS.....	47
Tableau 22 : Récapitulatif des résultats obtenus pour la poutre isostatique	50
Tableau 23 : Récapitulatif des résultats obtenus pour la poutre hyperstatique.....	51
Tableau 24 : Récapitulatif de la descente des charges sur P1 et P4	52
Tableau 25 : Récapitulatif des appareils électriques	55
Tableau 26 : Bilan de puissance	56
Tableau 27 : Caractéristique des appareils	57
Tableau 28 : Nombre total de personne.....	59
Tableau 29 : Les impacts sociaux-économiques	63
Tableau 30 : Les impacts sur l'air	65
Tableau 31 : Les impacts sur le sol	66
Tableau 32 : Les différents types d'établissement	69
Tableau 33 : Les différents types de catégorie	70
Tableau 34 : récapitulatif de calcul de l'effectif.....	71
Tableau 35 : Calcul du nombre de dégagement	72
Tableau 36 : Récapitulatif des dégagements	72
Tableau 37 : Estimation du cout des équipements (source prix unitaire : Mercuriale 2022)	76

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de la structure d'accueil avec l'application Google earth	2
Figure 2 : Organigramme de l'entreprise	3
Figure 3 : Localisation du projet sur Maps.....	4
Figure 4 : Vue du projet avec l'application google earth	4
Figure 5 : Planning de déroulement des activités du stage.....	6
Figure 6 : Interface du logiciel RSA.....	10
Figure 7 : Présentation en 3D de la modélisation sur Robot	11
Figure 8 : Présentation en 3D de la modélisation après calcul sur Robot	11
Figure 9 : Petit et grand côté de la portion de dalle pleine	12
Figure 10 : Coupe transversale de la nervure	14
Figure 11 : Présentation de la poutre hyperstatique	15
Figure 12 : Présentation de la poutre isostatique.....	15
Figure 13 : Coupe longitudinale du poteau avec le plancher	16
Figure 14 : coupe du voile cage d'ascenseur.....	18
Figure 15 : Présentation de la largeur d'influence de la poutre hyperstatique	25
Figure 16 : Présentation de la largeur d'influence de la poutre isostatique.....	26
Figure 17 : La répartition des charges sur le poteau d'angle.....	27
Figure 18 : La répartition des charges sur le poteau central	27
Figure 19 : schéma statique de la dalle pleine.....	29
Figure 20 : Schéma statique de la nervure.....	32
Figure 21 : Détaille poutrelle.....	32
Figure 22 : Schéma statique de la poutre hyperstatique	35
Figure 23 : Diagramme des moments fléchissant avec le logiciel RDM 6	37
Figure 24 : Diagramme des efforts tranchants avec le logiciel RDM 6	37
Figure 25 : Schéma statique de la poutre isostatique.....	42
Figure 26 : schéma statique de l'escalier.....	48
Figure 27 : Les trois types d'extincteur	74
Figure 28 : Détecteur de fumée	74
Figure 29 : Indicateur sortie	75
Figure 30 : Déclencheur manuel d'alarme incendie.....	75
Figure 31 : Robinet d'incendie armé	76

LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

- a : petit côté du poteau
- b : petit côté du poteau
- b : bande de 1m
- BA : béton armé
- BEAL : béton Armé aux Etats Limites
- BAES : bloc autonome d'éclairage de sécurité
- BAEA : bloc autonome d'éclairage d'ambiance
- BTP : bâtiments et Travaux Publics
- Br : section réduit du poteau
- d : distance utile
- DO : détecteur optique de fumée à adressage automatique
- DTU : Document Technique Unifié
- ELU : Etat Limite Ultime
- ELS : Etat Limite de Service
- FAARF : Fond d'Appuis aux Activités Rémunératrice des Femmes
- fbu : résistance de calcul de béton
- fc28 : résistance caractéristique du béton à la compression à 28 jours
- ft28 : résistance caractéristique du béton à la traction à 28 jours
- Fe : Nuance d'acier garantie par le fabriquant
- FPP : Fissuration Peu Préjudiciable
- FP : Fissuration Préjudiciable
- G : charge permanente
- HA : Haute adhérence
- L : Portée d'une poutre ou d'une dalle, hauteur d'un poteau
- Lf : Longueur de flambement
- Ls : Longueur de scellement droite

Lo : Longueur libre de poteau

MN : Méga Newton

Mo : Moment isostatique

Mt : Moment en travée

Mu : Moment fléchissant de calcul ultime

Nu : Effort normal de calcul ultime

Pu : Combinaison des actions à l'ELU

LNBTP : Laboratoire National du Bâtiment et de Travaux Publics

P : Périmètre

Q : Charge d'exploitation

RDC : Rez – de Chaussée

R+1 : Premier étage

R+2 : deuxième étage

R+3 : troisième étage

R+4 : quatrième étage

RIA : robinet d'incendie armé

S : Surface

St : Espacement

Vu : Effort tranchant à l'ELU

Z : Bras de levier

ϕ_t : Diamètre transversal

τ_u : Contrainte de cisaillement

σ_{sol} : Contrainte du sol

σ_{bc} : Contrainte du béton

σ_{st} : Contrainte admissible de l'acier

μ_u : Moment réduit

INTRODUCTION GENERALE

De nos jours le domaine de génie civil est en plein essor en Afrique. Cela se manifeste par l'édification d'ouvrage tel que des barrages, des routes, des ponts, des canalisations, des bâtiments etc. Cependant, la stabilité et la résistance de ces ouvrages et en particulier celles du bâtiment requiert un dimensionnement optimal. En effet, l'ingénieur de conception a pour tâche principale d'analyser et de dimensionner les éléments porteurs de la structure afin d'assurer sa bonne fonctionnalité, sa résistance pendant toute la durée de vie de l'ouvrage sans pour autant causer de risque aux usagers et aussi d'optimiser le coût de la réalisation de l'ouvrage. Cette tâche doit être exécutée avec soin et respect des règles car la pérennité de l'ouvrage ainsi que plusieurs autres aspects en dépendent. Il convient à nous futur ingénieur de nous familiariser au dimensionnement afin d'en maîtriser toutes les facettes.

C'est donc dans cette perspective que nous avons choisi comme thème « **Études techniques détaillées d'un bâtiment R+4 à usage administratif à Ouagadougou** ».

Il est donc judicieux et impératif d'avoir au préalable une connaissance sur un certain nombre d'éléments, tels que sur la zone du projet, les caractéristiques géotechniques du sol d'assise, les différents matériaux ainsi que les différentes normes à utiliser.

Cependant plusieurs questions seront abordées. Quelle charge de l'immeuble que devra supporter le sol ? Quel sera l'impact environnemental et social du projet ? Et enfin quel sera le coût de notre projet ?

L'objectif général de cette étude est de faire ressortir les différents plans d'exécution pour la construction du bâtiment R+4 à usage administratif tout en respectant les règles de l'art. Plus spécifiquement, il s'agit de :

- ♣ Dimensionner les différents éléments porteurs de la structure ;
- ♣ Estimer le besoin en énergie ;
- ♣ Prévoir un système d'assainissement ;
- ♣ Elaborer une étude de sécurité incendie ;
- ♣ Effectuer une étude des impacts environnementaux et sociaux ;
- ♣ Estimer le coût des gros œuvres du projet.

Tableau 1 : Cadre logique de notre mémoire

L'objectif général de cette étude est de dimensionner et de faire ressortir les plans d'exécution pour la construction d'un bâtiment R+4 à usage administratif (bureau) tout en respectant les règles de l'art		
Objectifs spécifiques	Actions	Résultats attendus
Objectif spécifique 1 : Dimensionner les éléments porteurs de la structure	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Etudier les plans ; ✓ Identifier les éléments porteurs ; ✓ Pré dimensionnement et réaliser la descente des charges ; ✓ Déterminer les sollicitations ; ✓ Déterminer les sections d'aciers ; ✓ Dresser les plans d'exécutions. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Les éléments porteurs ; ✓ Les dimensions des éléments porteurs et non porteurs ; ✓ Les charges reprises par ces éléments ; ✓ Les sollicitations maximales ; ✓ Les sections d'aciers ; ✓ Les plans d'exécutions détaillées.
Objectif spécifique 2 : Dimensionner les réseaux électriques et sanitaires intérieur	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Déterminer le bilan de puissance ; ✓ Déterminer les différents débits à évacuer ; ✓ Elaborer les différents plans d'exécutions. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Diagnostic et bilan de puissance ; ✓ Implantation des appareils électriques ; ✓ Conformité aux normes ; ✓ Choix de type d'appareil ; ✓ Choix de puissance qui pourra alimenter le bâtiment ; ✓ Installation des appareils sanitaires ; ✓ Evacuation des eaux usées et pluies ; ✓ Les plans d'exécutions détaillés.
Objectif spécifique 3 : Etudier le système de sécurité incendie	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Analyser la structure suivant les dispositions légales ; ✓ Etablir des prescriptions en cas d'incendie. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Assurance sécurité incendie.
Objectif spécifique 4 : Faire l'étude d'impact environnemental et social	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Analyser le site du projet ; ✓ Analyser les effets du projet sur l'environnement ; ✓ Analyser les impacts du projet vis-à-vis de la population. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Impacts liés au projet ; ✓ Proposer des mesures d'atténuation.
Objectif spécifique 5 : Faire un devis estimatif et quantitatif	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Donner la quantité des matériaux ouvrage par ouvrage ; ✓ Estimer les prix ouvrage par ouvrage. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Coût total des gros œuvres du projet.

Le Tableau 1 présente le cadre logique que nous avons élaboré dans lequel les actions à mener et les résultats attendus sont définies autour de chaque objectif spécifique. Nous allons procéder dans un premier temps à la conception de l'ouvrage avec le logiciel AutoCAD en fonction du programme établi, ensuite le dimensionnement des éléments de la structure en modélisant avec le logiciel Robot Structural Analysis (RSA), suivi de la vérification des résultats de quelques éléments calculés manuellement.

Le présent mémoire est subdivisé en deux grandes parties :

- ❖ La première partie comprend quatre (04) chapitres. Elle se focalise sur les généralités (présentation de la structure d'accueil, présentation du projet et les hypothèses de calculs) et le dimensionnement des différents éléments porteurs ;
- ❖ La deuxième partie comprenant deux (02) chapitres est consacrée sur l'étude de l'électricité, ensuite l'étude de la plomberie suivie de l'étude de la sécurité incendie, de l'étude d'impact environnemental et social et en fin d'une estimation du coût des gros œuvres du projet.



PARTIE I : GENERALITES ET DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTUR

Chapitre 1. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

Dans ce chapitre, nous allons commencer par la présentation de la structure d'accueil qui nous a accueillie et également permis d'améliorer ou de renforcer nos connaissances sur le dimensionnement (manuel et logiciel) et aussi sur la réalité du monde professionnelle. Ensuite, établir l'organigramme de l'entreprise et en fin localisé la zone du projet par le logiciel google earth.

I. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

L'entreprise en charge de ses travaux de suivi (contrôle des travaux d'extension du FAARF en RDC + 4) qui a bien voulu nous accueillir pour le stage est GRETECH-Sarl, située au secteur 52 de la ville de Ouagadougou plus précisément dans le quartier communément appelé Paagalayiri. Créer en 1995 sous le registre de commerce N° RCCM BF OUA 2007 B2 167 sur l'initiative d'un groupe de jeunes techniciens dynamique rompus aux nouvelles techniques en matière de conception et de construction dont le combat primordial reste celui du développement économique et social. L'expérience acquise depuis plus de 25 ans par le personnel d'encadrement de GRETECH-Sarl, l'a forgé dans l'art de la maîtrise en matière d'étude technique, de suivi, de contrôle et coordination des ouvrages en constructions civils et hydrauliques. Elle a pour directeur général M. Idrissa PORGO (Ingénieur en génie civil) et directeur technique M. Lassina OUATTARA (Ingénieur en génie civil). Un aperçu du siège de l'entreprise est ressorti sur la figure ci-après.



Figure 1 : Localisation de la structure d'accueil avec l'application Google earth

II. ORGANIGRAMME DE L'ENTREPRISE

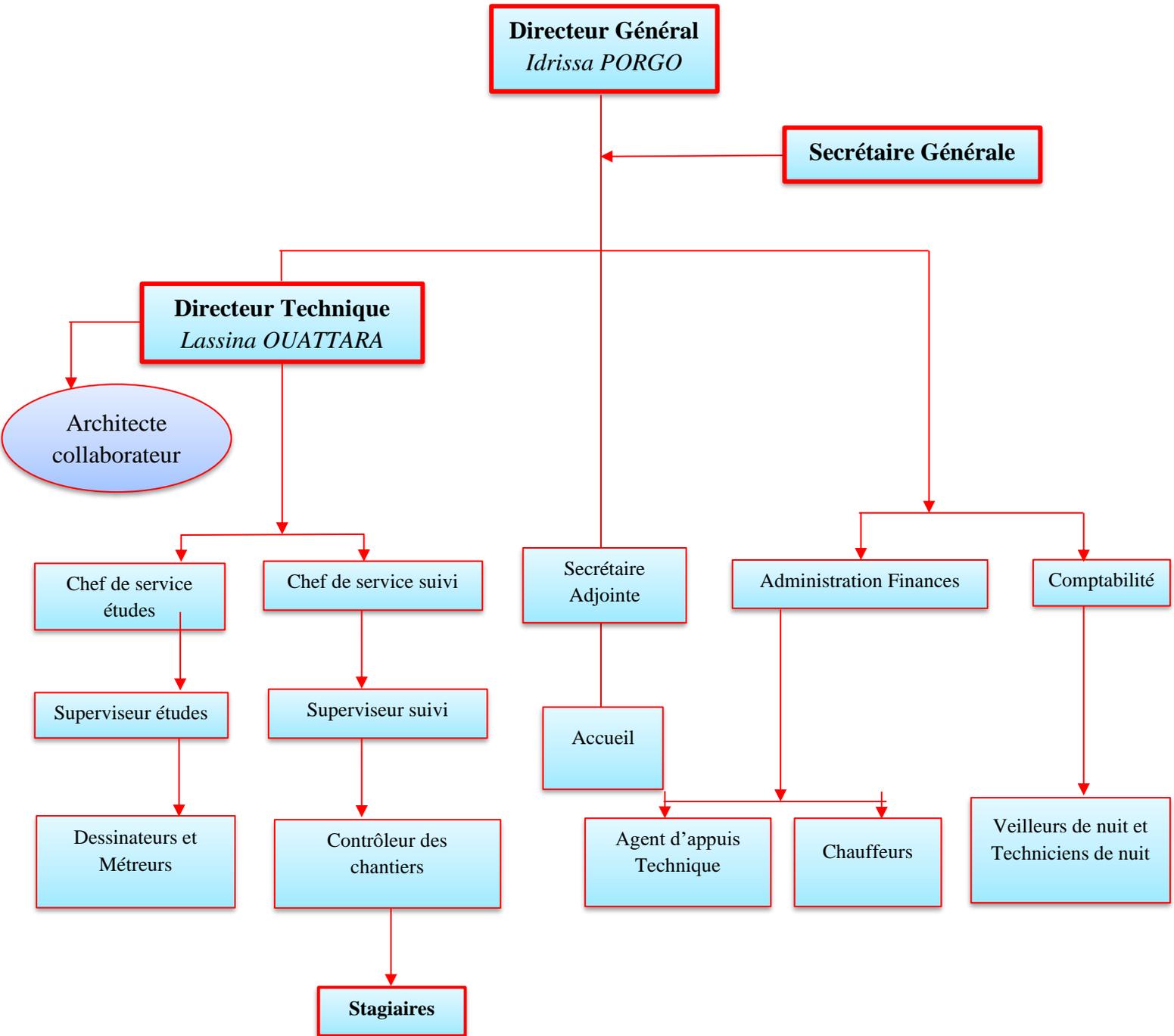


Figure 2 : Organigramme de l'entreprise

III. PRESENTATION DE LA ZONE DU PROJET

Le projet d'aménagement et d'extension du FAARF est localisé sur l'avenue Loudun qui se trouve dans le quartier KOULOUBA au Sud-est de la ville de Ouagadougou avec le code postal 00226. Un aperçu de la zone d'étude est ressorti sur les figures 3 et 4 ci-dessous.

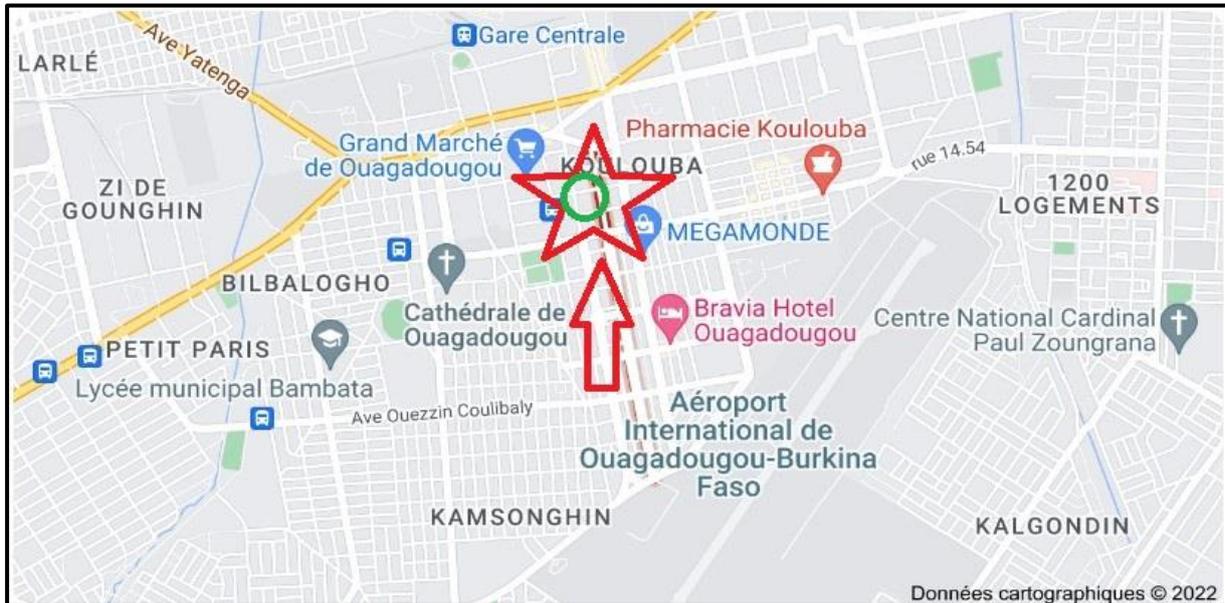


Figure 3 : Localisation du projet sur Maps



Figure 4 : Vue du projet avec l'application google earth

Chapitre 2. PRESENTATION DU PROJET

Dans ce chapitre, nous allons commencer par la présentation du contexte suivis par la conception structurale du projet. En suite faire ressortir les caractéristiques de l'ouvrage et définir les objectifs de l'étude.

I. CONTEXTE

Le projet est un bâtiment R+4 à usage administratif. Il servira de bureau pour le compte du FAARF (Fonds d'Appuis aux Activités Rémunératrice des Femmes) dans sa mission d'accompagner les femmes vers une réelle autonomisation économique dans la ville de Ouagadougou.

Ce projet dont l'objectif est d'assurer le confort et la sécurité optimal des travailleurs, nécessite un suivi basé sur un référentiel bien ordonnancé lorsqu'il est implanté, afin d'obtenir une infrastructure de qualité. Cette finalité ne pourra qu'être obtenu par la compétence et l'expérience de l'entrepreneur, sous la supervision de la mission de contrôle (MDC).

II. CONCEPTION STRUCTURALE DU PROJET

La conception structurale d'un bâtiment a pour principal objectif de déterminer la structure porteuse, les dimensions et les armatures de ses éléments constitutifs qui assureront la transmission optimale des charges de l'ouvrage vers le sol d'assise. Cette conception se doit de respecter les contraintes architecturales, tout en intégrant le facteur économique de l'opération. Cette structure doit être conçue suivant des normes afin d'assurer sa pérennité et donc sa qualité et la sécurité de ses futurs usagers. C'est une étape essentielle et primordiale pendant laquelle l'ingénieur choisi la forme le mieux adapté parmi une multitudes de possibilités qui tient en compte les critères : **économique, technique et qualité**.

Le programme de conception du projet faite par l'architecte nous a facilité le travail qui consiste à donner à chaque pièce sa forme convenable selon les normes pour une bonne exploitation. L'ouvrage est composé de 05 niveaux à usage de bureau. Pour accéder à ces niveaux, nous avons deux escaliers et un ascenseur qui assure la liaison.

III. CARACTERISTIQUES DE L'OUVRAGE

Le bâtiment est fondé sur une superficie de 1716 m² avec une hauteur de 20 m. Les hauteurs sous plancher sont données dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Les différentes hauteurs sous plancher

DESIGNATION	HAUTEUR (m)
RDC	3,80
R+1	3,20

R+2	3,20
R+3	3,20
R+4	3,20

IV. OBJECTIF DE L'ETUDE

1. OBJECTIF GLOBALE

L'objectif de notre étude vise principalement à dimensionner le bâtiment R+4 afin d'établir les plans d'exécutions qui permettront de le réaliser (construire) et de planifier son suivi pour qu'il réponde à la satisfaction du client.

2. OBJECTIFS SPECIFIQUES

Les objectifs spécifiques de notre étude :

- ✓ concevoir le bâtiment ;
- ✓ dimensionner la structure porteuse du bâtiment ;
- ✓ dimensionner les réseaux électriques intérieurs ;
- ✓ dimensionner les réseaux sanitaire intérieurs ;
- ✓ faire une étude sur la sécurité incendie ;
- ✓ évaluer le coût financier du projet ;
- ✓ faire une étude d'impact environnemental.

Pour atteindre nos objectifs, les travaux ont été menés suivant selon le canevas en appuis des différents encadreurs comme suit :

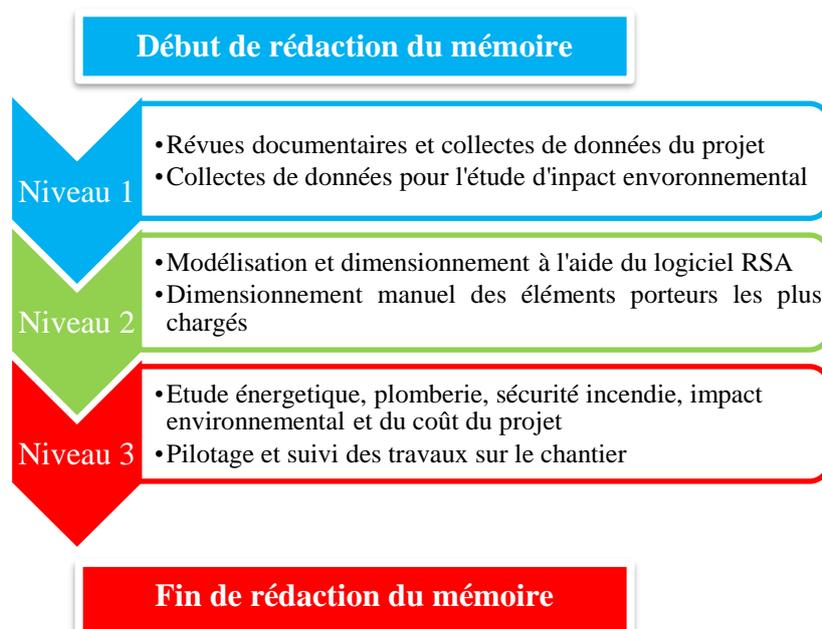


Figure 5 : Planning de déroulement des activités du stage

L'Annexe 1 présente le planning de déroulement des activités du stage.

Chapitre 3. HYPOTHESE DE CALCUL

Dans ce chapitre, nous allons donner les caractéristiques des matériaux utilisés. En suite énumérer les différentes et normes utilisées.

I. CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

1. MATERIAUX

Construire c'est choisir des matériaux et adopter des techniques adéquates afin d'obtenir des résultats optimaux. Cependant, il est important et impératif de respecter :

- ✓ les conditions de mise en œuvre des matériaux ;
- ✓ les modalités d'exécution de l'ouvrages ;
- ✓ les prescriptions relatives aux qualités et ;
- ✓ le respect des normes en vigueur.

Pour notre projet, le principal matériau choisi pour la réalisation de différents éléments porteurs est le béton armé qui est un matériau composé de béton et d'armatures.

2. BETON

Le béton est obtenu par mélange de sable, ciment, gravier, eau et éventuellement de produit d'addition (adjuvant). Ce mélange est fait à des proportions très bien définies qui donnera un ensemble homogène.

- ✓ Résistance caractéristiques a la compression

Dans le cas de notre étude, le béton choisi est défini par une valeur de sa résistance à la compression à l'âge de 28 jours d'âge, dite valeur caractéristique requise. Celle-ci, notée f_{c28} , est égale à 20 MPa pour un B20 (classe du béton), le ciment est de classe CPA 45, le gravier d'une granulométrie de diamètres variant entre 10 et 20mm et le sable d'une granulométrie de diamètres variant entre 1,25 et 5mm.

- ✓ Résistance caractéristiques a la traction

La résistance du béton est définie par la résistance caractéristique à la traction du béton à j jours, notée f_{tj} , est conventionnellement définie par la relation suivante :

$f_{tj} = 0,6 + 0,06 \times f_{cj}$ et celle de la traction est de $f_{t28} = 0,6 + 0,06 \times f_{c28} = 1,8$ MPa pour B20. Poids volumique du béton est 25kN/m^3

La contrainte de calcul du béton à la compression est :

$$\sigma_{bc} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\gamma_b} ; \text{ avec } \gamma_b = 1,5 \text{ d'où } \sigma_{bc} = \frac{0,85 \times 20}{1,5} = 11,33 \text{ MPa pour un béton B20}$$

Le coefficient de sécurité du béton $\gamma_b = 1,5$.

Nous allons considérer un enrobage de 3cm pour la partie superstructure et 5cm pour la partie infrastructure.

3. ACIER

L'acier est un alliage de fer utilisé dans les domaines de la construction métalliques et mécaniques.

L'acier est constitué d'au moins deux éléments, majoritairement le fer puis le carbone dans des proportions comprises entre 0,02% et 1,67% en masse.

L'intérêt majeur des aciers réside dans le cumule de valeurs élevées et d'autre part dans les propriétés mécaniques fondamentales :

- ✓ résistance aux efforts : module d'élasticité 210 000 MPa ;
- ✓ dureté ;
- ✓ résistance aux chocs.

Le coefficient de sécurité de l'acier $\gamma_s = 1,15$ en situation durable

La contrainte de calcul du béton à la compression est :

$$\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 347,83 \text{ MPa}$$

4. ETAT DE FISSURATION

Le milieu sera supposé non agressif avec une fissuration Peu Préjudiciable (FPP) sur l'ensemble de l'ouvrage sauf la partie infrastructure (au niveau de fondation, voile) où le milieu est supposé peu agressif avec une fissuration Préjudiciable (FP).

II. REGLES ET NORMES

Tableau 3 : Règles et normes utilisées

N°	Désignation	Règle de calcul
1	Béton armé	BAEL 91 modifié 99
2	Maçonnerie et cloison	AFNOR NFP06-004
3	Fondation	DUT 13.11
4	Charge permanente	NFP 06-004
5	Charge d'exploitation	NFP 06-001
6	Voile	RPA 99 v2033

Les actions permanente et variables

Il s'agit de déterminer la nature et l'intensité des différentes charges ou actions qui agissent sur une structure et en particulier sur les éléments porteurs.

Nous adopterons comme démarche :

- ✓ l'analyse des actions permanentes et variables pour les combinaisons des charges à l'ELU et à l'ELS ;
- ✓ l'évaluation des charges sur les éléments porteurs compte tenu du cahier de charges.

Tableau 4 : Valeurs des charges permanentes

N°	Désignation	Valeurs
1	Agglomérés creux et cloison de 20	1,95kN/m ²
2	Carrelage plus mortier de pose	0,20kN/m ²
3	Cloison légère	1,00kN/m ²
4	Enduit sous faces dalle	0,18kN/m ²
5	Faux plafond en plâtre	0,312kN/m ²
6	Forme de pente	2,2kN/m ²
7	Revêtement d'étanchéité multicouche	0,12kN/m ²
8	Plancher à corps creux	2,85kN/m ²
9	Poids du plancher en dalle pleine	25kN/m ²
Ces charges seront pondérées aux états limites ultimes		

Ces charges permanentes seront considérées lors de la descente de charges sur les éléments de porteurs à dimensionner.

Tableau 5 : Valeurs des charges d'exploitation

N°	Désignation	Valeurs
1	Balcons	3,50kN/m ²
2	Bureaux paysagers	3,50kN/m ²
3	Escaliers	2,50kN/m ²
Ces charges seront pondérées aux états limites ultimes		

Ces charges d'exploitations seront considérées lors de la descente de charges sur les éléments de porteurs à dimensionner.

Chapitre 4. DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS PORTEURS DE LA STRUCTURE

De manière générale, le dimensionnement d'un élément consiste à évaluer des charges et à partir de celle-ci, le calculer de telle sorte qu'il puisse tenir en résistance à l'état limite ultime. Elle consiste également à déterminer les différentes sections de béton et d'armatures à utiliser dans ces éléments porteurs de la structure, de façon fiable, économique et stable afin de garantir la sécurité de l'ouvrage et celle des usagers.

Rappelons que le dimensionnement de l'immeuble se fera avec le logiciel Robot Structural Analysis (RSA) en vue d'optimiser sur le temps.

Dans ce chapitre, nous allons décrire le logiciel étudié et donner quelques exemples de dimensionnement manuel et comparer les résultats avec ceux calculés à base du logiciel pour des vérifications.

I. MODELISATION ET CALCUL DE LA STRUCTURE AVEC LE LOGICIEL ROBOT STRUCTURAL ANALYSIS (RSA)

1. PRESENTATION DU LOGICIEL ROBOT

Robot Structural Analysis (RSA) est un logiciel de calcul qui offre aux ingénieurs plusieurs fonctionnalités de simulation. Il permet d'analyser et de calculer les différents éléments de tout ouvrage en béton armé ou métallique. Il permet également de faire sortir les plans d'exécutions.

Ce logiciel est un produit de la marque Autodesk dont le siège se trouve aux Etats-Unis et des représentants dans plusieurs pays dans le monde. Dans le cas de notre projet nous allons utiliser la version 2019 du logiciel RSA. La figure ci-dessous montre les interfaces du logiciel RSA où on peut voir les différentes barres d'outils ainsi que la zone d'affichage des fenêtres.[1]

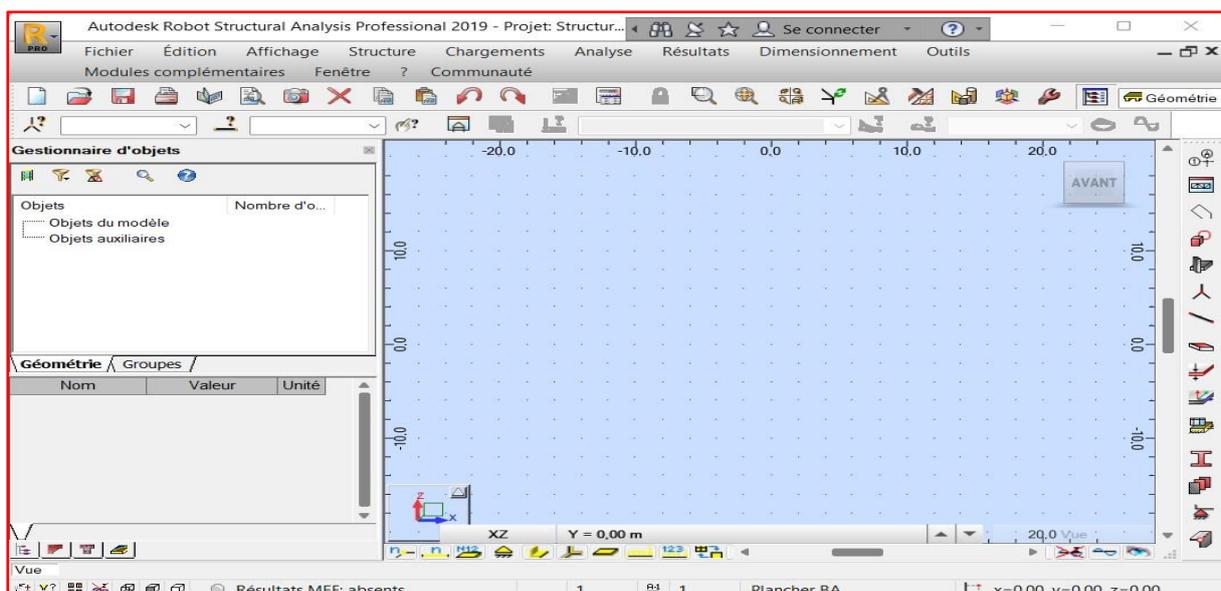


Figure 6 : Interface du logiciel RSA

2. MODELISATION A L'AIDE DU LOGICIEL ROBOT

La représentation d'une structure réelle, quel soit en béton ou en charpente, par un modèle numérique en utilisant le logiciel Robot nécessite :

- ✓ la définition des lignes de construction de la structure suivant les trois directions ;
- ✓ la définition des sections des éléments qui constituent la structure (éléments barres ou panneaux) ;
- ✓ la représentation et le dessin de la structure graphiquement par les éléments définis ;
- ✓ la définition des appuis dans la structure ;
- ✓ la définition des cas de charge et des combinaisons et application des charges sur la structure.

Dans ce qui suit, vous trouverez un aperçu de notre bâtiment après la modélisation et le calcul à l'aide du logiciel Robot Structural Analysis 2019.



Figure 7 : Présentation en 3D de la modélisation sur Robot

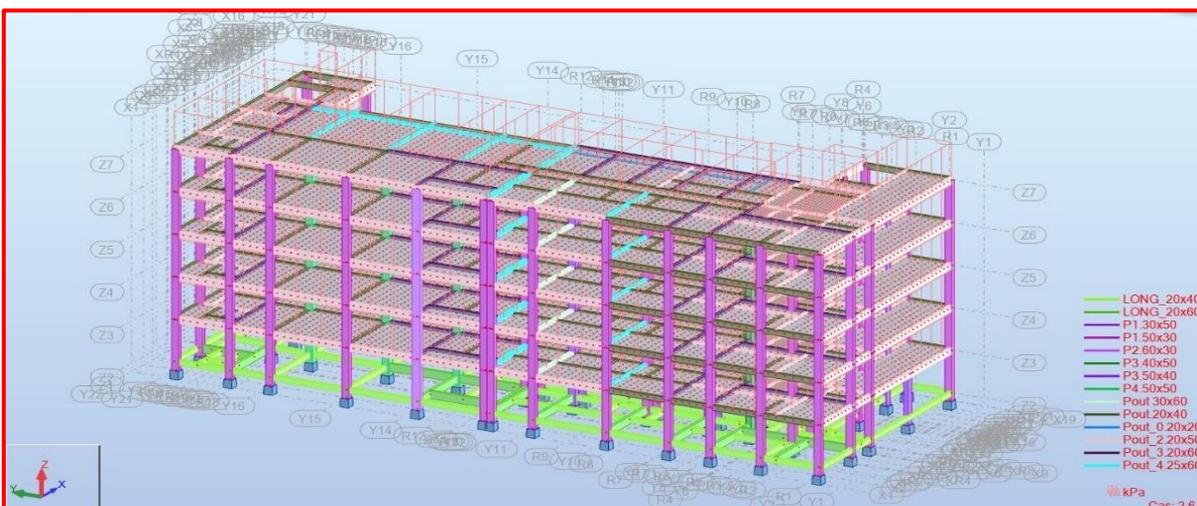


Figure 8 : Présentation en 3D de la modélisation après calcul sur Robot

II. PRE DIMENSIONNEMENT ET DESCENTE DE CHARGE DES ELEMENTS PORTEURS LES PLUS CHARGES DE LA STRUCTURE

1. PRE DIMENSIONNEMENT DE LA STRUCTURE

Le pré dimensionnement est une phase préliminaire qui sert à déterminer les dimensions et les sections des éléments de la structure. Dans notre étude, nous avons optés de faire un dimensionnement manuel des éléments les plus chargés afin de faire une synthèse des résultats obtenus. **L'annexe 3** montre les différents éléments les plus chargés dimensionnés.

a. PRE DIMENSIONNEMENT DU PLANCHER

Un plancher est une aire généralement plane, destiné à limiter les différents étages d'une construction. Dans le cas de ce projet, nous avons deux types de plancher à savoir : le plancher à dalle pleine et celui de la dalle à corps creux. Nous avons choisi le panneau le plus grand sur le plan de coffrage du plancher haut RDC pour dimensionner la dalle pleine et pour ce qui est de la dalle à corps creux.

L'épaisseur h_0 du plancher n'étant pas fixée, nous devons choisir une valeur permettant de respecter les conditions de résistance à la flexion, d'isolation acoustique et de sécurité incendie. Il s'agira de pré dimensionner la dalle sur des appuis continus.[2]

Pour ce faire nous allons identifier le panneau de dalle continue qui possède la plus grande surface.

❶ Plancher à dalle pleine

Pour un panneau rectangulaire de largeur L_x et de longueur L_y le sens de portée est définis par le rapport α . Il s'agit de vérifier les conditions suivantes :

Si $0,4 \leq \frac{L_x}{L_y} \leq 1$; alors la dalle porte dans deux sens.

Si $\frac{L_x}{L_y} \leq 0,4$; alors la dalle porte uniquement dans le sens de la petite portée.

Pour le panneau de la dalle dimensionnée, la portée maximale entre nu (cotation intérieure) d'appuis sur le petit côté $L_x = 5,43\text{m}$ et la portée maximale entre nu d'appuis sur le grand côté $L_y = 5,46\text{m}$.

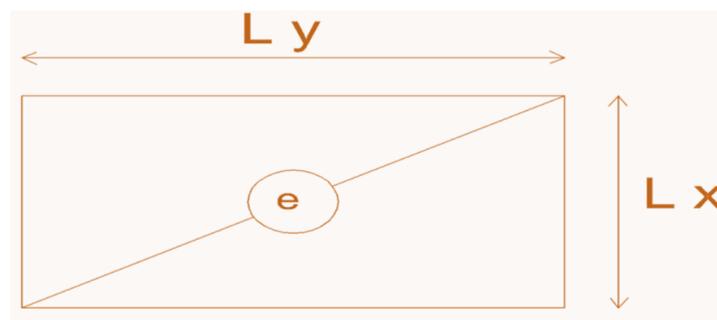


Figure 9 : Petit et grand côté de la portion de dalle pleine

- ✓ Calcul du paramètre α

Dans le cas de notre projet, $\alpha = \frac{L_x}{L_y} = \frac{5,43}{5,46} = 0,99$

Donc $\alpha = 0,99 > 0,4$; alors la dalle porte dans les deux sens $\Rightarrow 0,4 < \alpha = 0,99 < 1$

- ✓ Calcul de l'épaisseur de la dalle pleine

Selon de BAEL 91 modifié 99, nous avons

$$\frac{L_x}{30} \leq e \leq \frac{L_x}{25} \Rightarrow \frac{543}{30} \leq e \leq \frac{543}{25} \Rightarrow 18,1 \text{ cm} \leq e \leq 21,72 \text{ cm.}$$

Pour notre cas, nous optons pour un plancher à dalle pleine de **20cm** d'épaisseur qui respecte à la fois les conditions de résistance à la flexion, l'isolation acoustique et de sécurité incendie.[3]

② Plancher à corps creux

Leurs épaisseurs dépendent d'une part des conditions de résistance à la flexion. Aussi elles dépendent de la condition d'isolation acoustique (loi de masse) soit $ht \geq 16\text{cm}$.[3]

Dans le cas des plancher à corps creux la dalle porte uniquement dans un seul sens obligatoirement celui des nervures. Son épaisseur est déterminée par la condition de la flèche :

$$\frac{ht}{L_x} \geq \frac{1}{22,5} \text{ Donc } ht \geq \frac{L_x}{22,5} \text{ avec } L_x = 3,20\text{m} = 320\text{cm}$$

$$\text{D'où } ht \geq \frac{320}{22,5} = 14,22$$

Choix : Nous optons pour un plancher à corps creux de **20 cm (15+5)** composé des hourdis de **15 cm** et d'une dalle de compression de **5 cm**.

- ✓ Détermination de la largeur b_0

$$0,3 \times d \leq b_0 \leq 0,4 \times d ; \text{ avec } d = 0,9 \times h = 0,9 \times 20 = 18\text{cm}$$

$$\Rightarrow 0,3 \times 18 \leq b_0 \leq 0,4 \times 18$$

$$\Rightarrow 5,4 \leq b_0 \leq 7,2 \Rightarrow b_0 = 6,5\text{cm}$$

Nous convenons de prendre $b_0 = 12\text{cm}$

- ✓ Détermination de b

$$b = 2b_1 + b_0$$

Avec $b_1 = \min\left(\frac{b}{2}; \frac{L_x}{10}; 30 \text{ à } 40\text{cm}\right)$; Avec b : l'entraxe standard des nervures ; $b = 48\text{cm}$.

$$\Rightarrow b_1 = \min\left(\frac{48}{2}; \frac{320}{10}; 30 \text{ à } 40\text{cm}\right) \Rightarrow (24\text{cm}; 32\text{cm}; 30 \text{ à } 40\text{cm})$$

$\Rightarrow b_1 = 24\text{cm}$

D'où $b = 2 \times 24 + 12 = 60\text{cm}$

Comme le plancher est en corps creux, on considère les poutrelles comme des poutres en (Te) de dimensions suivantes :

$ht = 20\text{cm}; h_0 = 5\text{cm}; b = 60\text{cm}; b_0 = 12\text{cm}$

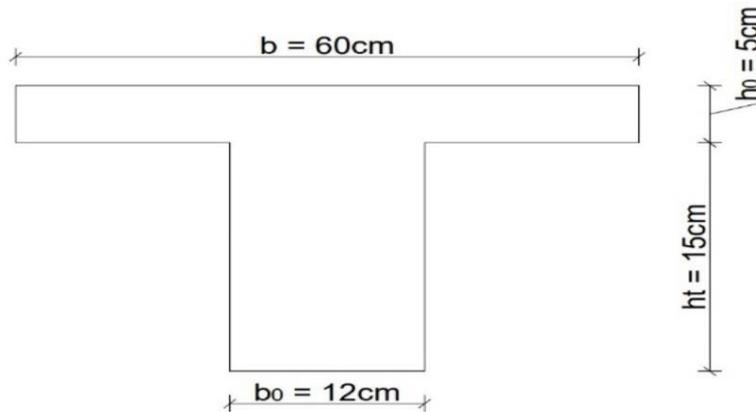


Figure 10 : Coupe transversale de la nervure

Les éléments constitutifs du plancher à corps creux et leurs dimensions géométriques sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 6 : Récapitulatif des différentes dimensions des éléments du plancher à corps creux

Désignation des éléments	Dimensions géométriques (cm)
Epaisseur des hourdis	15
Epaisseur de la dalle de compression	05
Entraxe des nervures	60
Largeur des nervures	12

b. PRE DIMENSIONNEMENT DE LA POUTRES

Les poutres sont des éléments porteurs horizontaux en bois, en acier ou en béton armé. Elles reçoivent les charges linéiques et permettent de transmettre les charges et les surcharges aux éléments verticaux.[2]

Dans le cas de notre projet, nous avons deux types de poutre à savoir les poutres isostatiques et les poutres hyperstatiques. Dans un premier temps nous étudierons la poutre hyperstatique (poutre la plus chargée) et dans un second temps la poutre isostatique.

❶ Poutre hyperstatique (poutre la plus chargée)

- ✓ Désignation de la poutre (plan de coffrage plancher haut RDC)

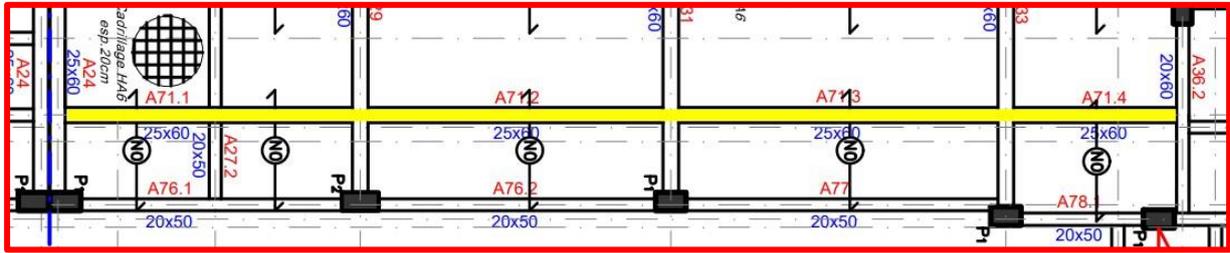


Figure 11 : Présentation de la poutre hyperstatique

Le pré dimensionnement de la poutre hyperstatique est donnée par les formule suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10} \\ 0,3 \times d \leq b \leq 0,5 \times d \\ \text{Avec } d = 0,9 \times h \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} L: C' \text{ est la portée de la poutre mesurée entre nus d'appuis} \\ h: \text{Hauteur de la poutre} \\ b: \text{Largeur de la poutre et est fonction de la hauteur} \end{array} \right.$$

Avec $L = 546\text{cm}$

- ✓ Détermination de la hauteur (h) de la poutre hyperstatique

$$\frac{546}{15} \leq h \leq \frac{546}{10} \Rightarrow 36,40 \leq h \leq 54,6 ;$$

Pour des raisons constructives et architecturales, nous convenons de prendre une hauteur de poutre $h = 60\text{cm}$.

- ✓ Détermination de la largeur (b) de la poutre

$$0,3 \times d \leq b \leq 0,5 \times d \Rightarrow 0,3 \times 0,9 \times 60 \leq b \leq 0,5 \times 0,9 \times 60 \Rightarrow 16,2 \leq b \leq 27$$

Pour des raisons constructives et pour avoir un bon ferrailage afin d'assurer un enrobage requis, nous convenons de prendre $b = 25\text{cm}$. Ainsi, nous retiendrons une poutre hyperstatique rectangulaire de section (25cm x 60cm).

❷ Poutre isostatique (poutre la plus chargée)

- ✓ Désignation de la poutre isostatique

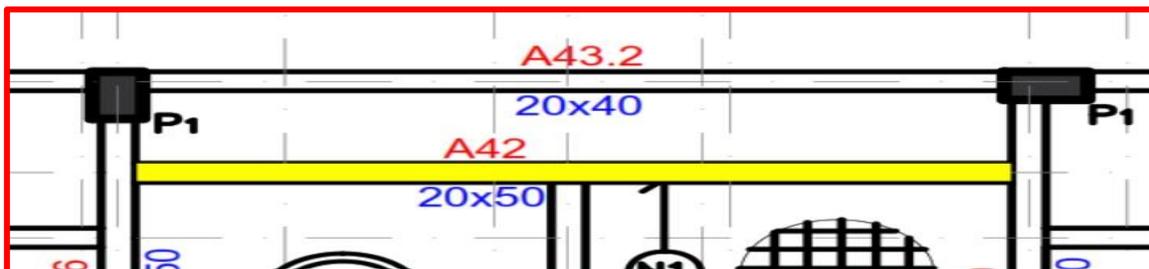


Figure 12 : Présentation de la poutre isostatique

Le pré dimensionnement de la poutre isostatique est donnée par la formule suivante :

$$\begin{cases} \frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10} \\ \frac{h}{5} \leq b \leq \frac{h}{2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} L: \text{longueur de la poutre entre nus d'appuis} \\ h: \text{hauteur de la poutre isostatique} \\ b: \text{largeur de la poutre isostatique} \end{cases}$$

Avec $L = 538\text{cm}$

✓ Déterminons la hauteur h pour une poutre isostatique

$$\frac{538}{15} \leq h \leq \frac{538}{10} \Rightarrow 35,86 \leq h \leq 53,8$$

Pour des raisons constructives, convenons de prendre $h = 50\text{cm}$.

✓ Déterminons la largeur b de la poutre isostatique

$$\frac{50}{5} \leq b \leq \frac{50}{2} \Rightarrow 10 \leq b \leq 25$$

Convenons de prendre $b = 20\text{cm}$

Ainsi, nous retiendrons une poutre isostatique rectangulaire de section (20cm x 50cm). Ceci représente les dimensions de la poutre isostatique. Mais par souci d'uniformisation des dimensions en vue de rendre plus facile l'exécution et d'éviter d'éventuelles erreurs nous conserverons les mêmes dimensions pour le calcul des autres poutres se comportant de la même manière

c. PRE DIMENSIONNEMENT DES POTEAUX

Les poteaux sont des porteurs verticaux en bois, en acier ou en béton armé. Ils reçoivent les charges et les surcharges transmises par les planchers et les poutres et à leur tour les transmettent aux fondations.[2]

Tous les plans d'exécution seront donnés par le logiciel en plus de cela nous allons vérifier manuellement les deux types des poteaux qui sont : le type un (1) constitué des poteaux d'angles et le type deux (2) des poteaux centraux.

Les poteaux de notre bâtiment sont classés en quatre famille (P1, P2, P3 et P4) que nous allons détailler dans les lignes qui suivent.

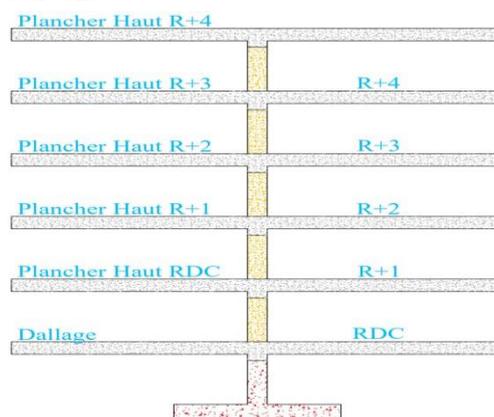


Figure 13 : Coupe longitudinale du poteau avec le plancher

$$\lambda = \frac{l_f}{i}; \text{ avec } \begin{cases} i = \frac{a}{\sqrt{12}}, \text{ pour les poteaux rectangulaires et carrés.} \\ i = \frac{\phi}{4}, \text{ pour les poteaux circulaires.} \end{cases}$$

$$\text{Ainsi nous avons } \lambda = \begin{cases} \frac{l_f \sqrt{12}}{a}; \text{ pour les poteaux rectangulaires et carrés.} \\ \frac{4 \times l_f}{\phi}, \text{ pour les poteaux circulaires.} \end{cases}$$

En ce qui concerne l'élanement, l'idéal est d'avoir $\lambda \leq 35$, pour rester dans le domaine de la

compression centrée. Donc nous avons :

$$\begin{cases} a \geq \frac{l_f \sqrt{12}}{35} \\ \phi \geq \frac{4 \times l_f}{35} \end{cases}$$

Les poteaux sont encastres soit assemblés à leurs extrémités dans la fondation et à des poutres donc nous adoptons :

$l_f = 0,7 \times l_0$; Avec l_0 : longueur libre des poteaux.

Nous obtenons :

❖ pour les poteaux carrés ou rectangulaires

$$a \geq \frac{l_f \sqrt{12}}{35} \rightarrow \begin{cases} a \geq 0,33\text{m pour } l_0 = 4,75\text{m} \\ a \geq 0,24\text{m pour } l_0 = 3,50\text{m} \end{cases}$$

❖ pour les poteaux circulaires

$$\phi \geq \frac{4 \times l_f}{35} \rightarrow \{ \phi \geq 0,42\text{m pour } l_0 = 4,75\text{m} \}$$

Nous optons pour :

- ✓ des sections carrées de 50cm x 50cm pour des poteaux centraux P4 ;
- ✓ des sections rectangulaires de 30cm x 50cm ou 50cm x 30cm pour les poteaux d'angles P1.

NB : il faut noter qu'après descente de charges et pour des raisons architecturales, ces valeurs des sections sont susceptibles de modification selon leur positionnement et leurs charges reçues dans la suite de notre calcul.[3]

d. PREDIMENSIONNEMENT DES VOILES

Les voiles sont des éléments en béton armé ou non destinés à reprendre les charges et les surcharges de la dalle, poutre et de les transmettre à la fondation. Dans le cas de notre projet, les voiles sont localisés au niveau de la cage d'ascenseur.[4]

Selon la norme RPA99 V2003 :

- ✓ les aciers sont constitués de deux nappes ;
- ✓ le pourcentage minimum des aciers est de 0,10% dans le sens horizontal et vertical ;
- ✓ un recouvrement de 40ϕ pour les renforcement des angles ;
- ✓ une épaisseur $\geq 15\text{cm}$.

De plus l'épaisseur doit être déterminée en fonction de la hauteur libre d'étage h_e et des conditions de rigidité aux extrémités comme indique la figure ci-dessous.[5]

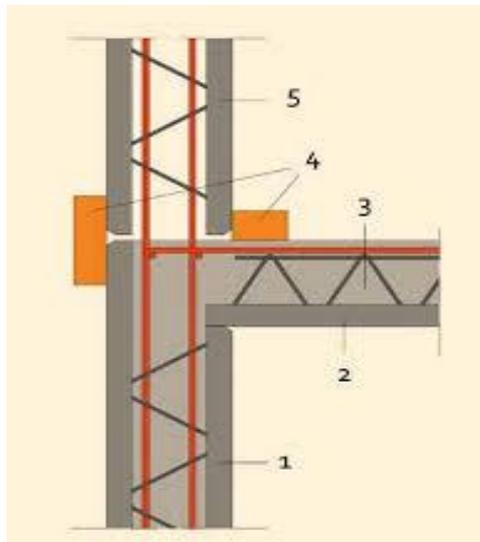


Figure 14 : coupe du voile cage d'ascenseur

$h_{e\text{Max}} = 3,20\text{m}$; avec : $h_{e\text{max}}$: hauteur sous plancher RDC

$$e = \text{Max} \left(\frac{h_e}{25} ; \frac{h_e}{22} ; \frac{h_e}{20} \right) = \frac{h_e}{20}$$

$$e = \frac{320}{20} = 16,75\text{cm}$$

Pour des raisons constructives, nous convenons de prendre un voile de 20cm d'épaisseur.

e. PRE DIMENSIONNEMENT DE LA FONDATION

Les fondations d'une construction sont constituées par les parties de l'ouvrage qui sont en contact avec le sol auquel elles transmettent les différentes charges de la structure.

Elles constituent donc la partie essentielle de l'ouvrage. Cependant leurs bonnes conceptions et réalisations conduiront à la stabilité et à la durabilité de la structure. Les différents éléments de fondation transmettent les charges au sol d'assise, soit directement (cas des semelles reposant

sur le sol ou bien le cas du radier partiel), soit par intermédiaire (cas des semelles sur pieux ou autres).[2]

❶ Caractéristiques de la fondation

Notre projet est fondé sur un sol de fondation dont les caractéristiques sont les suivantes :

- ✓ la contrainte du sol $\sigma_{sol} = 0,15\text{MPa}$;
- ✓ la profondeur d'ancrage du sol est de -1,6m du TN.

Tous ces différents renseignements ont été fournis par le Laboratoire National des Bâtiments et Travaux Publics (LNBTP).

❷ Les sollicitations

La fondation dans son ensemble doit être stable sous l'action des sollicitations qui sont :

- ✓ sollicitations dues aux superstructures telles que les forces verticales ascendantes ou descendantes, les forces horizontales, obliques et des moments de flexion ou torsion ;
- ✓ sollicitations dues au sol (forces verticales ascendantes ou descendantes, oblique etc.).

❸ Choix du type de fondation

La capacité portante de notre sol de fondation qui est de 0,15 MPa nous offre le choix d'une fondation superficielle de type :

- ✓ semelle isolée ;
- ✓ semelle filante ;
- ✓ Radier partiel.

Le choix du type de fondation dépend de ces trois critères ou facteurs qui viennent d'être cités ci-dessus :

- ✓ la nature et le poids de la structure ;
- ✓ la quantité ou la qualité des charges appliquées à cette structure ;
- ✓ la qualité du sol de fondation ;
- ✓ des raisons économiques et bien d'autres.

Les études de sol ont préconisé des semelles isolées mais compte tenu du fait que beaucoup de semelles s'entremêlaient et compte tenu de l'excentricité de certaines semelles, nous avons décidé de ramener certaines semelles en RADIER PARTIEL donc plus économique et plus pratique en mise en œuvre.

Un radier est une fondation offrant une surface d'appui continue sous un ouvrage et permet une répartition uniforme des charges tout en assurant une bonne résistance. Le radier est calculé comme une dalle renversée.[2]

f. PRE DIMENSIONNEMENT DU RADIER

- ✓ Epaisseur du radier

La hauteur du radier doit satisfaire la condition suivante :

$h_r \geq \frac{L_{\max}}{20}$; avec L_{\max} : la longueur d'entraxe entre deux poteaux perpendiculaires aux nervures ($L_{\max} = 662\text{cm}$).

On a donc $h_r \geq \frac{662}{20} = 33,1\text{cm}$.

Pour des raisons constructives, nous convenons de prendre $h_r = 80\text{cm}$.

g. PRE DIMENSIONNEMENT DE LA SEMELLE ISOLEE

Nous allons déterminer les dimensions des cotés A et B de la semelle et son épaisseur H.[3]

- ✓ Dimensions les dimensions A et B

A travers le rapport d'homothétie, on a : $\frac{A}{B} = \frac{a}{b}$

Nous devons également avoir le $\sigma_{\text{sol}} \geq \frac{P_{\text{uo}}}{S}$; avec $\sigma_{\text{sol}} = 0,15 \text{ MPa}$

$$\Rightarrow A \geq \sqrt{\frac{P_u}{\sigma_{\text{sol}}}} ; \text{ donc } A \geq \sqrt{\frac{0,432}{0,15}} = 1,70\text{m}$$

Soit $A = 220 \text{ cm}$

$$\Rightarrow B \geq \sqrt{\frac{P_u}{\sigma_{\text{sol}}}} ; \text{ donc } B \geq \sqrt{\frac{0,432}{0,15}} = 1,70\text{m}$$

Soit $B = 220 \text{ cm}$

- ✓ Déterminons l'épaisseur H

$$H = d + 5\text{cm} ; \text{ avec } d = \max\left\{\frac{A - a}{4} ; \frac{B - b}{4}\right\} \Rightarrow d = \max\left\{\frac{220 - 30}{4} ; \frac{220 - 50}{4}\right\} = 47,5\text{cm}$$

$$H = 47,5\text{cm} + 5\text{cm} = 52,5 \text{ cm}$$

Convenons de prendre $H = 60 \text{ cm}$

- ✓ Vérification de la section de la semelle
 - Contrainte réelle de la structure (σ_r)

Calcul de la nouvelle charge (P_{uo})

$$P_{\text{uo}} = P_u + 1,35 \times (\text{PP de la semelle} + \text{PP du potelet} + P \text{ de des terres})$$

Béton de propreté : $e = 0,05\text{m}$

Hauteur de la semelle : $h = 0,60\text{m}$

Fond de fouille : $F_f = 1,60\text{m}$

Hauteur de potelet : $H_p = F_f - (e + h) = 1,6 - (0,05 + 0,60) = 0,95\text{m}$

Poids propre de la semelle : $P_{p,s} = 2,20\text{m} \times 2,20\text{m} \times 0,60\text{m} \times 25\text{kN/m}^3 = 72,60\text{ kN}$

Poids propre du potelet : $P_{p,pt} = 0,30\text{m} \times 0,50\text{m} \times 0,95\text{m} \times 25\text{kN/m}^3 = 3,56\text{ kN}$

Poids des terres : $P_T = 1,90\text{m} \times 1,70\text{m} \times 0,95\text{m} \times 18\text{kN/m}^3 = 55,23\text{ kN}$

Donc : $P_{uo} = 0,432 + 1,35 \times (0,073 + 0,004 + 0,055) = 0,610\text{ MN}$

La contrainte réelle : $\sigma_r = \frac{P_{uo}}{S} \rightarrow \sigma_r = \frac{0,610}{2,2 \times 2,2} = 0,126\text{ MPa} < 0,15\text{ MPa} \rightarrow \text{Ok!}$

h. PRE DIMENSIONNEMENT DE L'ESCALIER

Un escalier est une suite de plans horizontaux disposés en gradins, permettant d'accéder d'un niveau à un autre.

L'escalier à dimensionner est un escalier à deux volées reliées par un palier de repos. Nous avons deux escaliers au total, les deux débutent du RDC vers les niveaux supérieurs. Les dimensions retenues sont ceux données par le plan architectural.

Selon Nicolas François BLONDEL (célèbre homme du 17^{ème} siècle, Architecte, né 10 juin 1618, Ribemont, France et décédé le 21 janvier 1686, Paris, France a inventé une méthode de calcul simple qui fait encore aujourd'hui autorité pour concevoir des escaliers), « la longueur des pas d'une personne qui marche de niveau est communément de deux pieds et la hauteur du pas de celle qui monte à plomb n'est que d'un pied » suite à cela, une relation entre le giron (g) et la hauteur (h) a été mise en place et qui est la suivante : $60\text{cm} \leq G + 2h_m \leq 64\text{cm}$. [6]

La marche au giron : $24\text{cm} \leq G \leq 30\text{cm}$; Nous convenons de prendre $G = 30\text{cm}$

La hauteur de marche : $15\text{cm} \leq h_m \leq 17\text{cm}$; Nous convenons de prendre $h_m = 16\text{cm}$

Vérification de la relation de BRONDEL : $60\text{cm} \leq 30 + 2 \times 16 \leq 64\text{cm}$

$\Rightarrow 30 + 2 \times 16 = 62\text{cm} \leq 64\text{cm}$; D'où la relation de BRONDEL est vérifiée.

Le dimensionnement des volées d'escaliers (droite ou tournantes) se fait comme pour une poutre inclinée d'un angle α . On travail sue une bande de 1 ml.

Nombre de contre marche

$n = \frac{H}{h_m} = \frac{320}{16} = 20$ contre marches pour deux volées ; avec H la hauteur à franchir.

Pour un volée $n = \frac{20}{2} = 10$.

Soit le nombre de marche (n-1) pour deux volées = $(9 \times 2) = 18$

Pour une volée on a $(n-1) = \frac{18}{2} = 9$.

La longueur d'une volée : elle est donnée par la formule suivante :

$$L_v = \left(\frac{n}{2} - 1\right) \times G \Rightarrow L_v = \left(\frac{20}{2} - 1\right) \times 30 = 270\text{cm}$$

✓ Détermination de l'angle d'inclinaison α

$$\tan \alpha = \frac{h_m}{G} \Rightarrow \alpha = \tan^{-1}\left(\frac{16}{30}\right) = 28^\circ$$

✓ Longueur développée de la paillasse (L_p)

$$\cos \alpha = \frac{L}{L_p} \Rightarrow L_p = \frac{L}{\cos \alpha} = \frac{(n-1) \times 30}{\cos 28} \Rightarrow L_p = 544\text{cm}$$

✓ Epaisseur de la paillasse

$$\frac{L_p}{30} \leq ep \leq \frac{L_p}{20} \Rightarrow \frac{544}{30} \leq ep \leq \frac{544}{20} \Rightarrow 18,13\text{cm} \leq ep \leq 27,20\text{cm}$$

Donc nous convenons de prendre $ep = 20\text{cm}$

Le tableau ci-dessous illustre le récapitulatif des dimensions des éléments constitutif de l'escalier.

Tableau 7 : Récapitulatif des éléments de l'escalier

Désignation	Dimensions des éléments en cm
Hauteur à franchir	320
Hauteur de contre marche	16
Nombre de contre marche	20
Largeur d'une marche	30
Épaisseur du palier	20
Épaisseur de la paillasse	20
Emmarchement	150

Dans ce tableau ci-dessus, on peut observer les différentes épaisseurs des éléments constitutifs de l'escalier.

Tableau 8 : Récapitulatif du pré dimensionnement des éléments principaux

Éléments porteurs pré dimensionnés	Section des éléments	
	Largeur (cm)/ Epaisseur	Hauteur (cm)
Dalle pleine	20	-
Dalle à corps creux	16+4	-
Poutres hyperstatiques	25	60
Poutres isostatiques	20	50
Poteaux d'angle	30	50
Poteaux centraux	50	50
Voile	20	-
Semelles	220	220
Radier	80	-
Paillasse	20	-
Giron	30	-

Dans ce tableau ci-dessus, on peut observer les différentes épaisseurs des éléments porteurs de notre bâtiment.

2. DESCENTE DES CHARGES SUR LES ELEMENTS DE LA STRUCTURE

On appelle « descente de charge » l'opération qui consiste à calculer pour tous les éléments porteurs de la construction (planchers, poutres, ...) les charges qu'ils supportent à chaque niveau en partant du dernier niveau en descendant jusqu'aux fondations. Les valeurs obtenues permettront de dimensionner les éléments porteurs. Les charges sont estimées sur chaque élément à dimensionner et sont détaillées dans le point suivant afin de montrer les différentes étapes de dimensionnement des éléments en béton armé mais les charges sont généralement de deux types.

- ✓ Les charges permanentes (NF P 06-004)

Ces charges notées G sont des actions continues et constantes ou très peu variables dans le temps. Elles sont liées généralement au poids propre des éléments et aux surcharges.

- ✓ Les charges d'exploitations

Ces charges notées Q sont des actions dont l'intensité varie fréquemment. La durée d'application est très faible par rapport à la durée de vie de la construction. Elles résultent de l'exploitation directe de la construction et sont donc constituées par le poids des utilisateurs et des matériaux nécessaires à l'utilisation des locaux. La norme NF P 06-001 définit les charges surfaciques à prévoir.

a. DESCENTE DE CHARGE SUR LE PLANCHER

❶ Plancher à dalle pleine

Tableau 9 : Descente de charge sur la dalle pleine

CHARGES PERMANENTES			
Désignation	Poids Volumique (kN/m ³ ou kN/m ²)	Epaisseur (m)	Charge (kN/m ²)
Poids propre de la dalle	25	0,20	5
Étanchéité multicouche	0,12	-	0,12
Enduit sous face	0,18	-	0,18
Carrelage + mortier de pose	0,20	-	0,20
Cloisons légers	1,00	-	1,00
Faux plafond en plâtre	0,312	-	0,312
Isolation thermique en Plâtre	0,16	-	0,16
Protection	0,85	-	0,85
Forme de pente	2,20	-	2,20
TOTAL			10,02
CHARGES D'EXPLOITATIONS			
Bureau	3,5	-	3,5
COMBINASON DES CHARGES A L'ELU			
$P_u = 1,35xG + 1,5xQ$			
$P_u = (1,35 \times 10,02) + (1,5 \times 3,5)$			18,777
La dalle pleine reçoit une charge de 18,78 kN/ml, c'est avec cette charge que la section d'armature sera calculée			

❷ Plancher à corps creux (Nervure)

Tableau 10 : Descente de charge sur la nervure

CHARGES PERMANENTES					
Désignations	L _{inf} (m)	b ₀ (m)	Ep (m)	Poids (kN/m ²)	Charge totale (kN/ml)
Poids propre du plancher	0,60	-	0,20	2,85	1,71
Enduits sous face	0,60	-	0,02	0,36	0,22
Carrelage + mortier de pose	0,60	-	0,02	0,20	0,12
Cloison légers	0,60	-	0,10	1,00	0,60
Faux plafond en Plâtre	0,60	-	-	0,312	0,18
TOTAL					2,83
CHARGES D'EXPLOITATIONS					
Bureau	0,6	-	-	3,5	2,10
COMBINAISON DES CHARGES A L'ELU					
$P_u = 1,35xG + 1,5xQ$					
$P_u = (1,35 \times 2,83) + (1,5 \times 2,10)$					6,97
La dalle à corps creux reçoit une charge de 6,97 kN/ml, c'est avec cette charge que la section d'armature sera calculée					

b. DESCENTE DES CHARGES SUR LA POUTRE

❶ Poutre hyperstatique

Sur la figure ci-dessous, nous pouvons observer la largeur d'influence de la poutre hyperstatique à étudier.

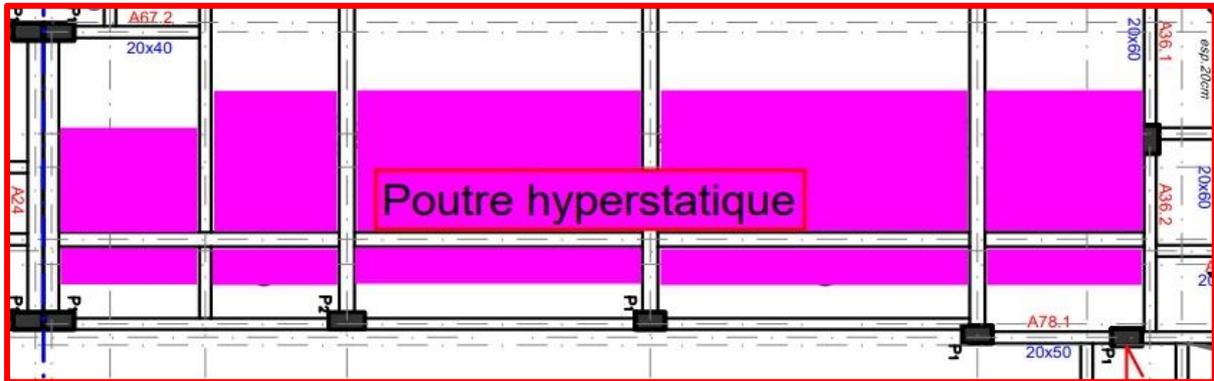


Figure 15 : Présentation de la largeur d'influence de la poutre hyperstatique

Largeur d'influence de la poutre = 3,34m et 1,795m

Tableau 11 : Descente de charge sur la poutre hyperstatique

CHARGES PERMANENTES					
Désignations	L_{inf} (m)	b (m)	h (m)	Poids (kN/m ²)	Charges (kN/ml)
Poids propre de la poutre	-	0,25	0,60	25	3,75
Charges provenant de la dalle à corps creux	3,34	-	-	2,85	9,52
Enduits sous face	3,34	-	-	0,18	0,60
Carrelage + mortier de pose	3,34	-	-	0,20	0,67
Cloison légers	3,34	-	-	1,00	3,34
Faux plafond en Plâtre	3,34	-	-	0,312	1,04
Poids du mur	-	-	3,00	1,95	5,85
TOTAL					24,77
CHARGES D'EXPLOITATIONS					
Bureau	3,34	-	-	3,5	11,69
COMBINAISON DES CHARGES A L'ELU					
$P_u = 1,35xG + 1,5xQ$					
$P_u = (1,35 \times 24,77) + (1,5 \times 11,69)$					50,97

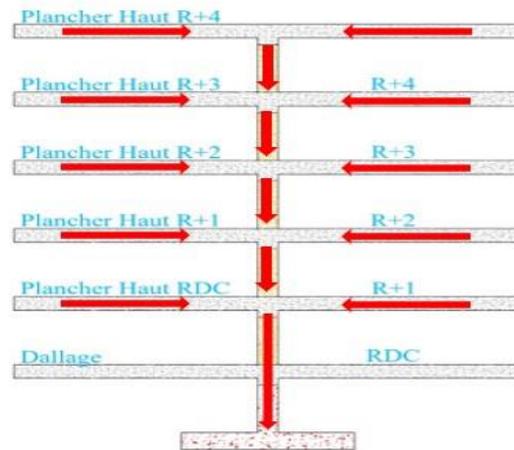


Figure 17 : La répartition des charges sur le poteau d'angle

La descente de charge sur le poteau d'angle nous a donnée $N_u = 0,550 \text{ MN}$ (voir les détails de calcul sur la descente de charge du poteau d'angle présenté en **annexe 9**)

② Poteaux centraux

Pour les poteaux centraux, il est nécessaire d'appliquer une majoration de 15% au niveau des charges qu'ils reçoivent. Nous pouvons observer la démarche suivie sur la figure ci-dessous.

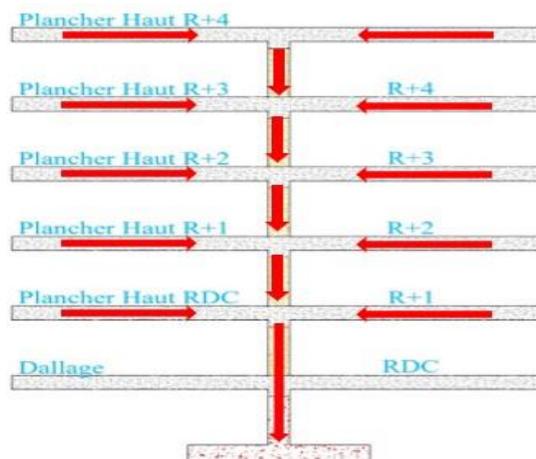


Figure 18 : La répartition des charges sur le poteau central

La descente de charge sur le poteau central nous a donnée $N_u = 2,92 \text{ MN}$ (voir les détails de calcul sur la descente de charge du poteau central présenté en **annexe 9**)

d. DESCENTE DE CHARGE SUR L'ESCALIER

❶ Sur le palier de repos

Tableau 13 : Descente de charge sur le palier

CHARGES PERMANENTES			
Désignations	Epaisseur (m)	Poids (kN/m ³)	Charge totale (kN/m ²)
Poids dalle en BA	0,20	25	5
Enduit sous palier	-	0,18	0,18
Carrelage + mortier de pose	-	0,20	0,20
TOTAL			5,38
CHARGES D'EXPLOITATIONS			
Bâtiment bureautique	-	2,5	2,5
COMBINAISON DES CHARGES A L'ELU			
Pu = 1,35xG + 1,5xQ			11,01
Le palier de repos reçoit une charge de 11,01 kN/m², c'est avec cette charge que la section d'armature sera calculée			

❷ Sur la paillasse

Tableau 14 : descente de charge sur la paillasse

CHARGES PERMANENTES			
Désignations	Epaisseur (m)	Poids (kN/m ³)	Charge totale (kN/m ²)
Paillasse en BA	0,20	25	5
Marche en béton non armé	0,16	22	3,52
Enduit sous la paillasse	-	0,18	0,18
Poids du garde-corps	-	0,15	0,15
Carrelage + mortier de pose	-	0,20	0,20
TOTAL			9,05
CHARGES D'EXPLOITATIONS			
Bâtiment bureautique	-	2,5	2,5
COMBINAISON DES CHARGES A L'ELU			
Pu = 1,35xG + 1,5xQ			15,97
La paillasse reçoit une charge de 15,97 kN/ml, c'est avec cette charge que la section d'armature sera calculée			

III. DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS DE LA STRUCTURE

Avant toutes constructions, que ce soit celle d'un bâtiment à usage d'habitation, industrielle ou public, des études sont indispensables notamment des études techniques et financières. Dans ce chapitre nous allons parler de l'étude technique de l'ouvrage à travers le dimensionnement des éléments de structures du bâtiment. En effet, nous allons à partir des différentes méthodes issues du règlement du BAEL, procéder au dimensionnement des éléments porteurs allant du plancher jusqu'aux semelles en passant par celui des poutres, des nervures, de l'escalier des voiles et des poteaux. Ce dimensionnement nous permettra d'avoir la section de l'acier des éléments de structure tout en faisant ressortir des plans de ferrailages, ce qui va par la suite, faciliter leur exécution.[3]

1. DIMENSIONNEMENT DU PLANCHER

a. DALLE PLEINE

L'étude de la dalle pleine va consister à déterminer le ferrailage du panneau de la dalle pleine. Le schéma statique de la dalle pleine se présente comme suit.

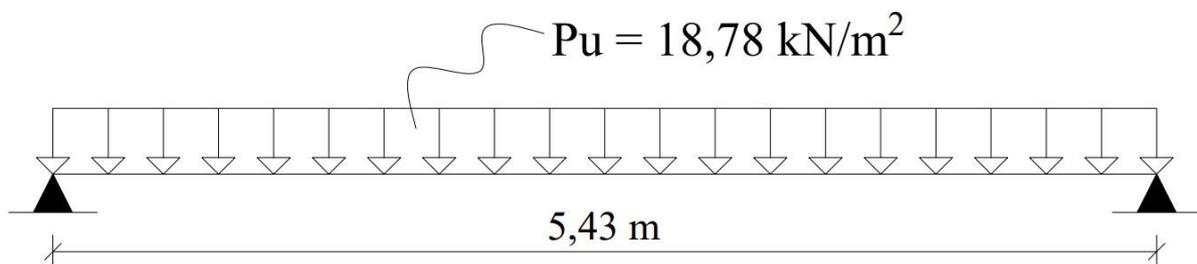


Figure 19 : schéma statique de la dalle pleine

① Calcul des sollicitations

Nous avons donc : $\begin{cases} \mu_x = 0,038 \\ \mu_y = 0,977 \end{cases}$

Les valeurs de μ_x et μ_y ont été obtenue par interpolation, voir le tableau du paramètre α en **annexe 4** et les détails sur les interpolations effectuées.

D'où les moments de calcul suivant :

$$M_{0x} = \mu_x \times P_u \times L_x^2 \rightarrow M_{0x} = 0,038 \times 0,019 \times 5,43^2 = 0,021 \text{ MN.m}$$

$$M_{0y} = \mu_y \times M_{0x} \rightarrow M_{0y} = 0,977 \times 0,021 = 0,020 \text{ MN.m}$$

② Calcul de la section d'armature

✓ Armature dans la direction X

Pour se faire, on calculera l'armature pour 1ml de dalle (b = 1ml).

- Calcul de μ_u

$$\mu_u = \frac{M_{0x}}{b \times d^2 \times f_{cbu}} \rightarrow \mu_u = \frac{0,021}{1 \times (0,9 \times 0,20)^2 \times 11,33} = 0,057$$

$$\mu_u = 0,057 < 0,186 ; \text{Donc pas d'armature comprimée } A_c = 0$$

- Calcul du coefficient α

$$\alpha = 1,25 \left(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u} \right) \rightarrow \alpha = 1,25 \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,057} \right) = 0,073$$

$$\alpha = 0,073$$

- Calcul du bras de levier (z)

$$z = d(1 - 0,4\alpha) \rightarrow z = 0,9 \times 0,20(1 - 0,4 \times 0,073) = 0,175$$

$$z = 0,175 \text{ m}$$

- Calcul de la section d'armature A_{st}/x

$$A_{st}/x = \frac{M_{0x}}{Z \times \sigma_{st}} \rightarrow A_{st}/x = \frac{0,021}{0,175 \times 347,83} = 3,45 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_{st}/x = 3,45 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

✓ Armature dans direction Y

Pour se faire, on calculera l'armature pour 1ml de dalle (b = 1ml).

- Calcul de μ_u

$$\mu_u = \frac{M_{0y}}{b \times d^2 \times f_{cbu}} \rightarrow \mu_u = \frac{0,020}{1 \times (0,9 \times 0,20)^2 \times 11,33} = 0,054$$

$$\mu_u = 0,054$$

- Calcul du coefficient α

$$\alpha = 1,25 \left(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u} \right) \rightarrow \alpha = 1,25 \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,054} \right) = 0,069$$

$$\alpha = 0,069$$

- Calcul du bras de levier (z)

$$z = d(1 - 0,4\alpha) \rightarrow z = 0,9 \times 0,20(1 - 0,4 \times 0,069) = 0,175$$

$$z = 0,175 \text{ m}$$

- Calcul de la section d'armature Ast//x

$$A_{st//y} = \frac{M_{oy}}{Z \times \sigma_{st}} \rightarrow A_{st//y} = \frac{0,020}{0,175 \times 347,83} = 3,29 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_{st//y} = 3,29 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

- ✓ Condition de non fragilité

$$A_{st//x} \text{ min} \geq 0,0004 \times b \times h \times \left(3 - \frac{L_x}{L_y}\right)$$

$$A_{st//x} \text{ min} \geq 0,0004 \times 1 \times 0,20 \times (3 - 0,99) = 1,61 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_{st//y} \text{ min} \geq 0,0008 \times b \times d$$

$$A_{st//y} \text{ min} \geq 0,0008 \times 1 \times 0,9 \times 0,20 = 1,44 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Donc les conditions sont vérifiées car $A_{st//x} = 3,45 \text{ cm}^2/\text{ml}$ et $A_{st//y} = 3,29 \text{ cm}^2/\text{ml}$

- ✓ Espacement des barres

- Ast//x

$$A_{st//x} = 3,45 \text{ cm}^2/\text{ml} \begin{cases} \text{HA14 (9,24 cm}^2) \\ \text{HA12 (6,79 cm}^2) \end{cases} \rightarrow \text{Pour la nappe supérieure et inférieure}$$

$$A_{st//x} = 3,45 \text{ cm}^2/\text{ml} \begin{cases} \text{Esp HA14} = \frac{100}{6} = 15 \text{ cm} \\ \text{Esp HA12} = \frac{100}{5} = 20 \text{ cm} \end{cases} \rightarrow \text{Pour la nappe supérieure et inférieure}$$

- Ast//y

$$A_{st//y} = 3,29 \text{ cm}^2/\text{ml} \begin{cases} \text{HA14 (9,24 cm}^2) \\ \text{HA12 (6,79 cm}^2) \end{cases} \rightarrow \text{Pour la nappe supérieure et inférieure}$$

$$A_{st//y} = 3,29 \text{ cm}^2/\text{ml} \begin{cases} \text{Esp HA14} = \frac{100}{6} = 15 \text{ cm} \\ \text{Esp HA12} = \frac{100}{5} = 20 \text{ cm} \end{cases} \rightarrow \text{Pour la nappe supérieure et inférieure}$$

✓ Espacement maxi-barres

Fissuration Peu Préjudiciable (F. P. P)

$$\text{Esp//x} = \min (3h ; 33\text{cm}) \rightarrow \min (3 \times 20 ; 33\text{cm}) \rightarrow \text{Est//x} = 33\text{cm}$$

$$\text{Esp//y} = \min (4h ; 45\text{cm}) \rightarrow \min (4 \times 20 ; 45\text{cm}) \rightarrow \text{Est//y} = 45\text{cm}$$

Choix : $\left\{ \begin{array}{l} \text{Suivant x: HA14 ; Esp} = 15\text{cm} \\ \text{Suivant y: HA14 ; Esp} = 15\text{cm} \end{array} \right.$

Voir le plan de ferrailage de la dalle pleine en **annexe 5**

b. LA NERVURE

Les nervures sont des poutrelles en béton armé qui reçoivent les charges du plancher pour les transmettre aux poutres. Elles sont généralement orientées dans le sens de la plus petite portée du panneau considéré sauf en cas de contraintes d'ordre architectural. La nervure du plancher considéré est une nervure isostatique. Elle sera calculée comme une poutre de section rectangulaire (b x h). Le schéma statique de la dalle à nervure se présente comme suit.[7]

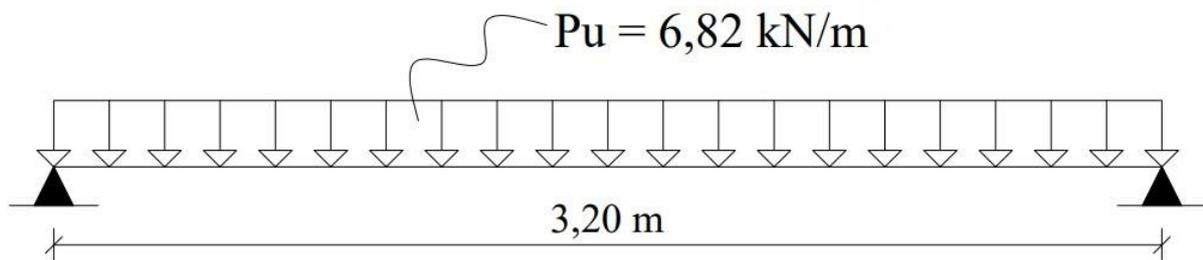


Figure 20 : Schéma statique de la nervure

① Caractéristique géométrique de la poutrelle

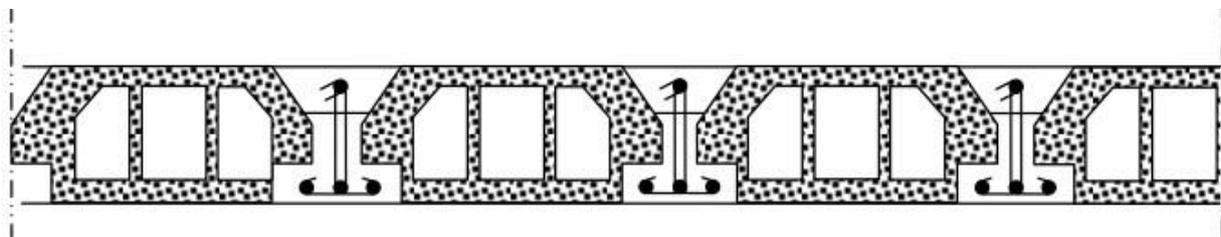


Figure 21 : Détail poutrelle

Les poutrelles sont des poutres de section en T associées à des planchers. Dans notre projet nous avons un plancher à corps de (15 + 5) cm.

✓ Calcul du moment ultime

$$M_u = \left(\frac{P_u \times l^2}{8} \right) \rightarrow AN : M_u = \left(\frac{0,007 \times 3,2^2}{8} \right) = 0,009 \text{ MN.m}$$

✓ Calcul du moment équilibrant par table (M_t)

$$M_t = b \times h_0 \times f_{bu} \times \left(d - \frac{h_0}{2} \right) ; \text{ Avec } f_{bu} = 11,33 \text{ MPa et } d = 0,9 \times 0,20 = 0,18 \text{ m}$$

$$M_t = 0,6 \times 0,05 \times 11,33 \times \left(0,18 - \frac{0,05}{2} \right) = 0,053 \text{ MN.m}$$

Nous remarquons que $M_t = 0,053 \text{ MN.m} > M_u = 0,009 \text{ MN.m}$; donc la section sera considérée rectangulaire de largeur $b = 60 \text{ cm}$ et de hauteur utile d .

✓ Calcul du moment réduit (μ_u)

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_{bu}} \rightarrow \mu_u = \frac{0,009}{0,6 \times (0,9 \times 0,20)^2 \times 11,33} = 0,041$$

$$\mu_u = 0,041$$

$$\mu_u = 0,041 < \mu_{ab} = 0,186$$

Le béton à lui seul peut reprendre l'effort de compression, donc par conséquent il n'y aura pas des aciers comprimés.

✓ Calcul du coefficient (α)

$$\alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_u}) \rightarrow \alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,041}) = 0,052$$

$$\alpha_u = 0,052$$

✓ Calcul du bras de levier (z)

$$z_u = d(1 - 0,4\alpha_u) \rightarrow z_u = 0,9 \times 0,2 (1 - 0,4 \times 0,052) = 0,176$$

$$z_u = 0,176 \text{ m}$$

✓ Section d'armature (A_{st})

$$A_{st} = \frac{M_u}{z \times \sigma_{st}} \rightarrow A_{st} = \frac{0,009}{0,176 \times 347,83} = 1,47 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$A_{st} = 1,47 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Choix : on a 3 HA10 ($2,36 \text{ cm}^2$)

② Armature transversale (Art. A. 7, 2. 2 / BAEL 91 modifié 99)

✓ Vérification du diamètre des armatures transversales

Choix de $\phi_t = \text{HA6}$; donc $A_t = 2\text{HA6} = 0,57\text{cm}^2$

$$A_t = 0,57\text{cm}^2$$

$$\phi_t \leq \min \begin{cases} \frac{h}{35} \\ \frac{b_0}{10} \\ \phi_1 \end{cases} \rightarrow \phi_t \leq \min \begin{cases} \frac{20}{35} = 6\text{mm} \\ \frac{60}{10} = 60\text{mm} \\ \phi_1 = 10\text{mm} \end{cases} \rightarrow \phi_t \leq 6\text{mm}$$

Donc la condition est vérifiée.

✓ Calcul de l'effort tranchant maximum (Art A. 5, 1. 1/ BAEL 91 modifié 99)

$$V_u = \frac{P_u \times l}{2} \rightarrow V_u = \frac{0,007 \times 3,2}{2} = 0,011\text{MN}$$

$$V_u = 0,011\text{ MN}$$

✓ Contrainte de cisaillement

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_0 \times d} \rightarrow \tau_u = \frac{0,011}{0,12 \times 0,18} = 0,510\text{ MPa}$$

$$\tau_u = 0,510\text{ MPa}$$

✓ Vérification de la contrainte de cisaillement

$$\bar{\tau}_u = \min \left\{ \frac{0,2 \times f_{c28}}{\gamma_b} ; 5\text{MPa} \right\} \rightarrow \bar{\tau}_u = \min \left\{ \frac{0,2 \times 20}{1,5} = 2,66\text{MPa} ; 5\text{MPa} \right\}$$

$$\bar{\tau}_u = 2,66\text{ MPa}$$

On a donc $\bar{\tau}_u = 2,66\text{ MPa} > \tau_u = 0,510\text{ MPa}$; condition vérifiée.

✓ Espacement des cadres (Art A. 5, 1. 23/BAEL 91 modifié 99)

$$\frac{\phi_t}{b \times s_t} \geq \frac{\gamma_s(\tau_u - 0,3 \times f_{t28} \times K)}{0,9f_e(\sin\alpha + \cos\alpha)} ; \text{ Avec } \alpha = 90^\circ \text{ et } K = 1, \text{ sans reprise de bétonnage}$$

$$S_t \leq \frac{0,9 \times f_e \times A_t}{b \times \gamma_s(\tau_u - 0,3 \times f_{t28} \times K)} \rightarrow S_t \leq \frac{0,9 \times 400 \times 0,57 \cdot 10^{-4}}{0,12 \times 1,15(0,51 - 0,3 \times 1,8 \times 1)} = 49,6$$

$$S_t \leq 49,6\text{cm}$$

Adoptons $S_t = 15\text{ cm}$

✓ Espacement des armatures (Art A. 5. 1, 22 / BAEL 91 modifié 99)

$$S_t \leq \min(0,9d ; 40\text{cm}) \rightarrow S_t \leq \min(0,9 \times 0,18 = 16,2\text{cm} ; 40\text{cm})$$

$$S_t \leq 16,2\text{cm}$$

Convenons de prendre $S_t = 15\text{cm}$.

✓ Vérification de la section d'armature transversale

$$\frac{A_t \times f_e}{b \times s_t} \geq 0,4 \text{ MPa} \rightarrow \frac{0,57 \cdot 10^{-4} \times 400}{0,12 \times 15} = 1,27 \text{ MPa} \geq 0,4 \text{ MPa}$$

Donc la condition est vérifiée.

Voir le plan de ferrailage de la nervure en **annexe 6**.

2. DIMENSIONNEMENT DE LA POUTRE

a. POUTRE HYPERSTATIQUE

✓ Schéma statique de la poutre hyperstatique

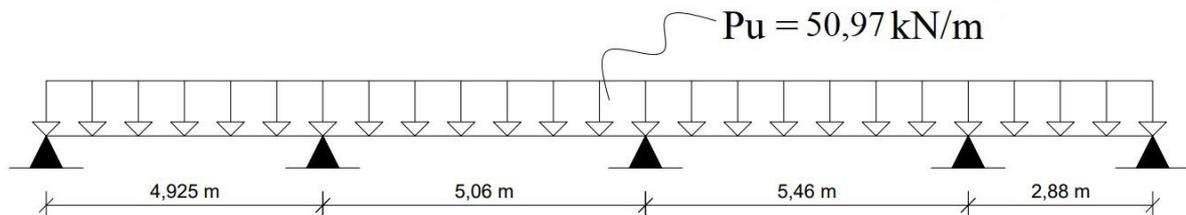


Figure 22 : Schéma statique de la poutre hyperstatique

En général pour le dimensionnement des poutres continues en béton armé, il existe deux méthodes de calcul à savoir :

- la méthode forfaitaire ;
- la méthode Caquot.

L'application de ces différentes méthodes doit respecter certaines conditions.

✓ Vérification de la condition d'application de la méthode forfaitaire

- Le plancher est à charge d'exploitation modérée car on a : $Q = 350 \text{ daN/m}^2$
 $Q < \max(2G ; 500 \text{ daN/m}^2)$. → **Ok!**
- Le moment d'inertie des sections transversales sont identiques sur toutes les différentes travées de la poutre. → **Ok!**
- La fissuration est peu préjudiciable (FPP). → **Ok!**
- Le rapport des portées successives

$$\text{On a : } \frac{L_1}{L_2} = \frac{4,925}{5,06} = 0,97\text{m} \in [0,8 ; 1,25]$$

$$\text{On a : } \frac{L_2}{L_3} = \frac{5,060}{5,46} = 0,93\text{m} \in [0,8 ; 1,25]$$

$$\text{On a : } \frac{L_3}{L_4} = \frac{5,460}{2,88} = 1,90\text{m} \notin [0,8 ; 1,25]$$

Donc la méthode forfaitaire n'est pas applicable, utilisons la méthode de Caquot (né le 1^{er} juillet 1881 à Vouziers, France et décédé le 28 Novembre 1976 à Paris, France).

✓ Détermination des moments fléchissant

Le calcul des moments sur appuis et en travée pour différents cas de chargement sont présentées en **annexe 20**. Un récapitulatif des ces différents moments maximaux sur appuis et en travée sont à observer dans le tableau suivant.

Tableau 15 : Récapitulatif des moments max sur les appuis et en travées

Moment sur appuis		Moment en travée	
Désignation	Valeur (kN.m)	Désignation	Valeur (kN.m)
M ₀	0	M _{t1}	100,08
M ₁	124,16	M _{t2}	71,67
M ₂	106,64	M _{t3}	103,79
M ₃	88,61	M _{t4}	20,35

✓ Détermination des efforts tranchant

Ainsi, les détails de calcul des efforts tranchant sont présentés également en annexe et récapitulés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 16 : Récapitulatif des efforts tranchants

Travée 1		Travée 2		Travée 3		Travée 4	
V _{1(w)}	V _{2(e)}	V _{2(w)}	V _{3(e)}	V _{3(w)}	V _{4(e)}	V _{4(w)}	V _{5(e)}
-100,30 kN	150,72 kN	-132,42 kN	125,49 kN	-142,43 kN	135,86 kN	-104,20 kN	42,59 kN

Après le calcul des moments sur appuis et en travée, nous avons tracés les diagrammes des moments max et des efforts tranchant max. En titre d'exemple, voir la figure ci-dessous.

✓ Diagramme des moments fléchissant

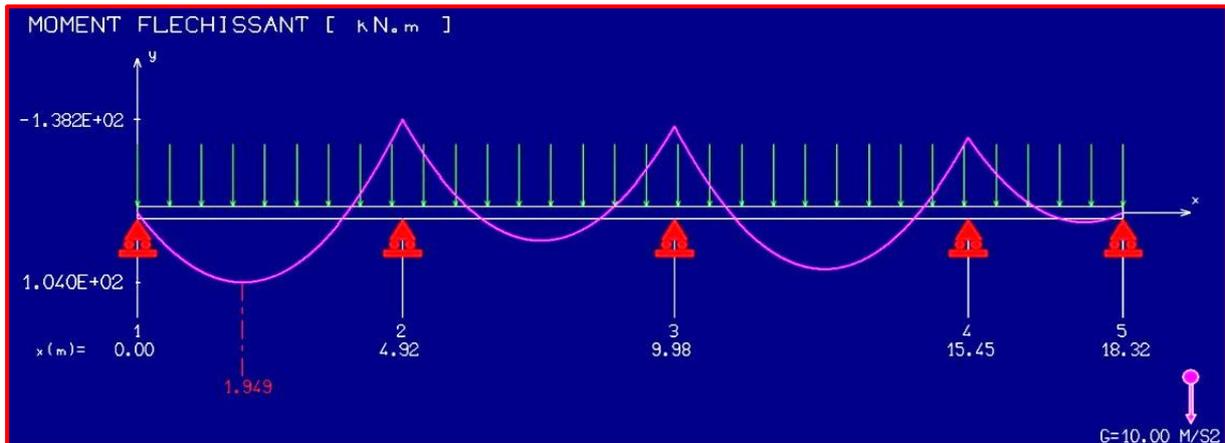


Figure 23 : Diagramme des moments fléchissant avec le logiciel RDM 6

✓ Diagramme des efforts tranchant

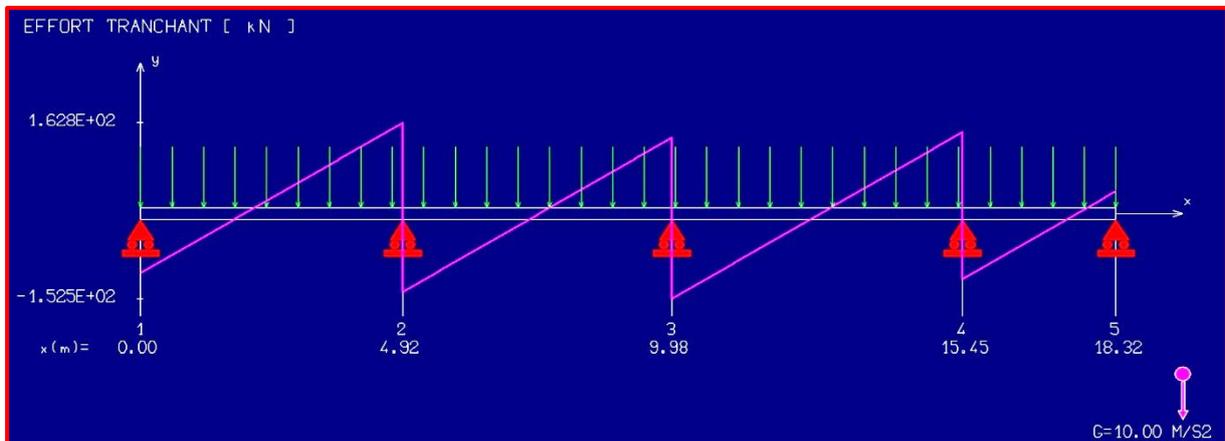


Figure 24 : Diagramme des efforts tranchants avec le logiciel RDM 6

✓ Détermination de la section des aciers à l'état limite ultime

Nous allons considérer les moments max dans les trois (03) cas vu ci-dessus pour la détermination de la section d'aciers.

Pour le calcul des sections d'acier sur appuis, le moment sur appuis $A_0 = 0,15 \times M_{01}$ et le moment sur appuis $A_4 = 0,15 \times M_{04}$

• Calcul des sections d'aciers en travée

Tableau 17 : Section d'acier en travée

Désignation	Formules	Travée 1	Travée 2	Travée 3	Travée 4
$M_{travée}$ (MN.m)	$M_i = \frac{P_u \times l'_w{}^3 + P_u \times l_e{}^3}{8,5 \times (L'_w + L'_e)}$	0,100	0,072	0,104	0,020
Moment réduit	$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_{bu}}$	0,121	0,087	0,126	0,024
Règle de pivot	Si $\mu_u < \mu_{AB} \rightarrow$ pivot A Si $\mu_u > \mu_{AB} \rightarrow$ pivot B	pivot A	pivot A	pivot A	pivot A
Coefficient α	$\alpha = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2\mu_u})$	0,162	0,114	0,169	0,030
Bras de levier : Z (m)	$Z = d \times (1 - 0,4\alpha)$	0,51	0,52	0,50	0,53
Section d'acier	$A_{st} = \frac{M_u}{Z \times \sigma_{st}}$	5,64	3,98	5,98	1,08
Section d'acier minimale	$A_{st \min} = \frac{0,23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e}$	1,40			
Aciers retenus					
Choix d'aciers		4 HA 12 + 4 HA 12 (9,04 cm²)	4 HA 12 + 4 HA 12 (9,04 cm²)	4 HA 12 + 4 HA 12 (9,04 cm²)	4 HA 12 (4,52 cm²)

• **Calcul des sections d'acier sur appuis**

Tableau 18 : Section d'acier sur les appuis

Désignation	Formules	Appuis 0	Appuis 1	Appuis 2	Appuis 3	Appuis 4
		A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
M _{appuis} (MN. m)	$M_i = \frac{P_u \times l'_w{}^3 + P_u \times l_e{}^3}{8,5 \times (L'_w + L'_e)}$	0,023	0,124	0,107	0,089	0,008
Moment réduit	$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_{bu}}$	0,028	0,150	0,129	0,108	0,0097
Règle de pivot	Si $\mu_u < \mu_{AB} \rightarrow$ pivot A Si $\mu_u > \mu_{AB} \rightarrow$ pivot B	pivot A	pivot A	pivot A	pivot A	pivot A
Coefficient α	$\alpha = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2\mu_u})$	0,035	0,204	0,173	0,143	0,012
Bras de levier : Z (m)	$Z = d \times (1 - 0,4\alpha)$	0,53	0,50	0,50	0,51	0,54
Section d'acier	$A_{st} = \frac{M_u}{Z \times \sigma_{st}}$	1,25	7,13	6,15	5,02	0,43
Section d'acier minimale	$A_{st \min} = \frac{0,23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e}$	1,40				
Aciers retenus						
Choix d'aciers		4 HA 12 (4,52 cm ²)	4 HA 12 + 4 HA 12 (9,04 cm ²)	4 HA 12 + 4 HA 12 (9,04 cm ²)	4 HA 12 + 4 HA 12 (9,04 cm ²)	4 HA 12 (4,52 cm ²)

- Contraintes tangentielles

Tableau 19 : Contrainte tangentielle

Désignation	Formules	Travée 1	Travée 2	Travée 3	Travée 4
Effort tranchant (MN)	–	0,151	0,125	0,136	0,043
Contrainte tangentielle	$\tau_{u \max} = \frac{V_{u \max}}{b \times d}$	1,12	0,93	1,01	0,32
Contrainte tangentielle limite	$\tau_{ul} \leq \left[\frac{0,20 \times f_{c28}}{\gamma_b} ; 5\text{MPa} \right]$	2,66	2,66	2,66	2,66
Vérifications	$\tau_{u \max} \leq \tau_{u \text{ limite}}$	Ok !	Ok !	Ok !	Ok !

- Calculons l'espacement des cadres

$$S_t \leq \frac{0,9 \times f_e \times A_t}{b \times \gamma_s (\tau_u - 0,3 \times f_{t28} \times K)}$$

Avec $A_t = 4\text{brins} = 4 \text{ HA6} = 1,13 \text{ cm}^2$

$d = 0,9 \times 0,6 = 0,54\text{m} ; f_{t28} = 1,8 \text{ MPa}$

$K = 1$ (sans reprise de bétonnage)

$$S_t \leq \frac{0,9 \times 400 \times 1,13}{0,25 \times 1,15 (1,12 - 0,3 \times 1,8 \times 1)} = 0,24\text{m}$$

D'après le BAEL 91 modifié 99, Article A.5.1, 22 $S_t \leq \min[0,9d ; 40 \text{ cm}]$

$$S_t \leq \min[0,9 \times 0,54 ; 40 \text{ cm}] \rightarrow S_t \leq \min[0,49\text{m} ; 40 \text{ cm}]$$

$S_t \leq 40\text{cm} ;$ Alors nous convenons d'adopter un espacement S_t de 20cm

- Vérifions la section des aciers transversaux

$$\frac{A_t \times f_e}{b \times S_t} \geq 0,4\text{MPa} \rightarrow \frac{0,000113 \times 400}{0,25 \times 0,20} = 0,91\text{MPa} \geq 0,4\text{MPa}$$

$$0,91\text{MPa} > 0,4\text{MPa}$$

- Vérifions le diamètre des aciers transversaux (ϕ_t)

$$\phi_t \leq \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{h}{35} \\ \phi_{lmax} \\ \frac{b}{10} \end{array} \right. \rightarrow \phi_t \leq \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{60}{35} \\ 14 \\ \frac{25}{10} \end{array} \right. \quad \phi_t \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 17mm \\ 14mm \\ 25mm \end{array} \right.$$

$$\phi_t = 6mm < 14mm \rightarrow Ok!$$

Le plan de ferrailage de la poutre hyperstatique est présenté en **annexe 7**.

b. POUTRE ISOSTATIQUE

- ✓ Schéma statique de la poutre isostatique

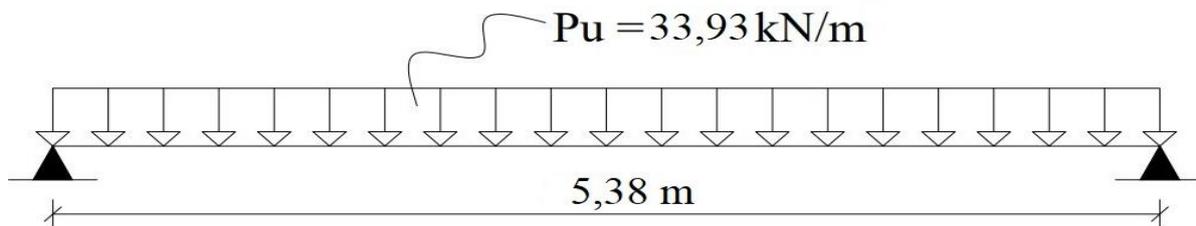


Figure 25 : Schéma statique de la poutre isostatique

- ✓ Détermination de la section d'armature

- Moment fléchissant ultime

$$M_u = \frac{P_u \cdot l^2}{8} \rightarrow M_u = \frac{33,93 \times 5,38^2}{8} = 122,76$$

$$M_u = 0,123 \text{ MN.m}$$

- Calcul du moment réduit

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_{bu}} \rightarrow \mu_u = \frac{0,123}{0,20 \times (0,9 \times 0,5)^2 \times 11,33} = 0,27$$

$$\mu_u = 0,27$$

- Calcul du paramètre de déformation (α) et du bras de levier (Z)

$$\alpha = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu_u}) \rightarrow \alpha = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,27}) = 0,40$$

$$Z = d \times (1 - 0,4\alpha) \rightarrow Z = 0,9 \times 0,50 \times (1 - 0,4 \times 0,40) = 0,38m$$

$$\alpha = 0,40 \text{ et } Z = 0,38m$$

- Section d'acier

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z \times \sigma_{st}} \rightarrow A_{st} = \frac{0,123}{0,38 \times 347,83} = 9,31 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} = 9,31 \text{ cm}^2$$

Section du béton : 20cm x 50cm (voir prédimensionnement de la poutre isostatique)

Choix : **3 HA14 + 3 HA14 + 2 HA12** totalisant une section de 11,50 cm²

- ✓ Détermination des aciers transversaux (Art. A.5, 1.1 / BAEL 91 modifié 99)

- Calcul de l'efforts tranchants maximum

$$V_u = \frac{P_u \times l}{2} \rightarrow V_u = \frac{0,034 \times 5,38}{2} = 0,092 \text{ MN}$$

$$V_u = 0,092 \text{ MN}$$

- Calcul de la contrainte tangentielle

$$\tau_u = \frac{V_u}{b \times d} \rightarrow \tau_u = \frac{0,092}{0,20 \times 0,9 \times 0,50} = 1,02 \text{ MPa}$$

$$\tau_u = 1,02 \text{ MPa}$$

Vérifions que la contrainte $\tau_u < \bar{\tau}_u$

$$\bar{\tau}_u = \min \left\{ \frac{0,20 \times f_{c28}}{\gamma_b}, 5 \text{ MPa} \right\} \rightarrow \bar{\tau}_u = \min \left\{ \frac{0,20 \times 20}{1,5}, 5 \text{ MPa} \right\} \rightarrow \bar{\tau}_u = 2,66 \text{ MPa}$$

$$\tau_u = 1,02 \text{ MPa} < \bar{\tau}_u = 2,66 \text{ MPa} \rightarrow \text{Ok!}$$

- Calcul de diamètre transversal

$$\phi_t \geq \frac{\phi_l}{3} \rightarrow \phi_t \geq \frac{14}{3} = 4,66 \text{ mm}$$

$$\phi_t \leq \min \left\{ \phi_l ; \frac{b}{10} ; \frac{H}{35} \right\} \rightarrow \phi_t \leq \min \{14 ; 20 ; 14,28\}$$

Nous adoptons $\phi_t = 6 \text{ mm}$ pour les aciers transversaux

- Calcul d'espacements entre les cadres

$$S_t \leq \frac{0,9 \times f_e \times A_t}{b \times \gamma_s (\tau_u - 0,3 \times f_{t28} \times K)} \rightarrow S_t \leq \frac{0,9 \times 400 \times 0,57 \times 10^{-4}}{b \times \gamma_s (1,02 - 0,3 \times 1,8 \times 1)} = 0,19 \text{ m}$$

$$S_t \leq 0,19 \text{ m}$$

- Vérification des espacements minimaux admissible

$$S_t \leq \min\{0,9 \times d ; 40\text{cm}\} \rightarrow S_t \leq \min\{40,5\text{cm} ; 40\text{cm}\} \rightarrow S_t \leq 40\text{cm}$$

Nous convenons donc de prendre $S_t = 15\text{cm}$

- Vérifions la condition de non fragilité

$$\frac{A_t \times f_e}{b \times S_t} \geq 0,4\text{MPa} \rightarrow \frac{0,000057 \times 400}{0,20 \times 0,15} = 0,8 \text{ MPa} \geq 0,4 \text{ MPa} \rightarrow \text{Ok!}$$

Le plan de ferrailage de la poutre isostatique est présenté en **annexe 8**

3. DIMENSIONNEMENT DU POTEAU

Nous allons considérer le poteau (P1) qui est un poteau d'angle ayant une charge ponctuelle ($N_u = 550 \text{ kN}$)

- ✓ Calcul de la section des aciers longitudinaux

$$A_s \geq \left[\frac{N_u}{\alpha} - \frac{B_r \times f_{c28}}{1,35} \right] \frac{\gamma_s}{f_e} \text{ Avec } B_r = (a - 0,02) \times (b - 0,02)$$

$$B_r = (0,30 - 0,02) \times (0,50 - 0,02) = 0,134 \text{ m}^2$$

$$A_s \geq \left[\frac{0,551}{0,71} - \frac{0,134 \times 20}{1,35} \right] \frac{1,15}{400} = -34,76 \text{ cm}^2$$

$$A_s \geq -34,76 \text{ cm}^2$$

- ✓ Calcul de la section minimale d'armature ($A_{s \text{ min}}$)

$$A_{s \text{ min}} = \max \left[4U ; \frac{0,2 \times B}{100} \right] ; \text{ Avec } U = 2 \times (a + b) = 2 \times 0,8 = 1,60$$

$$\rightarrow 4U = 4 \times 1,6 = 6,40 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = \max \left[6,40\text{cm}^2 ; \frac{0,2 \times 0,30 \times 0,50}{100} \right] \rightarrow \max[6,40\text{cm}^2 ; 3 \text{ cm}^2]$$

$$A_{s \text{ min}} = 6,40 \text{ cm}^2 \rightarrow A_s = 6,40 \text{ cm}^2$$

Section du béton : 30cm x 50cm (voir prédimensionnement du poteau)

On prendra **12 HA14** totalisant une section de 18,48 cm² pour les armatures longitudinales.

✓ Calcul des armatures transversales

$$\phi_t \geq \frac{1}{3} \phi_l \rightarrow \frac{1}{3} \times 14 = 4,66 \text{ mm ; soit des HA6 pour les cadres}$$

Le recouvrement $L_r \geq 0,6 L_s$; Avec $L_s \geq 40\phi_l \rightarrow L_r \geq 0,6 \times 40 \times 1,4 = 33,6\text{cm}$

Convenons donc de prendre $L_r = 40\text{cm}$

✓ Calcul de l'espacement en zone courant

$$S_t \leq \min \begin{cases} a + 10\text{cm} \\ 40\text{cm} \\ 15\phi_l \end{cases} \rightarrow S_t \leq \begin{cases} 40 + 10 \\ 40 \\ 15 \times 1,4 \end{cases} = 21\text{cm} \rightarrow S_t \leq 21\text{cm}$$

Nous convenons de prendre $S_t = 15\text{cm}$

✓ Calcul de l'espacement en zone de recouvrement

$$S_{tr} = \frac{1}{2} S_t \rightarrow S_{tr} = \frac{1}{2} \times 15 = 7,5\text{cm}$$

$$S_{tr} = 7,5\text{cm}$$

Le plan de ferrailage du poteau est présenté en **annexe 10**.

4. DIMENSIONNEMENT DU VOILE

Nous allons considérer le voile du dernier niveau qui est le plus sollicité. Les charges appliquées ou supportées par les voiles sont essentiellement leur poids propre et la charge venant de la dalle supportant l'ascenseur.

D'après le dimensionnement, nous avons un voile de 20cm d'épaisseur. Le calcul se fera sur une bande de 1ml.

Les charges appliquées sont les suivant.

✓ Poids propre du voile

$$G_{ppv} = \gamma_b \times e \times h ; \text{ Avec } h \text{ la hauteur de l'immeuble} \rightarrow G_{ppv} = 25 \times 0,20 \times 16,6 = 83$$

$$G_{ppv} = 83 \text{ kN/ml}$$

✓ Poids venant de la dalle (e = 20cm)

$$G_{pdalle} = \gamma_b \times e \times l ; \text{ Avec } l = 1\text{ml} \rightarrow G_{pdalle} = 25 \times 0,20 \times 1 = 5$$

$$G_{pdalle} = 5 \text{ kN/ml}$$

$$G = G_{ppv} + G_{pdalle} = 83 + 5 = 98 \text{ kN/ml Et } Q = 2,5 \times 1 = 2,5 \text{ kN/ml}$$

$$\text{Total} \rightarrow \begin{cases} G = 98 \text{ kN/ml} \\ Q = 2,5 \text{ kN/ml} \end{cases} \rightarrow N_u = 1,35G + 1,5Q = 136,05 \text{ kN/ml}$$

✓ Calcul de la section d'armature verticale

$$A_{sv} \geq \max \left[4U ; \frac{0,2 \times B}{100} ; \frac{\gamma_s}{f_e} \left(\frac{N_u}{\alpha} - \frac{B_r \times f_{c28}}{\gamma_b} \right) \right]$$

Avec U : le perimetre de la section ; $U = 2 \times (b + a)$; ona: $a = 0,20\text{m}$ et $b = 1\text{m}$

B : la section totale du béton comprimé, $B = a \times b$

B_r : la section réduite du béton comprim, $B_r = (a - 2)^2 = (20 - 2)^2 = 324 = 0,0324\text{m}^2$

$$\rightarrow A_{sv} \geq \max \left[4 \times 2 \times 1,2 ; \frac{0,2 \times 2000}{100} ; \frac{\gamma_s}{f_e} \left(\frac{0,136}{0,52} - \frac{0,0324 \times 20}{1,35} \right) \right]$$

$$\rightarrow A_{sv} \geq \max[9,6 \text{ cm}^2 ; 4 \text{ cm}^2 ; -6,28 \text{ cm}^2]$$

$$\rightarrow A_{sv} \geq 9,60 \text{ cm}^2$$

Choix : convenons de prendre des **HA10** espacés de 15cm sur 1ml de voile.

✓ Calcul de la section d'armature horizontale

D'après le pourcentage minimal précisé par le DUT.23.1, nous avons l'expression suivante :

$$A_{sh} \geq \max \left[\frac{2 \times A_{sv}}{3} ; 0,001 \times e \right] \rightarrow A_{sh} \geq \max[6,4 \text{ cm}^2 ; 2 \text{ cm}^2]$$

$$A_{sh} = 6,4 \text{ cm}^2$$

Convenons de prendre des **HA10** espacés de 20cm sur 1ml de voile.

Le plan de ferrailage du voile cage d'ascenseur est présenté en **annexe 11.1**.

5. DIMENSIONNEMENT DU RADIER PARTIEL

Nous allons calculer les panneaux comme des dalles appuyées sur quatre cotés et chargées par la contrainte du sol, donc nous utilisons la méthode de PIGEAUD pour déterminer les moments unitaires μ_x et μ_y qui dépendent du coefficient de poisson ν . [8]

Le calcul des ferrailages a été déterminé manuellement et les résultats obtenus sont présentés dans le tableau (les détails de calcul sont présentés en **annexe 11**). [9]

✓ Calcul des sollicitations

Tableau 20: Calcul des moments à l'ELS

Lx	Ly	$\frac{L_x}{L_y}$	Sens suivant la direction (x)			
			μ_x	$M_{ox}(kN.m)$	$M_{tx}(kN.m)$	$M_{ax}(kN.m)$
7	12,77	0,55	0,088	422,83	359,41	211,42
			Sens suivant la direction (y)			
			μ_y	$M_{oy}(kN.m)$	$M_{ty}(kN.m)$	$M_{ay}(kN.m)$
			0,305	128,96	109,62	64,48

✓ Ferrailage du radier

Tableau 21 : Récapitulatif du ferrailage du radier à l'ELS

Désignation	Suivant (x)		Suivant (y)		Espacement St (cm)
	$M_{aser}(kN.m)$	$M_{tser}(kN.m)$	$M_{aser}(kN.m)$	$M_{tser}(kN.m)$	
	211,42	359,41	64,48	109,62	15
Z	0,59	0,59	0,59	0,59	
$A_{st} (cm^2/ml)$	17,88	30,42	5,47	9,29	
$A_{stmin} (cm^2/ml)$	7,45	7,45	7,45	7,45	
$A_{st} \text{ choix } (cm^2/ml)$	HA14	HA14	HA14	HA14	

Le plan de ferrailage du radier est présenté en **annexe 12**.

6. DIMENSIONNEMENT DE LA SEMELLE ISOLEE

La semelle isolée est la partie de l'ouvrage qui est en contact directe avec le sol. Elle a pour objectif principal de recevoir toutes les charges et de les transmettre au sol d'assise. Elle constitue une partie essentielle de l'ouvrage puisque de sa bonne conception et réalisation découle la bonne tenue de l'ouvrage.

✓ Calcul de la section d'armature

$$A_{sa} \geq \left[\frac{P_{u0} \times (A - a)}{8 \times d \times \sigma_{st}} \right] \rightarrow A_{sa} \geq \left[\frac{0,610 \times (2,2 - 0,30)}{8 \times 0,9 \times 0,6 \times \sigma_{st}} \right] = 9,39 \text{ cm}^2/ml$$

$$A_{sb} \geq \left[\frac{P_{u0} \times (B - b)}{8 \times d \times \sigma_{st}} \right] \rightarrow A_{sb} \geq \left[\frac{0,610 \times (2,2 - 0,50)}{8 \times 0,9 \times 0,6 \times \sigma_{st}} \right] = 8,41 \text{ cm}^2/ml$$

Choix : Adoptons des **HA12** pour le ferrailage de la semelle isolée.

✓ Calcul de l'espacement

$$e = \frac{100}{n - 1} ; n \text{ étant le nombre de barres choisies par mètre linéaire}$$

$$e = \frac{100}{7} = 14,29\text{cm}$$

Adoptons $Esp = 15\text{cm}$ dans les deux sens de la semelle.

Voir le plan de ferrailage de la semelle isolée en **annexe 13**.

7. DIMENSIONNEMENT DE L'ESCALIER

Nous considérons une bande de 1ml pour le calcul de l'escalier. Nous utilisons la charge la plus grande entre la charge du palier du repos et celle de la paillasse pour dimensionner notre escalier.[10]

✓ Schéma statique

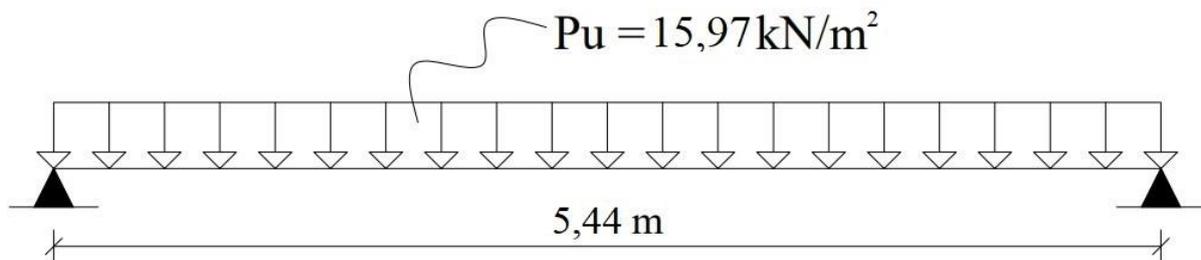


Figure 26 : schéma statique de l'escalier

✓ Calcul de la section d'acier

$$M_u = \frac{P_u \times l^2}{8} \rightarrow M_u = \frac{15,97 \times 5,44^2}{8} = 59,08$$

$$M_u = 0,059 \text{ MN}$$

• Calcul du moment réduit ultime

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_{bu}} \rightarrow \mu_u = \frac{M_u}{1 \times (0,9 \times 0,20)^2 \times 11,33} = 0,161$$

$$\mu_u = 0,161$$

$$\mu_u = 0,161 < \mu_{AB} = 0,186 \rightarrow \text{Pivot A ; donc pas d'acier comprimé}$$

- Calcul du paramètre de déformation α

$$\alpha = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu_u}) \rightarrow \alpha = 1,25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,161}) = 0,22$$

$$\alpha = 0,22$$

- Calcul du bras de levier

$$Z = d \times (1 - 0,4\alpha) \rightarrow Z = 0,9 \times 0,20 \times (1 - 0,4 \times 0,22) = 0,164\text{m}$$

$$Z = 0,164 \text{ m}$$

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z \times \sigma_{st}} \rightarrow A_{st} = \frac{0,059}{0,164 \times 347,83} = 10,34$$

$$A_{st} = 10,34 \text{ m}^2$$

Nous optons pour des **HA12** espacés de **15cm** comme acier de la paillasse.

- ✓ Vérifions la condition de non fragilité

$$A_{min} \geq \frac{0,23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} \rightarrow A_{min} \geq \frac{0,23 \times 1 \times 0,9 \times 0,20 \times 1,8}{400} = 1,86$$

$$A_{st} = 10,34\text{m}^2 > A_{min} = 1,86\text{m}^2 \rightarrow \text{d'ou la condition est vérifiée.}$$

- ✓ Vérification de l'espacement d'armature

$$S_t \leq \min(3 \times \text{esp} ; 33 \text{ cm}) \rightarrow S_t \leq \min(3 \times 15 = 45\text{cm} ; 33 \text{ cm})$$

$$S_t \leq 33 \text{ cm} \rightarrow 15 \text{ cm} < 33 \text{ cm} \rightarrow \text{Ok!}$$

Le plan de ferrailage de l'escalier est présenté en **annexe 14**.

IV. ANALYSE DES QUELQUES RESULTATS OBTENUS

Il faut noter que le dimensionnement du radier partiel, voile cage d'ascenseur et escalier ont été dimensionnement manuellement.

Tous les poteaux, poutres et nervures ont été dimensionnement par le logiciel Robot et en plus de cela nous avons calculé quelques éléments manuellement (poutres poteaux) et comparer avec ceux calculer à base du logiciel afin de vérifier nos résultats.

Nous allons illustrer les résultats de quelques éléments sous forme des tableaux récapitulatifs

1. POUTRE ISOSTATIQUE

Tableau 22 : Récapitulatif des résultats obtenus pour la poutre isostatique

Désignation	Manuel	Logiciel
Section du béton	20 x 50	20 x 50
Section théorique d'acier (cm ²)	9,31	11,15
Section réelle d'acier (cm ²)	3 HA14 + 3 HA14 + 2 HA12 (11,50 cm ²)	3 HA14 + 3 HA14 + 2 HA12 (11,50 cm ²)

Nous remarquons qu'il y'a une légère différence au niveau de la section théorique d'acier par contre la section du béton est la même pour les deux méthodes (manuel et logiciel) ainsi que celle pour les aciers réels. Cela peut être s'expliqué par le fait que le logiciel prend en compte certains paramètres qui ne sont pas pris en compte lors de calcul manuel, nous pouvons citer quelques un : l'angle de frottement, la cohésion du sol, etc...

2. POUTRE HYPERSTATIQUE

Tableau 23 : Récapitulatif des résultats obtenus pour la poutre hyperstatique

Désignation	Manuel				Logiciel			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Travée	1	2	3	4	1	2	3	4
Section du béton (cm)	25 x 60							
Section théorique (cm ²)	5,64	3,98	5,98	1,08	7,55	4,06	7,84	2,07
Section réelle d'acier (cm ²)	4 HA12 + 4 HA12 (9,04 cm ²)	4 HA12 + 4 HA12 (9,04 cm ²)	4 HA12 + 4 HA12 (9,04 cm ²)	4 HA12 + 4 HA12 (9,04 cm ²)	4 HA12 + 4 HA12 (9,04 cm ²)	4 HA12 + 4 HA12 (9,04 cm ²)	4 HA12 + 4 HA12 (9,04 cm ²)	4 HA12 + 4 HA12 (9,04 cm ²)
Appuis	1	2	3	4	1	2	3	4
Section du béton (cm)	25 x 60							
Section théorique (cm ²)	7,13	6,15	5,02	0,43	6,02	5,85	4,63	1,09
Section réelle d'acier (cm ²)	4 HA12 + 4 HA12 (9,04 cm ²)	4 HA12 + 4 HA12 (9,04 cm ²)	4 HA12 + 4 HA12 (9,04 cm ²)	4 HA12 + 4 HA12 (9,04 cm ²)	4 HA12 + 4 HA12 (9,04 cm ²)	4 HA12 + 4 HA12 (9,04 cm ²)	4 HA12 + 4 HA12 (9,04 cm ²)	4 HA12 + 4 HA12 (9,04 cm ²)

Dans ce tableau nous constatons que la section du béton est la même pour les deux méthodes. Les différences se trouvent au niveau des sections d'acier tant sur les appuis qu'en travées. Nous observons une grande différence entre les sections d'acier sur les appuis. Cela peut être s'expliquer par le fait que, lors de calcul manuel de la poutre hyperstatique nous avons calculé la poutre suivant les trois cas de chargement et considéré les moments max sur les appuis et sur les travées.

3. POTEAUX

Tableau 24 : Récapitulatif de la descente des charges sur P1 et P4

Désignation		Manuel	Logiciel
Poteau d'angles (P1)	Section du béton (cm ²)	30 x 50	30 x 50
	Section réelle d'acier (cm ²)	12 HA14 (18,48 cm ²)	12 HA14 (18,48 cm ²)
Poteau central (P4)	Section du béton (cm ²)	50 x 50	50 x 50
	Section réelle d'acier (cm ²)	4 HA16 + 10 HA14 (23,44 cm ²)	4 HA16 + 10 HA14 (23,44 cm ²)

Nous constatons que les résultats obtenus pour les deux méthodes sont identiques de part et d'autre.



PARTIE II : ETUDES DES CORPS D'ETAT SECONDAIRES ET DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

Chapitre 1. ETUDES D'ELECTRICITE ET DE LA PLOMBERIE

INTRODUCTION PARTIELLE

L'électricité est une forme d'énergie. Un phénomène énergétique associé à la mobilité ou au repos des particules chargées. Aujourd'hui cette électricité est produite par des centrales électriques, transportée et distribuée aux consommateurs que nous sommes. Donc pour qu'elle soit disponible, il faut connaître la puissance apparente pour pouvoir commander le disjoncteur afin de faire l'installation.

Par ailleurs l'assainissement d'un bâtiment est un ensemble de dispositifs à prendre en compte pour assurer le bon fonctionnement des appareils sanitaires et le confort des usagers.

I. ETUDE D'ELECTRICITE

L'électricité est une énergie à la fois souple et adaptable mais très difficilement stockable ; alors que la consommation des clients et la coïncidence de la demande sont constamment variables d'où la nécessité de créer la liaison entre le distributeur et le client, entre le producteur et le consommateur, entre le réseau public d'énergie haute tension et l'installation basse tension. Pour effectuer une installation, électrique, il faut déterminer les bilans de puissance pour chaque niveau du bâtiment et en suite faire le cumul des bilans pour avoir la puissance apparente qui pourra alimenter l'ensemble de l'immeuble. Dans notre étude ; nous allons d'abord déterminer le nombre de chaque type d'équipement électrique ; ensuite calculer le bilan de puissance pour fournir les schémas unifilaires de chaque niveau du bâtiment.

1. DISTRIBUTION DES EQUIPEMENTS

a. DISTRIBUTION DES LAMPES ET PRISES

L'éclairage des locaux sera assuré par des lampes telles que :

- Réglette mono LE.D de 120w (nbre : 13)
- Réglette mono LE.D de 60w (nbre : 01)
- Spot lumineux LE.D de 12w (nbre : 94)
- Plafonnier à vasque prismatique LE.D de 60w (nbre : 36)
- Applique sanitaire avec prise et interrupteur intégré (nbre : 10)
- Lampe jardin (nbre : 07)
- Interrupteur simple allumage (nbre : 33)

- Interrupteur double allumage (nbre : 05)
- Interrupteur va et vient (nbre : 24)
- Prise de téléphone (nbre : 13)
- Prise de courant 2P+T (nbre : 41)
- Prise de télévision (nbre : 13)
- Prise d'informatique (nbre : 13)

b. DISTRIBUTION DES CLIMATISEURS ET DES BRASSEURS D'AIR

Les brasseurs, tout comme les prises ont été repartis forfaitairement en tenant compte de la superficie des locaux tout en évitant que les ailes se touchent.

Quant à la climatisation, nous utiliserons la méthode des surfaces afin de déterminer la charge de climatisation et calculer la puissance électrique nécessaire pour la climatisation de chaque local. Nous allons considérer que les locaux sont exposés au rayonnement solaire avec un léger apport de chaleur interne dû aux appareils et aux personnes.

- Climatiseur Armoire à 2.0cv (nbre : 04)
- Climatiseur Split système (Evaporateur) à 2.0cv (nbre : 10), 1.5cv (nbre : 06)
- Dismatic (nbre : 09)
- Compresseur (nbre : 09)
- Brasseur d'air (nbre : 22)
- Rhéostat (nbre : 22)

2. BILAN DE PUISSANCE

Le bilan de puissance nous permet d'avoir une idée de la puissance à demander auprès de la compagnie nationale d'électricité et aussi une idée de la source d'énergie de remplacement à prévoir en cas de disfonctionnement au niveau de ladite compagnie.

Tableau 25 : Récapitulatif des appareils électriques

Désignation	RDC	R+1	R+2	R+3	R+4	Total
Réglette mono LE.D (120)	13	23	23	23	23	105
Réglette mono LE.D (60)	01	01	01	01	01	05
Spot lumineux LE.D (12)	94	213	213	213	213	946
Plafonnier à vasque prismatique LE.D (60)	36	00	00	00	00	36

Applique sanitaire avec prise et interrupteur intégré	10	25	25	25	25	110
Lampe jardin	07	00	00	00	00	07
Climatiseur Armoire à 2.0cv	04	01	01	01	01	08
Climatiseur Split système à 2.0cv	10	15	15	15	15	70
Climatiseur Split système à 1.5cv	06	08	08	08	08	38
Brasseur d'air	22	22	22	22	22	110

Tableau 26 : Bilan de puissance

Désignation	Puissance Unitaire (W)	Quantité	Puissance Total (W)
Réglette mono LE.D (120)	120	105	12600
Réglette mono LE.D (60)	60	05	300
Spot lumineux LE.D (12)	12	946	11352
Plafonnier à vasque prismatique LE.D (60)	60	36	2160
Applique sanitaire avec prise et interrupteur intégré	10	110	1100
Lampe jardin	150	07	1050
Climatiseur Armoire à 2.0cv	4400	08	35200
Climatiseur Split système à 2.0cv	4400	70	308000
Climatiseur Split système à 1.5cv	3300	38	125400
Brasseur d'air	50	110	5500
Puissance totale en kW			502,662

NB : À cette puissance totale devront s'ajouter les puissances des autres appareils électriques (ordinateurs, téléviseurs, etc.) qui seront utilisés dans le bâtiment avant toute souscription auprès de la compagnie d'électricité.

Voir le plan d'électricité en **annexe 15**.

II. ASSAINISSEMENT DU BATIMENT (PLOMBERIE)

L'assainissement du bâtiment consistera à évacuer les eaux usées ou eaux vannes provenant des différentes toilettes et les eaux pluviales collectées au niveau de la toiture. Il vise aussi à déterminer le débit probable dans les conduites et les dimensions de la fosse septique.[11]

1. EVACUATION DES EAUX USEES

Pour l'évacuation des eaux usées nous allons prévoir un réseau constitué de canalisations principales (verticales) et secondaires. Les canalisations principales seront en chute unique et se situeront au niveau de chaque toilette. Vue les plans architecturaux nous prévoyons sept (07) canalisations principales desservant tous les étages. Les canalisations secondaires sont ceux permettant de relier les appareils sanitaires aux canalisations principales.

a. DIAMETRE DES CANALISATIONS SECONDAIRES

D'après la norme NFP 41-201, le diamètre de branchement de vidange doit être au moins égal à celui du siphon qu'il reçoit. Le tableau ci-dessous indique les diamètres minima des siphons des appareils sanitaires présents dans notre bâtiment.[12]

Tableau 27 : Caractéristique des appareils

Appareil sanitaire	Diamètre intérieur des siphons (mm)	Débit de base (l/s)
Lavabo arrondi en porcelaine	30	0,75
Urinoir	30	0,75
WC à l'anglaise en porcelaine	80	1,5

Nous convenons de prendre des **PVC 40** comme branchement de vidange pour les lavabo arrondi et urinoir, et des **PVC 100** pour les WC.

b. DIAMETRE DES CANALISATIONS PRINCIPALES

Le diamètre des chutes dépend du débit à évacuer. La canalisation la plus sollicitée doit recevoir à chaque niveau 10 lavabo arrondi, 02 urinoir, 09 WC.

✓ Calcul du débit à évacuer

$$Q = (10 \times 0,75) + (2 \times 0,75) + (9 \times 1,5) = 22,5 \text{ l/s}$$

Ce débit devrait être évacué à une vitesse optimale $V = 1,5$ m/s.

✓ Calcul du diamètre

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}} = \sqrt{\frac{4 \times 0,0225}{\pi \times 1,5}} = 0,138 \text{ m}$$

Nous convenons de prendre $\Phi 100$ pour les canalisations principales.

2. ÉVACUATION DES EAUX PLUVIALES

Pour l'évacuation des eaux de pluies, la toiture terrasse sera aménagée de sorte à drainer les eaux vers les bordures où elles seront collectées par des chenaux qui à leur tour seront déchargés grâce à des tubes en PVC appelés « descentes d'eau ». Pour un bon écoulement des eaux sur la toiture, il faut prévoir une forme de pente de 3%. [13]

✓ Diamètre des descentes d'eau

Le diamètre des tubes dépend de la surface à évacuer. Pour notre bâtiment, nous prévoyons 8 descentes d'eau (voir **annexe 16**). Ainsi la surface moyenne évacuée par une descente d'eau vaut :

$$S = \frac{S_t}{8} \rightarrow S = \frac{594}{8} = 74,25 \rightarrow S = 74,25 \text{ m}^2$$

Les résultats de calcul des diamètres des descentes d'eau retrouvés dans notre documentation permettent de définir le diamètre en fonction de la surface collectée, de même que la largeur et la profondeur du chéneau (voir **annexe 16**). Ainsi pour une telle surface, le diamètre des descentes d'eau est compris entre 100 mm et 120 mm. [13]

Nous convenons de prendre un diamètre nominal $d = 120$ mm.

La largeur et la profondeur des chéneaux seront alors :

$$D = 2 * d = 2 \times 120 = 240 \text{ mm} \text{ et } H = 1,5 * d = 1,5 \times 120 = 180 \text{ mm}$$

✓ Vérification de la vitesse dans les descentes d'eau

Le diamètre des descentes doit satisfaire à la condition de vitesse suivante : $0,5 \text{ m/s} \leq V \leq 2 \text{ m/s}$.

Les débits d'eaux pluviales étant calculés sur la base de $3 \text{ l/m}^2/\text{mn}$ de précipitation, on a, pour une surface $S = 74,25 \text{ m}^2$, $Q = 11,72 \text{ l/s}$ soit $Q = 0,01172 \text{ m}^3/\text{s}$.

Avec ce débit, la vitesse dans les conduites vaut :

$$V = \frac{Q}{A} ; A = \text{section du tube.} \rightarrow V = \frac{4 \times 0,01172}{\pi \times 0,12^2} = 1,04 \text{m/s} \rightarrow \text{Ok!}$$

3. ASSAINISSEMENT AUTONOME (CALCUL DE LA FOSSE SEPTIQUE)

Le but de cette partie est de déterminer les dimensions de la fosse septique. Les évacuations seront en PVC depuis les différents appareils sanitaires jusqu'aux regards situés en pied. À partir de ces regards, les eaux vannes seront acheminées vers la fosse septique tandis que les eaux usées vers les puits d'infiltration.[6]

Pour le dimensionnement notre choix sera porté sur la méthode Canadienne, cette méthode est choisie parce qu'elle est facile à mettre en place.

- ✓ Le nombre total des occupants

Tableau 28 : Nombre total de personne

Niveau	Nombre de personnes
R+4	65
R+3	65
R+2	65
R+1	65
RDC	95
Nombre total de personne (Nu)	355

- ✓ Détermination de volume de la fosse

$$Q_{tr} = q_0 \times N_u ; \text{ Avec } q_0: \text{taux d'accumulation des boues} = 0,5 \text{l/habitant/jour}$$

$$\rightarrow Q_{tr} = 0,5 \times 355 = 177,5 \text{l/jour soit un total de } 64\,787,5 \text{ l/an}$$

Selon la norme canadienne :

$$\text{Si } 1\,900 \text{ l} < Q_{tr} < 5\,700 \text{ l} \rightarrow V_u = 1,5Q_{tr}$$

$$\text{Si } 5\,700 \text{ l} < Q_{tr} < 34\,200 \text{ l} \rightarrow V_u = 4\,300 + 0,75Q_{tr}$$

$$\text{Si } Q_{tr} > 34\,200 \text{ l} \rightarrow V_u = Q_{tr}$$

$$\text{Alors } V_u = Q_{tr} = 64\,787,5 \text{ l}$$

$$V_u = 65 \text{ m}^3$$

On sait que $V_u = S \times h$; avec $h = 2,5\text{m} \rightarrow S = \frac{V_u}{h} = \frac{65}{2,5} = 26 \text{ m}^2$

Voir le plan des fosses septique en **annexe 17**.

CONCLUSION PARTIELLE

L'étude d'électricité nous a permis de déterminer la puissance apparente $P = 502,662 \text{ kW}$ qui pourra alimenter l'ensemble de notre bâtiment.

Par ailleurs l'étude de plomberie nous a donné un débit probable $Q_{tr} = 65 \text{ m}^3$ et une superficie de fosse septique $S = 26 \text{ m}^2$.

Chapitre 2. ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL ; PROTECTION ET SECURITE INCENDIE

INTRODUCTION PARTIELLE

L'aspect social et environnemental est devenu une partie intégrante de tout projet de construction, avant toute étude conceptuelle il est important de faire une étude d'impact environnemental et social afin d'améliorer la qualité de vie et les milieux naturels. Pour cela nous devons faire face aux multiples atteints par fois irréparables qui menace l'environnement afin de proposer des mesures d'atténuations.

D'une manière générale, l'assurance de la sécurité d'un immeuble est très importante pour la protection des biens et des personnes.

I. ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

L'étude d'impact environnemental et social est une procédure administrative et technique qui assure l'analyse préalable des impacts qu'un projet envisagé pourrait avoir sur son milieu d'exécution. De nos jours cette procédure est presque obligatoire pour tout projet que ce soit en routes ou en bâtiment. Elle est règlementée au BURKINA FASO par :

- ✓ La loi N°006-2013 du 02 Avril 2013 portant code de l'environnement au Burkina Faso
- ✓ Le décret N° 2001-342/PRES/PM/MME du 17 Juillet 2001 portant champ d'application, contenu et procédure de l'étude et de la notice d'impact sur l'environnement

L'importance de l'étude est fonction de la catégorie du projet.

1. APPROCHE

Le travail consistera à identifier les impacts, les décrire, puis les évaluer pour déterminer leur importance. Il sera également proposé pour les impacts négatifs, des mesures d'atténuation et éventuellement les mesures de bonification pour les impacts positifs. Ont été pris en compte, les principales activités sources d'impacts associés aux travaux et au fonctionnement de l'immeuble. Les récepteurs de l'environnement pris en compte incluent l'air, le sol, l'eau pour le milieu physique le cadre de vie, la santé, la sécurité, les emplois, les activités économiques pour le milieu humain.

L'approche méthodologique utilisée pour l'analyse des impacts après descente sur le site pour recueillement des informations est celle utilisée couramment dans l'étude d'impact environnemental et social, elle se présente ainsi qu'il suit :

- ✓ **Identification des impacts** : l'identification des impacts a consisté en un recensement systématique pour chacune des activités considérées, des impacts susceptibles d'être générés. L'identification des impacts a pris en compte les principales activités associées à la construction et à l'exploitation de l'immeuble.
- ✓ **Description des impacts** : elle consiste à présenter pour un impact identifié, les causes, la manifestation et éventuellement les effets.
- ✓ **Évaluation des impacts** : la finalité de l'évaluation d'un impact c'est la détermination de son importance, laquelle traduit le degré de préoccupation de l'impact considéré, l'idée étant de s'attaquer prioritairement aux impacts les plus préoccupants. L'évaluation de l'impact met à contribution la caractérisation des impacts. Les critères utilisés pour cette caractérisation sont le type d'impact, la nature de l'interaction, l'intensité ou l'ampleur de l'impact, l'étendue ou la portée de l'impact, la durée de l'impact.

2. IDENTIFICATION, DESCRIPTION, CARACTERISATION, MESURE ET EVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAL

Nous identifierons puis décrirons dans cette section par composantes environnementales, les impacts en termes de cause(s) et manifestation(s) ; ces impacts seront caractérisés et évalués. Une bonne compréhension des causes de l'impact nous permettra d'identifier les mesures de prévention ou d'atténuation ciblées sur les causes ainsi que les mesures de bonification des impacts positifs. En termes d'impact positifs d'ordre essentiellement socio - économiques, nous pouvons relever :

- ✓ le développement d'activités socio-économiques dans la zone d'influence de la construction du bâtiment ;
- ✓ la création d'emploi pendant les phases de construction et exploitation de l'immeuble.

Par rapport aux impacts négatifs, nous avons identifié aucun impact négatif irréversible ou à grande échelle. La plupart des impacts sont temporaires et limités dans le temps (nuisances locales et mise en danger d'ouvrier ou du public) pendant la phase de construction et (traitement des eaux usées, gestion des déchets, etc.) pendant l'exploitation.

a. IMPACTS SOCIO-ECONOMIQUES

Tableau 29 : Les impacts sociaux-économiques

✓ Accroissement des activités de restauration sur le chantier et pendant les travaux	
Causes et manifestations	La présence du projet favorisera le développement des activités de restauration autour du chantier, en particulier pour les populations du secteur de la construction. L'effet induit sera l'amélioration des revenus des populations du secteur considéré. Cet impact sera perçu pendant la phase de construction et aussi dans la phase d'exploitation.
Caractérisation et évaluation	Cet impact est de nature positive avec une interaction indirecte ; son ampleur est faible, la portée est locale et la durée est de court terme. Il en résulte un impact d'importance absolue et relativement mineure.
Mesure de bonification	Encadrement des activités de restauration du chantier, en termes de qualité ; sensibilisation des travailleurs, restaurateurs, etc. à une bonne hygiène et à la gestion des déchets générés.
✓ Création d'emplois	
Causes et manifestations	L'exécution du projet offre une opportunité d'emploi pour les jeunes de la localité de KOULOUBA et KAMSONGIN. Dans la phase de construction et d'exploitation, le projet mobilisera une importante main-d'œuvre temporaire. A travers les salaires que les ouvriers percevront, ils verront leurs revenus et leur pouvoir d'achat s'améliorer.
Caractérisation et évaluation	Cet impact est de nature positive, avec une interaction directe ; son ampleur est faible en rapport avec la population de la zone. La portée est locale et la durée de court terme. Il en résulte un impact d'importance absolue mineure. Mais au regard des préoccupations que représente la question d'emploi, l'importance relative de cet impact est plutôt moyenne.
Mesure de bonification	Imposer le recours à une haute intensité de main-d'œuvre (HIMO) afin de donner des opportunités à plusieurs jeunes de la localité concernée. Il sera nécessaire qu'une large diffusion soit faite des postes et qualifications recherchés et adopter un système de rotation pour le recrutement et créer des activités parallèles génératrices de revenus (petits commerce)

✓ Risque de propagation des MST/Sida	
Causes et manifestations	La cohabitation entre les populations riveraines et les ouvriers sont de nature à favoriser des relations sexuelles avec à la clé, les risques de propagation des IST dont le Sida.
Caractérisation et évaluation	Cet impact est de nature négative, avec une interaction indirecte ; son ampleur est basse au regard du nombre d'ouvriers que le projet mobilisera, la portée est locale et la durée de long terme. Il en résulte un impact d'importance absolue mineure. Mais en raison des préoccupations que représente le SIDA, l'importance relative est majeure.
Mesure de bonification	Parmi les mesures envisageables, le recrutement de la main-d'œuvre sur place est de nature à minimiser cet impact. En tout état de cause, il sera indispensable de sensibiliser les populations locales et les ouvriers en faisant appel à la croix rouge de la zone du projet (Koulouba).
✓ Les accidents	
Causes et manifestations	Les ouvriers s'exposent à de risques divers, les plus fréquents pourront résulter de la chute à partir d'un échafaudage, ou de la manutention de la ferraille du projet.
Caractérisation et évaluation	Cet impact est de nature négative, avec une interaction directe ; le retour d'expérience des projets similaires permet d'affirmer que l'ampleur des accidents durant les travaux est basse. La portée est locale et la durée est de court terme. Il en résulte un impact d'importance absolue et relativement mineure.
Mesure de bonification	Aux fins de minimiser de tels impacts, il faudra une bonne sensibilisation et des mesures d'hygiène et de sécurité dans les chantiers. - Se conformer à la réglementation en matière de sécurité pour les chantiers de construction ; - Mise en œuvre des mesures spécifiques d'hygiène et de sécurité au travail qui peuvent être présentées dans un Plan Hygiène/Sécurité. Ces mesures devraient notamment induire l'utilisation d'équipements de Protection Individuelle (EPI) par les employés, la formation en hygiène-sécurité, un plan d'évacuation médicale d'urgence pour les différents types d'incidents, la fourniture d'équipement de communication, de protection incendie, l'élaboration, l'affichage et le suivi de la mise en œuvre sur le chantier, des mesures préventives et restrictive liées au projet.

b. IMPACT SUR L'AIR

Tableau 30 : Les impacts sur l'air

✓ Pollution de l'air par les poussières	
Causes et manifestations	La pollution de l'air par les poussières est spécifique à la phase des travaux et sera essentiellement associée à la manutention du ciment sur le chantier. Comme manifestation, les ouvriers vont aspirer un air chargé de poussière de ciment avec les conséquences reconnues sur la santé et notamment les maladies respiratoires et oculaires. Hors du site, les nuisances seront principalement liées au transport du matériel et matériaux vers le site. À cet effet, les populations avoisinantes en particulier celles situées dans les alentours du site des travaux, en raison de la proximité de leurs habitats par rapport à la route, seront probablement affectées en saison sèche par les nuages de poussière dans l'air ambiant résultant du passage répété des camions destinés à l'approvisionnement du chantier.
Caractérisation et évaluation	La pollution de l'air par les poussières et les particules fines de ciment est un impact négatif d'interaction directe. Par expérience, il s'agit d'un impact d'ampleur moyenne ou basse suivant la qualité de conditionnement et la vitesse du véhicule. La portée est locale car limitée à quelques mètres des points de manipulation ; il est de durée court terme. Il en résulte un impact d'importance absolue moyenne.
Mesure de bonification	Il conviendra d'utiliser du ciment bien conditionné, et de doter systématiquement les manutentionnaires et les ouvriers exposés de cache-nez et d'équipement de protection individuelle. Limiter de vitesse à la traversée le secteur à 30 km/h. Ces mesures sont d'une efficacité certaine et si elles sont mises en application, l'impact résiduel sera mineur.

c. IMPACT SUR LE SOL

Tableau 31 : Les impacts sur le sol

✓ Pollution du sol	
Causes et manifestations	La pollution des sols dans le cadre du projet provient principalement de deux sources : la pollution par les déchets solides et les pollutions associées au déversement involontaire des hydrocarbures ou du béton. Ces impacts se manifesteront à divers niveaux. Au niveau du site d'implantation ; le déversement incontrôlé du béton, les rejets anarchiques des pots vides et résidus de peinture seront susceptibles de contaminer le sol. La pollution des sols aboutit généralement à l'enlaidissement du paysage ou à la pollution de la nappe phréatique.
Caractérisation et évaluation	Au regard de la dimension du projet, c'est un impact de nature négative, avec une interaction directe ; d'ampleur très faible, sa portée est locale étant donné que ces nuisances sont de nature à affecter les riverains. Compte tenu du fait que les effets d'une telle pollution peuvent s'étaler dans le temps, il est de moyen terme, et son importance absolue a été évaluée moyenne.
Mesure de bonification	<ul style="list-style-type: none"> • Éviter le déversement du béton sur le sol • Gérer rigoureusement les restes de peinture ainsi que les pots vides en évitant de les laisser trainer, et en prendre compte dans la gestion des déchets. • Prévoir des fosses septiques et des puisards appropriés. • Intégrer la gestion des déchets solides en phase d'exploitation dans le plan de gestion des déchets de la cité.

II. ETUDE DE SECURITE INCENDIE

L'immeuble R+4 étant un bâtiment à usage administratif, ce qui lui donne l'appellation d'un établissement recevant du public (ERP). Donc il est important d'assurer la sécurité de notre bâtiment tout en fixant des objectifs qui vont consister à réduire les risques de départ d'incendie, empêcher la propagation du feu et fumer, permettre l'évacuation des occupants en lieu sûr et de permettre l'intervention des équipes de secours (sapeur-pompier), d'où la prévention et la prévision.[14]

1. GENERALITE SUR LA SECURITE INCENDIE

a. NORME ET REGLEMENTS PORTANT SUR LA SECURITE INCENDIE

- Loi n° 027-2006/AN du 18 mai 2006, portant code de l'urbanisme et de la construction ;
- Décret n° 97-316/PRES/PM/MATS/MIHU du 29 juillet 1997, portant sur les règles générales de sécurité contre l'incendie et la panique dans les établissements recevant du public ;
- Arrêté n° 049/MATS/SG/DGPC du 25 mai 1999 portant approbation du règlement de sécurité contre l'incendie et la panique dans les établissements recevant du public ;
- Normes NF S 61-950, NF S 61-961 et NF S 61-962 relatives aux systèmes de détection incendie.

b. LES IMPACTS EN CAS D'INCENDIE

Tout incendie quel que soit sa taille n'est pas sans conséquences. Cependant, celui d'un établissement administratif a des impacts, directs ou indirects sur l'entreprise, les employés, la population et l'environnement. Les conséquences sont multiples et classées sous d'ordre humain, financier et environnemental.

- ✓ Conséquences humaines
 - Perte de vie humaine
 - Blessure grave
 - Intoxication etc.
- ✓ Conséquences financières
 - Risque de ruine de l'entreprise
 - Chômage
 - Le coût de la réfection ou de reconstruction de l'établissement. etc.
- ✓ Conséquences environnementales
 - Pollution de l'air
 - Détérioration de la couche d'ozone par émission de CO₂. etc.

Les différentes sources d'inflammation sont :

- ✓ énergétique (thermique, électrique, électrostatique, chimique) ;
- ✓ humaines (fumer la cigarette, malveillance, négligence) ;
- ✓ naturelles (bactériologiques, climatiques etc.) ;
- ✓ les risques spéciaux (stockage, manipulation des produits toxiques etc.)

2. PREVENTION

La prévention peut se définir comme étant l'ensemble des mesures à adopter pour éviter la naissance et la propagation des incendies dans le but d'assurer la protection des biens et des personnes. Ainsi, nous allons opter pour l'utilisation :

- ✓ des matériaux de classe M0 (incombustible) pour la construction ;
- ✓ des câbles et conducteurs électriques satisfaisants à la norme NF C32 070 ;
- ✓ des portes étanches aux flammes et aux gaz chauds ou inflammables au niveau des circulations internes.

Les éléments entrant dans la construction et qui ont une faible résistance au feu seront ignifugés par peinture ou enduits. Les voies d'accès à la façade principale devront être accessibles aux engins de sauvetage. Les éléments pris en compte dans la prévention devront être « coupe-feu » de degré au moins égal à 1h.[14]

a. PREVENTION DES RISQUES ENERGETIQUES

Rappelons que les départs de feu sont majoritairement causés par des dysfonctionnements énergétiques et surtout électriques.

L'ascenseur, les équipements d'électricité, de ventilation, ainsi que les équipements techniques particuliers présentent des garanties de sécurité et de bon fonctionnement selon les fiches techniques les accompagnants.

Les installations électriques depuis la source ont été faites par la SONABEL et celles à l'intérieur du bâtiment, par des techniciens d'électricité qualifiés. Ces installations sont entretenues et maintenues en bon état de fonctionnement. Les défauts et les défauts d'isolement sont réparés dès leur constatation.

b. PREVENTION DES RISQUES A CAUSES HUMAINES

En plus des risques d'incendies électriques, nous avons celles causées par les humains. Ces risques proviennent souvent d'une malveillance ou la négligence des usagers.

D'autant plus que notre bâtiment étant un ERP, il est donc important de prendre en compte des mesures adéquates afin d'éviter ces risques (incendie dû à un bout de cigarette jeté, mauvaise manipulation etc.).

c. PREVENTION DES RISQUES NATURELS

Le Burkina Faso est considéré comme l'un des pays les plus chauds au monde avec une température avoisinant les 45°C, pour un bâtiment moins aéré le risque d'échauffement est très élevé et cela peut être une des sources d'activation d'incendie. Il est plus que nécessaire d'en tenir compte lors de la conception, plus d'ouvertures pour une meilleure aération naturelle.

d. LES RISQUES SPECIAUX

Les contraintes sur les risques spéciaux font partie des mesures de prévention. « Art. R*. 123-9.- Le stockage, la distribution et l'emploi de produits explosifs ou toxiques, de tous liquides particulièrement inflammables et de liquides inflammables classés en 1ère catégorie en exécution de la loi n° 76-663 du 16 juillet 1976 relative aux installations classées sont interdits dans les locaux et dégagements accessibles au public, sauf dispositions contraires précisées dans le règlement de sécurité. ».

3. DESCRIPTION ET CLASSEMENT DU BATIMENT

Dans cette partie nous allons faire une description du bâtiment (dimensions nécessaires, nombre de niveau etc.) et en suite suivant la réglementation en vigueur, le classer par type et trouver sa catégorie.

a. DESCRIPTION DU BATIMENT

Notre bâtiment est un R+4 de forme rectangulaire comportant des bureaux et des caisses. Il est d'une emprise totale au sol de 1716m² environ, soit une largeur de 35,20m sur une longueur de 48,75m. Description détaillée du bâtiment (voir plan de niveau en annexe 1)

b. CLASSEMENT DU BATIMENT

Tous les établissements recevant du public sont soumis à des dispositions générales communes et particulières propres à chaque type de bâtiment. Ensuite quel que soit le type, ils sont classés en catégories d'après l'effectif du public susceptible que le bâtiment devant recevoir

c. LES TYPE D'ETABLISSEMENT

Selon la nature de leurs exploitations, les établissements sont répartis par types, le Tableau ci-dessous nous montre les différents types d'établissement :

Tableau 32 : Les différents types d'établissement

TYPES	ACTIVITES
J	Etablissements d'accueils pour personnes âgées et personnes Handicapées
L	Salles d'auditions, de conférences, de réunions, de spectacles ou à usages multiples.
M	Magasins de vente, centres commerciaux
N	Restaurants et débits de boissons
O	Hôtels et pension de famille
P	Salles de danse et salles de jeux

R	Etablissement d'enseignement, colonie de vacances
S	Bibliothèques, centre de documentation
T	Salles d'expositions
U	Etablissements sanitaires
V	Etablissements de culte
W	Administration, banques, bureaux
X	Etablissements sportifs couverts
Y	Musées

Etant donné que notre établissement contient des magasins de vente, nous avons alors opté pour le classement de type W souligné en orange dans le tableau ci-dessus.[14]

d. CATEGORIE DE L'ETABLISSEMENT

Après avoir déterminé de quel type est notre établissement(M) nous allons donc déterminer la catégorie dont il fait partie. Ils existent cinq (05) grandes catégories en fonction de l'effectif total du public et du personnel de l'établissement.[14]

Tableau 33 : Les différents types de catégorie

CATEGORISATION	EFFECTIFS
1^{ère} Catégorie	Au-delà de 1500 personnes
2^{ème} Catégorie	De 701 à 1500 personnes
3^{ème} Catégorie	De 301 à 700 personnes
4^{ème} Catégorie	300 personnes et en-dessous, à l'exception des établissements compris dans la 5 ^{ème} catégorie
5^{ème} Catégorie	Les établissements dans lesquels l'effectif du public n'atteint pas le chiffre fixé par le règlement pour chaque type d'établissement

e. CALCUL DE L'EFFECTIF TOTAL DU PUBLIC ET PERSONNEL

Nous allons considérer 2 personnes sur la surface totale pour les bureaux, caisses, secrétariats ; 10 personnes en moyenne pour les attentes/accueil et considérer en moyenne 50 personnes au niveau des grandes salle d'attente.

Tableau 34 : récapitulatif de calcul de l'effectif

Niveau	Désignation	Affectation / Nombre		Effectif
RDC	Bureau	2	24	48
	Caisse	2	10	20
	Accueil / Attente	10	3	30
	Secrétariat	2	3	6
	Salle d'attente	50	2	100
	Total			
R+1 à R+4	Bureau	2	120	240
	Accueil / Attente	5	16	80
	Secrétariat	2	8	16
	Total			

Selon la réglementation en matière de sécurité incendie en vigueur au Burkina Faso, notre bâtiment destiné à abriter des bureaux est susceptible de recevoir cinq cent quarante (540) personnes et est classé établissement Recevant du Public de type W (Administration, banques, bureaux) de la 3^{ème} catégorie.[14]

4. MESURES ET DISPOSITIFS DE SECURITE

✓ Dégagement

On appel dégagement, toute partie de la construction permettant une évacuation rapide et sûre de l'établissement : porte, sortie, escalier, circulation horizontale, issue.

Selon l'article : « Art. R*. 123-7.- Les sorties et les dégagements intérieurs qui y conduisent doivent être aménagés et répartis de telle façon qu'ils permettent l'évacuation rapide et sûre des personnes. Leur nombre et leur largeur doivent être proportionnés au nombre de personnes appelées à les utiliser. Tout établissement doit disposer de deux sorties au moins. » Règles générales des dégagements Les dégagements seront calculés conformément à la réglementation en vigueur représentée sur le Tableau ci-dessous.[14]

Tableau 35 : Calcul du nombre de dégagement

Effectif à évacuer	Nombre de sortie ou escalier Et dégagement accessoire	Nombre D'unité de passage (UP)	
1 à 9	1	1 UP	
20 à 50	RDC : 2	1 dégagement 1 UP + 1 dégagement accessoire	
	Etage	H ≤ 8 m : 1E	1 UP
		H > 8 m	-
	Compartiment 1 E + 1 dégagement accessoire	1 E d'une UP + 1 dégagement accessoire	
51 à 100	2	2 dégagements de 1 UP ou 1 dégagement de 2 UP + dégagement accessoire	
101 à 500	2	Arrondir effectif à la centaine supérieur chiffre centaine + 1	
> à 500	1 par 500 (ou fraction de 500) +1	Arrondir effectif à la centaine supérieur Chiffre centaine = Nb d'UP	

a. DETERMINATION DES DEGAGEMENT DU BATIMENT

Selon les normes en vigueur et le Tableau ci-dessus, nous avons pu déterminer les dégagements en fonction de l'effectif afin de permettre une évacuation rapide.

Tableau 36 : Récapitulatif des dégagements

Niveau	Sortie à réaliser
RDC	1E d'une UP + 2 dégagements de 2 UP + dégagement accessoire
R+1 à R+4	2E d'une UP

Nous notons qu'au RDC, la distance maximale d'évacuation ne doit pas excéder 30m quelle que soit la position de la personne dans le bâtiment.

Aux étages, la distance maximale à parcourir pour atteindre un escalier est de 30m également mais elle est réévaluée à 40m pour atteindre la cage d'escalier.

b. DESENFUMAGE ET VENTILATION

Il fait partie des mesures de prévision, qui permettent de garantir des conditions satisfaisantes d'évacuation ou de survie dans les locaux. Le désenfumage permet d'extraire une partie des fumées et des gaz de combustion en début d'incendie, maintenir praticable les escaliers et les couloirs de circulation afin de faciliter l'évacuation des occupants et l'intervention des secours.

✓ Locaux et circulations

Le désenfumage et la ventilation des locaux et circulations horizontales seront assurés par le biais des ouvrants.

✓ Désenfumage des escaliers

Pour cet immeuble nous avons opté pour un désenfumage naturel des escaliers, par le biais des ouvrants en façades et la cage d'escalier.

5. PREVISION

La prévision regroupe les mesures qui permettent l'intervention immédiat et faciliter l'extinction de l'incident. Toutes ces différentes mesures ont été prises en compte dans la construction de cet immeuble afin de lutter contre la naissance ou la propagation de l'incendie. Pour notre immeuble, nous utiliserons des moyens de prévisions adéquats afin de minimiser ou d'éviter tout incendie quelle qu'en soit la source.

a. EXTINCTEURS PORTATIFS

Pour l'extinction de ces feux nous opterons pour l'une ou l'autre des formules suivantes : un appareil à poudre polyvalente du type 21 A – 34 B (6kg), au droit de chaque issue. Elles se décomposent en cinq (05) parties qui sont :

- ✓ la nature de l'agent extincteur ;
- ✓ le mode d'emploi ;
- ✓ les restrictions et danger d'utilisation (toxicité, électricité) ;
- ✓ les renseignements divers sur le chargement (la vérification, la composition, la capacité) ;
- ✓ le nom et l'adresse du responsable de l'appareil.



Extincteur à eau pulvérisée avec additifs



Extincteur à poudre polyvalente



Extincteur à CO₂

Figure 27 : Les trois types d'extincteur

b. DETECTION AUTOMATIQUE D'INCENDIE

Notre bâtiment est muni d'un système de sécurité incendie (S.S.I) qui est constitué de l'ensemble des équipements qui assurent les fonctions nécessaires à la mise en sécurité d'un établissement en cas d'un incendie. Pour cela, il sera placé des détecteurs automatiques d'incendie asservi par le S.S.I. dans les locaux (boutiques, bureaux, chambre etc.) et dans les circulations horizontales.[14]

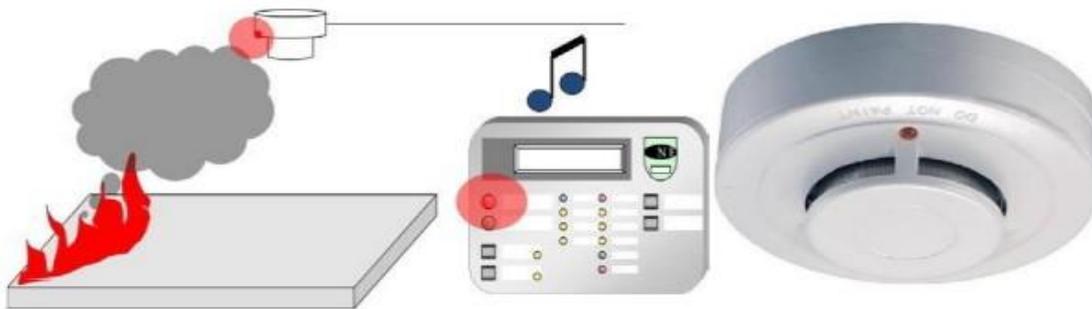


Figure 28 : Détecteur de fumée

c. L'ECLAIRAGE DE SECURITE

L'éclairage de sécurité est très important dans notre bâtiment du moment où c'est un ERP. Cela permet l'évacuation facile des usagers du bâtiment. C'est un éclairage artificiel qui, dès la défaillance de l'éclairage artificiel.

Normal, permet aux personnes de cheminer jusqu'en lieu sûr et de gagner les sorties du bâtiment. Il doit permettre la visibilité des obstacles et l'exécution des manœuvres nécessaires

en cas d'incendie. L'éclairage de sécurité est alimenté par une source de sécurité (batterie d'accumulateurs) dont la durée de fonctionnement doit au moins d'une heure.



Figure 29 : Indicateur sortie

d. INSTALLATION DES ALARME DETECTIONS

Notre bâtiment devra être équipé d'un système d'alarmes à déclencheur manuel qui permettra à toute personne en cas d'incendie d'avertir le public, afin d'évacuer les lieux le plus rapidement possible.

e. MOYENS DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

✓ Alarme incendie

Les moyens de lutte contre l'incendie relèvent des mesures de prévision, selon l'article « Art. R*. 123-11. L'établissement doit être doté de dispositifs d'alarme incendie et d'avertissement, d'un service de surveillance et de moyens de secours contre le fumé approprié aux risques. » Notre immeuble doit comporter les extincteurs et des panneaux de secours pour lutter contre l'incendie.



Figure 30 : Déclencheur manuel d'alarme incendie

✓ Robinet d'incendie Armé (RIA)

Le RIA est un moyen de lutter contre le feu. Il permet une intervention d'urgence dans la lutte contre l'incendie, en attendant que les moyens soient mis en œuvre.



Figure 31 : Robinet d'incendie armé

✓ Consignes et applications

La présence d'un agent de sécurité au sein de l'immeuble permettra de faire respecter au mieux les consignes de sécurité mises en place afin d'éviter tout risque d'incendie ou la conduite à tenir en cas de crise de panique et d'incendie. Cet agent recevra une formation de base afin de maîtriser un feu initial, les réflexes à savoir sur les opérations pour les évacuations et le secourisme vis-à-vis des accidents dus à l'incendie.

Voir le plan de la sécurité incendie en **annexe 18**.

6. ESTIMATION DU COUT DES EQUIPEMENTS

Tableau 37 : Estimation du cout des équipements (source prix unitaire : Mercuriale 2022)

N°	Désignation	Quantités	Prix Unitaire (FCFA)	Prix Total (FCFA)
1	Extincteur à Eau	14	70 000	980 000
2	Extincteur à CO2	06	31 500	189 000
3	Extincteur à poudre	12	72 000	864 000
4	Détecteur de fumée	152	25 000	3 800 000
5	Alarme incendie	20	175 000	3 500 000
6	BAES	144	27 500	3 960 000
7	BAEA	152	133 335	20 266 920
8	Déclencheur manuel	10	33 900	339 000
9	RIA	2	160 000	320 000
10	Totaux			34 218 920

CONCLUSION PARTIELLE

Au terme de ce chapitre nous avons pu proposer des mesures d'atténuation sur l'impact environnemental et social.

L'étude de sécurité incendie, nous a permis de déterminer que le bâtiment est de type W et de 3ème catégorie. Ensuite, l'étude complète des plan architecturaux nous a permis d'élaborer la prescription générale du bâtiment afin de proposer des mesures et dispositifs sécuritaires adéquats ainsi que l'estimation des frais des équipements. En fin le devis estimatif et quantitatif des gros œuvres (présenté en **annexe 21**) nous a donné un total avec TTC de trois cent dix sept million cinq cent quatre vingt dix neuf mille cinq cent huit (317 599 508) FCFA.

CONCLUSION GENERALE

Rappelons que l'objectif général de cette étude est de faire ressortir les plans d'exécutions pour la construction d'un bâtiment R + 4 à usage administratif. Cependant le calcul du bâtiment a été fait avec le logiciel Robot Structural Analysis (RSA 2019) et par la suite nous avons déterminé quelques éléments manuellement pour comparer avec ceux calculés à l'aide du logiciel afin de vérifier nos calculs. Par ailleurs nous avons fait l'étude des corps d'état secondaires, l'étude d'impact environnemental et social, enfin un devis estimatif et quantitatif de gros œuvres. Ainsi, comme résultats obtenus on peut retenir entre autres une dalle pleine d'épaisseur 20cm avec un choix d'acier de HA14 en double nappes suivant x et suivant y espacer de 15cm dans les deux sens (suivant x et y) ; une dalle à corps creux 20cm d'épaisseur (15cm pour les hourdis et 5cm pour la dalle de compression) avec un choix d'acier de HA12 pour les armatures principales ; une poutre isostatique de section 20cm x 50cm pour le béton avec un choix d'acier de 3HA14 + 3HA14 +2HA12 et 3HA14 comme acier de montage espacé de 20cm ; une poutre hyperstatique de section 25cm x 60cm pour le béton avec un choix d'acier de HA12, et HA10 sur les appuis et en travées ; et des HA6 pour les cadres espacés de 15 cm ; un poteau d'angle de section 30cm x 50cm pour le béton avec des aciers de HA14 pour les armatures principales et HA6 pour les cadres espacés de 15cm ; un poteau central de section 50cm x 50cm pour le béton avec des aciers de HA14 pour les armatures principales et HA6 pour les cadres espacés de 15cm ; un voile (cage d'ascenseur) d'épaisseur 20cm avec un choix d'acier de HA10 pour les aciers verticaux et de HA10 pour les aciers horizontaux espacé de 15cm ; un radier partiel de 80cm d'épaisseur avec un choix d'acier de HA14 suivant x et y espacé de 15cm ; un escalier de 20cm d'épaisseur pour la paillasse avec un choix d'acier HA12 dans les deux sens de la partie inférieure espacé de 15cm, et HA10 dans les deux sens de la partie supérieure espacé de 15cm ; proposer des mesures d'atténuation sur l'impact environnemental et social ; proposer des mesures et dispositifs sécuritaires adéquats pour lutter contre l'incendie.

En fin un devis estimatif et quantitatif des gros œuvres nous a donné un total avec TTC de trois cent dix sept million cinq cent quatre vingt dix neuf mille cinq cent huit.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] « Modélisation Robot-Structural.pdf ».
- [2] P. Paultre, Structures en béton armé : analyse et dimensionnement. Presses inter Polytechnique, 2011.
- [3] J. Perchât et J. Roux, « Pratique du BAEL 91 ». Éditeur Eyrolles, 2002.
- [4] K. Amar et S. Khelifa, « ANALYSE DU CRITERE DE LA DUCTILITE LOCALE DE QUELQUES STRUCTURES EN BETON ARME DIMENSIONNEES SELON LES REGLES PARASISMIQUES ALGERIENNES RPA99/v2003 ».
- [5] N. Allioua, K. Boudib, et I. E. Hemimed, « Analyse et dimensionnement d'une structure en béton armé contreventement mixte et l'étude de l'effet d'épaisseur des voiles sur la réponse dynamique », PhD Thésis, Université de Jijel, 2021.
- [6] « Mémoire de MAHAMAT Abdallah Ahmat (soutenance)(0).pdf ».
- [7] « Saadi, Nassim_.pdf ».
- [8] « Dimensionnement-des-radiers.pdf ».
- [9] O. RAHALI, A. YOUSFI, et M. YOUSFI, « Etude d'un bâtiment en RDC+ 06 étages à Usage multiple », 2021.
- [10] « Mémoire Djamai skandar.pdf ».
- [11] « Dimensionnement-des-réseaux-d'assainissement-et-étude-de-viabilité-du-lotissement-M.I.A.pdf ».
- [12] C. P. Mera et H. Benavides-Muñoz, « Adaption of Hunter's Method and generation of synthetic series from disaggregation of flow time series, comparative analysis with existing models », 2021.
- [13] P. M. O. Lamboado, « Études techniques détaillées d'un immeuble R+5 à usage de bureaux à Bendogo dans la ville de Ouagadougou. ».
- [14] « 2021-04-19-Plaquette-MasterIngenierieSecuriteIncendie.pdf ».