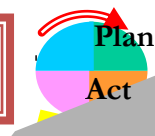




FORMATIONS
CONTINUES 2012



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering
Fondation 2iE

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du Master d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
Option : Génie Civil

*ETUDE D'INGENIERIE D'UN IMMEUBLE R+4
EXTENSIBLE A R+6
A OUAGADOUGOU*

Présenté et soutenu publiquement le 23 juin 2012 par :

RAMA-BESSIN Alain-Didier

Travaux dirigés par :

Dr Adamah MESSAN

Enseignant à la fondation 2iE

Mr Issaka SAVADOGO

Directeur Gérant de GUERAR 6

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Pr François TSOBNANG**

Membres et correcteurs : **Ing. Dramane COULIBALY**

2011-2012

RESUME

Le présent document est une synthèse de tous les travaux effectués dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude. Il s'agit du dimensionnement d'un bâtiment R+6 en Béton Armé.

L'objectif de cette étude structurale est de pouvoir proposer une répartition des différents éléments en Béton Armé de cet étage R+6 ainsi que les dimensions nécessaires à la bonne tenue. Le travail sera effectué sur les bases de la Résistance des matériaux, des principes BAEL 91.

Ce travail détaillera les démarches de calculs utilisées, les normes et réglementations puis donnera, le cas échéant, les références sur lesquelles nous nous sommes appuyés.

Afin de lier les aspects environnementaux positifs à la réalisation de l'ouvrage, une étude environnementale et sociale a été réalisée. Celle-ci a permis d'évaluer les effets négatifs et positifs de cette construction afin de prendre des mesures pour atténuer ceux négatifs.

L'étude du confort thermique et du coût d'exploitation de l'ouvrage à long terme nous a amené à dimensionner une puissance totale pouvant alimenter l'ouvrage. La puissance totale est estimée à 200 KVA, ce qui permettra de souscrire à un abonnement et/ou acheter un groupe électrogène.

Le devis estimatif de cet ouvrage nous donne un coût de projet évalué à **DEUX CENT CINQUANTE HUIT MILLIONS SIX CENT SOIXANTE NEUF MILLE NEUF CENT SOIXANTE DIX SEPT FRANCS (258 669 977 FCFA)**. (Voir devis estimatif annexe). En estimant une moyenne de vingt (20) journaliers tous travaux (personnes) en permanence sur le chantier pour les travaux, nous avons un délai d'exécution de cinq (5) mois au total.

Il est important de noter que le travail consistera à dimensionner la structure porteuse du bâtiment à travers le calcul manuel puis avec les logiciels de génie civil.

Mots clés : mémoire, béton armé, dimensionnement, R+6

SUMMARY

This document is a summary of all work done as part of a memory study. This is the design of a structure R+6 Reinforced Concrete. The objective of this structural study is to propose a distribution of different elements of reinforced concrete of R+6 and the size required for good performance. The work will proceed on the basis of the strength of materials, principles BAEL 91. This work will detail the steps of calculations used, standards and regulations and will, where appropriate, the references on which we relied. To link the positive environmental aspects to produce the work, an environmental and social study was performed which allowed seeing the negative and positive effects of this construction and taking steps to mitigate these negative effects.

The study of thermal comfort and operating cost of the house in the long run we have to size a total power fed up the book. This is estimated at 200 KVA, which will take out a subscription and / or buy a generator. The estimate of this book gives us the cost of project estimated at TWO HUNDRED FIFTY EIGHT MILLION SIX HUNDRED SIXTY NINE THOUSAND NINE HUNDRED SEVENTY September francs (CFA 258,669,977). (See Annex VII estimate). By estimating an average of twenty (20) all daily work (people) permanently on site to work, we have a turnaround time of five (5) months total. (See schedule attached). It is important to note that the job will be to size the structure of the building through manual calculation and with software engineering.

Keywords: memory, reinforced concrete, design, R+6

Dédicace à mon père feu RAMA Grégoire

REMERCIEMENT

Un travail scientifique, technique ou artistique dans le cadre d'un début d'expérience nécessite des aides. Pour cela, j'adresse toute ma reconnaissance à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin durant mon stage au **Cabinet d'Ingénieurs Conseils GUERAR6**.

Je tiens à remercier très sincèrement mon Maître de stage **Monsieur Issaka SAVADOGO** Directeur Gérant de GUERAR6 qui n'a ménagé aucun effort pour me prodiguer des conseils d'ordre technique et méthodologique durant ce stage.

Merci à Dr **Adamah MESSAN** Enseignant à 2iE d'avoir accepté de suivre mon travail.

Mes remerciements vont à l'endroit du corps administratif et enseignant du **2iE** en reconnaissance de la rigueur et de la qualité des enseignements dont j'ai bénéficié.

A l'égard de ma mère **Véronique NABOU**, j'exprime toute ma reconnaissance pour son soutien de tout le temps.

A tous mes parents, amis et connaissances, je leur dois toute ma reconnaissance pour leur soutien et différentes aides qu'ils n'ont manqué de m'apporter.

AVANT PROPOS

A l'heure où la mondialisation accentue les défis dans les nouvelles technologies dans différents domaines, aucune nation ne peut douter de l'impact de la formation technique de sa jeunesse pour son avenir. Ainsi, depuis sa création, le 2IE forme des cadres moyens et supérieurs dans les domaines de l'Eau, Environnement, Energie et Génie civil dont je fais partie.

Après une dizaine de mois de cours théorique les étudiants se voient confiés en stage pratique dans les entreprises publiques ou privées afin de s'imprégner de leur nouvelle zone d'activité.

C'est dans cette optique que j'ai été accepté pour un stage au **Cabinet d'Ingénieurs Conseils GUERAR6** qui est un Bureau d'étude et de formation dont le siège est à Ouagadougou au Burkina Faso.

Le présent document est un mémoire de fin d'étude axé sur le dimensionnement des éléments de structure d'un immeuble en R+4 extensible à R+6 à usage commercial.

Etant une œuvre humaine, ce mémoire comporte certes des imperfections, mais en ayant un strict respect pour tous ceux qui m'ont aidé dans sa réalisation, nous restons le seul Responsable des éventuelles erreurs et omissions que vous constaterez.

Toutefois, vos remarques et suggestions constructives seront les bienvenues pour améliorer la qualité de nos recherches ultérieures.

METHODOLOGIE

Pour le dimensionnement de l'immeuble, la rédaction du rapport j'ai adopté une recherche basée sur :

- Des recherches documentaires
- Des entretiens avec les acteurs du domaine
- Lecture des plans architecturaux
- La rédaction du projet
- La production des documents graphiques

Table des matières

RESUME	i
SUMMARY	ii
REMERCIEMENT	iv
AVANT PROPOS	v
METHODOLOGIE	vi
SIGLES ET ABREVIATION.....	ix
LISTE DES FIGURES	x
LISTE DES TABLEAUX	x
INTRODUCTION	1
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL ET DU PROJET.....	2
I.1 PRESENTATION GENERALE DE LA STRUCTURE	2
I.1.1 Profil de la structure.....	2
I.1.2 Secteur d'activité.....	2
I.2 PRESENTATION DU PROJET	2
I.2.1 Contexte du projet.....	2
I.2.2 Objet du projet.....	2
II. ETUDES TECHNIQUES	3
II.1 DESCRIPTION DES ELEMENTS DE L'OUVRAGE.....	3
II.1.1 L'infrastructure.....	3
II.1.2 La superstructure	3
II.2 HYPOTHESES GENERALES DE CALCUL.....	4
Indications générales	4
Règlements	4
Béton	4
Acier	4
II.3 PRINCIPE DE PREDIMENSIONNEMENT	5
II.3.1 Descentes des charges des éléments :.....	5
II.4 DIMENSIONNEMENT ET CALCUL DES PRINCIPAUX ELEMENTS DE LA STRUCTURE.	7
II.4.1 Le plancher	7
II.5 ETUDE DES POUTRES.....	10
II.5.1 Poutre secondaire.....	10
II.5.2 Poutre principale	12
II.6 ETUDE DE L'ESCALIER	14
II.7 ETUDE DU POTEAU	16
II.7.1 Descente de charges	16

II.7.2 La section d'aciers comprimés Asc :	18
II.8 ETUDE DE LA FONDATION.....	20
II.8.1 Choix du type de fondation.....	20
II.8.2 Les charges	20
II.8.3 Pré dimensionnement	21
II.8.4 Détermination des armatures aux ELU	21
III. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL	22
III.1 APPROCHE	22
III.1.1 Identification, description, caractérisation, et évaluation des impacts et mesures environnementales	23
III.1.2 Impacts socio-économiques.....	23
III.1.3 Impact sur l'air.....	25
III.1.4 Impact sur les Sols	26
IV. SECURITE ET PROTECTION INCENDIE	27
IV.1 GENERALITES	27
IV.2 DESCRIPTION SOMMAIRE	28
IV.3 CLASSEMENT	28
IV.3.1 Calcul de l'effectif	28
IV.3.2 Classement	28
IV.4 PRESCRIPTIONS GENERALES.....	28
IV.5. PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX MOYENS DE SECOURS	30
IV.6 CONSIGNES	31
V. ECLAIRAGE.....	32
V.1 GENERALITES ET LES ENJEUX	32
V.1.1 Règlementations et recommandations	32
V.1.2 Classification des luminaires et les sources lumineuses	32
V.1.3 Gestion de l'éclairage dans le bâtiment.....	34
V.1.4 Eclairage autonome de sécurité et de remplacement	34
V.2 DIMENSIONNEMENT	34
V.3 CLIMATISATION	35
V.3.1 Evaluation du Bilan Thermique de l'immeuble.....	36
V.3.2 Le courant d'emploi.....	36
VI. ASSAINISSEMENT	36
VI.1 Alimentation en eau.....	36
VI.1.a-Evaluation des débits nécessaires d'alimentation de l'immeuble.....	36
VI.1.b-Détermination du diamètre de la canalisation	38

VI.2 Evacuation des eaux usées et pluviales	38
VII. PLANNING DE TRAVAUX ET DEVIS	38
CONCLUSION.....	39
ANNEXE.....	40
Détails de calcul de la poutrelle	44
Détails de calcul des poutres	46
Devis quantitatif et estimatif	50
Crédit temps pour le calcul du délai d'exécution.....	52

SIGLES ET ABREVIATION

BAEL : Béton Armé aux Etats Limites

RDC: Rez de Chaussée

R+1: Etage niveau 1

R+2: Etage niveau 2

R+3: Etage niveau 3

R+4: Etage niveau 4

R+5: Etage niveau 5

R+6 : Etage niveau 6

DTU : Documents Techniques Unifiés

NF : Norme Française

BAES : Bloc Automatique d'Eclairage de Sécurité

lm/W : lumens/watt

Tc : Température de couleur (exprimée en Kelvin : K)

AFNOR: Association Française de Normalisation

ORL : Oto- Rhino-Laryngologie

PGES : Plan de Gestion Environnementale et Sociale

VIH/SIDA : Virus de l'immunodéficience humaine/Syndrome Immunodéficitaire Acquis.

CGES : Cellule de Gestion Environnementale et Sociale

DAAF : détecteurs-avertisseurs autonomes de fumée

IGH : immeubles de grande hauteur

ELU : Etat Limite Ultime

ELS : Etat limite de Service

HA : Haute Adhérence

RT2005 : Règlementation Thermique 2005

Flux lumineux (exprimé en lumen : lm) : Quantité de lumière produite par une lampe (ou source).

IRC : Indice Rendu des Couleurs

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schémas mécanique de la poutrelle	7
Figure 2 : détails dimension de la poutrelle	8
Figure 3 : Plan de ferraillage de la poutrelle.....	9
Figure 4 : Plan de ferraillage de la poutre secondaire	11
Figure 5 : Plan de ferraillage de la poutre principale	13
Figure 6 : Schéma mécanique de calcul.....	14
Figure 7 : Schéma indicatif	14
Figure 8 : surface d'influence du poteau calcul	16
Figure 9 : Schémas mécanique du poteau	18
Figure 10 : Annexe ; Vue en façade principale et latérale	41
Figure 11 : Annexe ; schémas fosse septique.....	42
Figure 12 : Annexe ; Diagramme des moments et efforts tranchant de la poutrelle	44
Figure 13 : Annexe ; Diagramme des moments fléchissant et efforts tranchant des poutres	46

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Puissance d'éclairage de référence par m ² (Peclref) d'après la NF EN 12464-1	32
Tableau 2 : Type de luminaires suivant le local destiné.....	33
Tableau 3 : Puissance des lampes.....	33
Tableau 4 : Répartition sectorielle des installations de climatisations (sources: http://www-cep.ensmp.fr/francais/themes/syst/html/cles.htm)	35
Tableau 5 : Puissance de référence par m ² pour la climatisation.....	35
Tableau 6 : Assainissement ; tableau des équipements et leurs débits.....	37
Tableau 7 : Annexe ; Devis quantitatif et estimatif	50
Tableau 8 : Annexe ; Crédit temps pour le calcul du délai d'exécution	52

Bibliographie

- ABDEL-AZIZ. (2010). *Mémoire de fin de cycle, construction d'un R+3.*
- DTU, N. D. (2006). *Règles de calcul et cahiers de prescriptions techniques.*
- EDF, & Energie, G. d. (s.d.). *Eclairage intérieur; Guide Technique .*
- GUEYE, D. I. (s.d.). *Reconnaissance des sols et fondations superficielles.*
- HEMA, I. B. (1999). *Notes de cours de Béton Armé.*
- International, J. (s.d.). *Etude d'impact environnemental et social du projet de construction de la cité PANGAR.*
- LEBELLE, S. (s.d.). *L'essentiel de BETON ARME.*
- LEGRAND, P. (1995). *Cours de béton armé.*
- Tunis, U. d. (2004). *Guide pratique de la rédaction d'un mémoire .*

INTRODUCTION

Il est évident qu'un meilleur et brillant avenir professionnel dans le domaine de Génie civil est fonction des différentes expériences acquises à travers les pratiques après les compétences théoriques acquises à l'école.

Le besoin sans cesse en infrastructures de Génie civil à travers les villes africaines fait que les Ingénieurs que nous sommes sont en perpétuels recherches de conformité afin de concevoir, d'analyser et de dimensionner les différents éléments porteurs d'un ouvrage pour assurer sa fonctionnalité, sa résistance mécanique et sa durabilité pendant toute sa durée de vie sans risque pour l'utilisateur. Ceci sans oublier l'aspect coût économique de l'ouvrage.

Une première séance de travail avec le Directeur Gérant de GUERAR 6 lui a permis de me proposer ce travail sur l'analyse structurale et dimensionnement d'un immeuble R+4 extensible à R+6 à usage commercial à Ouagadougou pour le compte d'un particulier.

L'objectif de cette étude structurale est de pouvoir proposer une répartition des différents éléments en Béton Armé de ce R+6 ainsi que les dimensions nécessaires à la bonne tenue. Le travail sera effectué sur les bases de la Résistance des matériaux, des principes BAEL 91.

Le présent document est une synthèse de tous les travaux effectués. Il détaillera les démarches de calculs utilisés, les normes et réglementations puis donnera, le cas échéant, les références sur lesquelles nous nous sommes appuyés.

Il est important de noter que le travail consistera à dimensionner la structure porteuse du bâtiment à travers le calcul manuel puis avec les logiciels de génie civil.

I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCEUIL ET DU PROJET

I.1 PRESENTATION GENERALE DE LA STRUCTURE

I.1.1 Profil de la structure

Le **Cabinet d'Ingénieurs Conseils GUERAR6** est une Société à Responsabilité Limitée (S.A.R.L.) exerçant dans le domaine de l'Ingénierie, de Génie civil et l'hydraulique.

Le Siège Social de **GUERAR 6** est à Ouagadougou, au BURKINA FASO.

Il intervient à travers sa section formation dans différents pays ouest africains comme :

- Mali
- Bénin
- Niger
- Et le Maroc

Le bureau s'appuie sur le savoir-faire d'une équipe d'experts pluridisciplinaires hautement qualifiés comprenant des profils dans plusieurs secteurs d'activités.

I.1.2 Secteur d'activité

Le Cabinet **GUERAR 6** effectue des prestations dans les domaines ci-après :

- Etudes techniques : Conception de solutions techniques en bâtiments, routes et dans un domaine annexe. Calcul de structures, note de calcul en béton armé.
- Formation : Génie civil, hydraulique, agriculture, élevage etc.

I.2 PRESENTATION DU PROJET

I.2.1 Contexte du projet

Le projet qui fait l'objet de notre étude est un immeuble à R+4 extensible à R+6 à usage commercial dans la ville de Ouagadougou au Burkina Faso.

Le bâtiment fait 38 m de longueur, 18,50 m de largeur et a une hauteur totale de 20.10 m fondé sur une superficie de 975 m².

I.2.2 Objet du projet

L'objectif de cette étude est de dimensionner les principaux éléments porteurs de ce bâtiment afin d'assurer la résistance, la durabilité et la stabilité structurale de cet immeuble.

II. ETUDES TECHNIQUES

La résistance, la stabilité et la fiabilité d'un ouvrage sont les éléments nécessaires à sa construction ainsi, un ouvrage est constitué de l'infrastructure et de la superstructure.

II.1 DESCRIPTION DES ELEMENTS DE L'OUVRAGE

Le choix de l'ossature de notre ouvrage et le dimensionnement ont pour but de déterminer les dimensions et l'armature de l'ossature du bâtiment, de façon à répondre économiquement aux exigences de l'architecte et du Maître d'ouvrage tout en garantissant la capacité portante de l'ossature et son fonctionnement à long terme.

Ceci afin de placer nos poutres et poteaux qui transmettent les charges des planchers jusqu'aux fondations. Pour cet ouvrage, nous avons opté pour une ossature en béton armé afin de se conformer aux exigences de l'architecte et éviter des retards sur l'approvisionnement des matériaux.

II.1.1 L'infrastructure

Elle est la partie constituée de la fondation, située en-dessous du niveau $\mp 0,00$ du sol qui sert à transmettre au sol toutes sollicitations agissant sur le bâtiment. L'infrastructure est constituée de plusieurs parties qui nécessitent des analyses pour la tenue de l'ouvrage.

Terrassement

On réalisera des fouilles pour les semelles isolées ainsi que des fouilles en rigole pour les longrines.

Le remblai sera mis et compacté à chaque 20 cm d'épaisseur jusqu'à une hauteur de -10 cm de la longrine.

Fondation

Elle sera constituée de semelles isolées supportant des poteaux liés par les longrines.

II.1.2 La superstructure

Elle est élevée au-dessus du sol et en contact direct avec l'atmosphère est constituée des éléments de résistance, de cloisonnement ou de séparation, de protection et d'installation.

Les éléments de cloisonnement

Les murs

Ils seront réalisés en agglomérés de 15x20x40 cm dosé à 300KN/m³ pour les murs extérieurs et de 15x15x40 cm pour les murs intérieurs.

Les planchers

Le dallage sera réalisé à une épaisseur de 10 cm armé avec les treillis ligaturés de $\varnothing 8$

Le plancher des différents niveaux seront réalisés en hourdis creux. Le plancher est situé aux étages courants, à la terrasse et son utilisation se justifie par :

- Son isolation thermique et acoustique ;
- Son poids léger.

Les installations et les travaux de finition

Les travaux de revêtement

Plancher : il sera revêtu en carreaux gré céramique posés avec du mortier dosé à 400Kg/m^3

Murs : ils porteront un carrelage en faïence blanche 15 x 15 à une hauteur de 1,80 m dans les salles de bain et WC

Murs extérieurs : ils seront l'objet d'enduit taloché de 2cm dosé à 400Kg/m^3

II.2 HYPOTHESES GENERALES DE CALCUL

Indications générales

- Type d'ouvrage : Bâtiment R+6
- Type de fondation superficielle : Semelles isolées ;
- Structure BETON ARME= dalles-poutres-poteaux - longrines - semelles;
- Les maçonneries en élévation sont des remplissages.

Règlements

- B.A.E.L 91 révisé 99
Cahier des Prescriptions Techniques

Les combinaisons d'actions sont :

- A l'état limite ultime : $Q_{ul} = 1,35G + 1,5Q$
- A l'état limite de service : $Q_{ser} = G + Q$

Béton

- $F_{c28} = 20\text{MPa}$ pour tous les éléments
- Poids volumique = 25 KN/m^3
- Dosage
 350 Kg/m^3 pour tous les éléments
- Enrobage

3cm en fondation
2.5cm en élévation

Acier

- $F_e = 500\text{ MPa}$
- Fissuration peu préjudiciable en superstructure
- Fissuration préjudiciable en fondation
 - ◆ Coefficient de scellement : $\phi_s = 1,5$
 - ◆ Coefficient de fissuration : $\gamma = 1,6$
 - ◆ Coefficient de sécurité : $\delta_s = 1,15$
- Contrainte admissible du sol (selon le rapport géotechnique) = 0.15 MPa ;
- Profondeur d'assise = **1.20 m/TN**

II.3 PRINCIPE DE PREDIMENSIONNEMENT

Le pré dimensionnement consiste à connaître les charges appliquées sur chaque élément porteur afin de calculer les efforts résultant de l'effet des charges verticales et horizontales sur les divers éléments porteurs verticaux (colonnes et murs) ainsi que les fondations, puis de pouvoir procéder à leur dimensionnement.

- **Dalle**

La hauteur h des nervures vaut :

$$h \geq \frac{M_t * l}{15 * M_o} \quad \text{Avec } M_t = 0.8 * M_o$$

L = portée max des nervures

Ou encore $h \geq \frac{l}{22.5}$ Et b = (0.25..... 0.5h). Avec l = 5.80 h = 20cm.

- **Poutres**

2 conditions sont à vérifier :

1. $\frac{L}{20} \leq h \leq \frac{L}{16}$ Pour les poutres hyperstatiques
 $\frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10}$ Pour les poutres isostatiques.

La poutre principale et secondaire ont une section de h=60 cm et b=30 cm

II.3.1 Descentes des charges des éléments :

Plancher étage courant :

♦ Carrelage (2cm)	0,44KN/m ²
♦ Mortier de pose (3cm)	0,66 KN/m ²
♦ Lit de sable (2cm)	0,34 KN/m ²
♦ Enduit en plâtre sous plafond (2cm).....	0,28 KN/m ²
♦ Cloison de séparation	1,00 KN/m ²
♦ Plancher corps creux (16+4).....	2,85 KN/m ²

$$G = 5,22 \text{ KN/m}^2.$$

$$Q = 2,50 \text{ KN/m}^2.$$

Plancher terrasse (non accessible)

♦ Protection gravillon (4cm)	0,60 KN/m ²
♦ Etanchéité multicouche (2cm)	0,12 KN/m ²
♦ Forme de pente (10cm)	2,20KN/m ²
♦ Isolation thermique (4cm)	0,60KN/m ²
♦ Plancher ceps creux (16+4).....	2,85 KN/m ²
♦ Enduit en plâtre sous plafond (2cm)	0,28 KN/m ²

$$G = 6.30 \text{ KN/m}^2$$

$$Q = 1,00 \text{ KN/m}^2.$$

La maçonnerie :

Mur extérieur (e = 20cm)

- ♦ Brique creuse (20cm)0,90 KN/m²
- ♦ Enduit extérieur en ciment0,36 KN/m²
- ♦ Enduit en plâtre0,20 KN/m²

$$G = 1,46 \text{ KN/m}^2$$

Escalier :

Volée :

- ♦ Carrelage horizontal (2 cm).....22x0,02 = 0,44KN/m².
- ♦ Mortier de pose horizontal (2cm).....22x0,02 = 0,44KN/m².
- ♦ Carrelage vertical (2cm).....22x0,02x0,18/0,30 = 0,24KN/m².
- ♦ Mortier de pose vertical (2cm).....22x0,02x0,18/0,30 = 0,24KN/m².
- ♦ Paillasse (dalle e béton) (e=15cm).....25x15/cos α = 4,31 KN/m².
- ♦ marches.....22x0,18/2 = 1,98KN/m².
- ♦ L'enduit sous volée.....1x0,15/2 = 0,172KN/m².
- ♦ Garde-corps.....1KN/m².

$$\text{Pour } g = 30 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad G = 8,82 \text{ KN/m}^2.$$

$$Q=2,5 \text{ KN/m}^2.$$

Palier

$$\text{Carrelage (2 cm)} \dots\dots\dots 22 \times 0,02 = 0,44 \text{ KN/m}^2.$$

$$\text{Mortier (2cm)} \dots\dots\dots 22 \times 0,02 = 0,44 \text{ KN/m}^2.$$

$$\text{Dalle du palier (e=15cm)} \dots\dots\dots 25 \times 0,15 = 3,75 \text{ KN/m}^2.$$

$$\text{Enduit en ciment} \dots\dots\dots 0,2 \text{ KN/m}^2.$$

$$G = 4,83 \text{ KN/m}^2.$$

$$Q=2,5 \text{ KN/m}^2.$$

Les éléments travaillant en flexion sont pré dimensionnés suivant le principe de la limitation de la flèche.

Les éléments comprimés eux, sont pré dimensionnés suivant la limitation de leur élancement à $\lambda = 50$.

Titre des cas de charges

G : Charges permanentes

Q : Surcharges d'exploitation

II.4 DIMENSIONNEMENT ET CALCUL DES PRINCIPAUX ELEMENTS DE LA STRUCTURE

II.4.1 Le plancher

Les planchers sont des éléments horizontaux porteurs travaillant en flexion. Ils seront armés dans leurs zones tendues soit en partie inférieure et en partie supérieure, (chapeau) au niveau des appuis de rives ou centraux. Les efforts tranchants sont relativement faibles car bien répartis sur la longueur des appuis, les cadres sont rarement nécessaires. Les poutrelles sont placées à priori suivant la plus petite dimension du plancher. Le plancher des différents niveaux de l'immeuble sera réalisé en «hourdis» du fait de la souplesse et l'aspect économique de ceux-ci.

II.4.2 Etude de la poutrelle

La dalle de notre plancher est constituée de trois types poutrelles dont un principal fera l'objet de calcul dans le présent travail.

Pré dimensionnement des poutrelles :

$$0,3d < b_0 < 0,5d$$

$$0,07 < b_0 < 0,12$$

Pour des raisons constructives on prend $b_0 = 12\text{cm}$.

Détermination de la largeur de la table de compression

Cette largeur définit la dimension de la table de compression

Avec : $b = 2a + b_0$

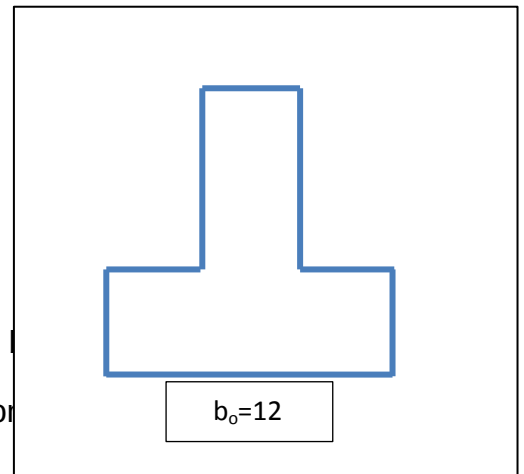


Figure 1 : Schémas mécanique de la poutrelle

$$\text{D'où } a = \min \begin{cases} \frac{L_0}{2} = \frac{60-12}{2} = 24\text{cm.} \\ \frac{L}{10} = \frac{580}{10} = 58\text{cm} \end{cases}$$

Avec L_0 : largeur du coup creux

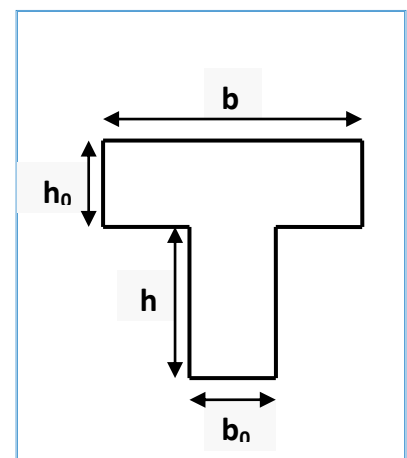
L : la portée de la travée

$$a = 24\text{cm} \quad \text{avec} \quad b = (2 * 24) + 12 = 60\text{cm}$$

Calcul des sollicitations :

$$\text{Terrasse} \quad \text{-----} \rightarrow \quad \begin{cases} G = 6,30 \text{ KN/m}^2 \\ Q = 1 \text{ KN/m}^2 \end{cases}$$

$$\text{Etage courant} \quad \text{-----} \rightarrow \quad \begin{cases} G = 5,22 \text{ KN/m}^2 \\ Q = 2,5 \text{ KN/m}^2 \end{cases}$$



$$P_{U \text{ terrasse}} = 1,35 G + 1,5 Q = 1,35 \times 6,30 + 1,5 \times 1 = 10,0 \text{ KN/m}^2.$$

$$P_{U \text{ courant}} = 1,35 G + 1,5 Q = 1,35 \times 5,22 + 1,5 \times 2,5 = 10,80 \text{ KN/m}^2.$$

On prendra pour le calcul le cas le plus défavorable qui est le maximum entre P_{Ut} et P_{Ue} on aura :

$$P_{Ut} = 10,0 \times 0,6 = 6,00 \text{ KN /ml.}$$

$$P_{Uc} = 10,80 \times 0,6 = 6,48 \text{ KN/ml.}$$

Avec :

P_{Ut} : représente la sollicitation de la terrasse

P_{Uc} : représente la sollicitation de l'étage courant

Moment sur appuis = 22.20 KN.m à 6.800 m

Moment fléchissant = 20.10 KN.m à 9.632 m

Se référer au détail de calcul dans l'annexe

Ferraillage des poutrelles :

Nous utiliserons pour ce calcul la méthode calcul le BAEL 91.

$$M_{Ut} = 20,10 \text{ KN.m}$$

$$M_{Ua} = 22,20 \text{ KN.m}$$

Caractéristiques des matériaux :

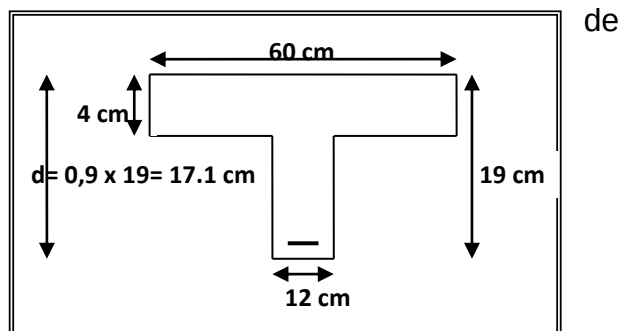


Figure 2 : détails dimension de la poutrelle

Béton:

- ◆ $f_{c28} = 20 \text{ MPa.}$
- ◆ $f_{bu} = 0,85. f_{c28} / \theta. \gamma_d = 0,85 \times 20 / 1,5$
- ◆ $f_{bu} = 11,33 \text{ MPa.}$

Acier :

$$\sigma_{st} = f_e / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435 \text{ MPa.}$$

En travée :

$$A_{st} = 2,85 \text{ cm}^2 \text{ Soit } 2\text{HA}12 + 1\text{HA}10 \approx 3,045 \text{ cm}^2$$

Aux appuis

$$A_{sa} = 3,07 \text{ cm}^2 \text{ Soit } 2\text{HA}14 \approx 3,08 \text{ cm}^2$$

Se référer au détail de calcul dans l'annexe

DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Condition de non fragilités :

$$A_t = 1,70 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 0,85 \text{ cm}^2. \quad \longrightarrow \quad 2\text{HA}12 + 1\text{HA}10$$

$$A_a = 3,08 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 0,17 \text{ cm}^2. \quad \longrightarrow \quad 2\text{HA}14$$

Armatures transversales :

On prend $\Phi_t = 6 \text{ mm}$

Espacement des armatures transversales :

$S_t \leq 37 \text{ cm}$. On prend 20 cm.

Plan de ferrailage

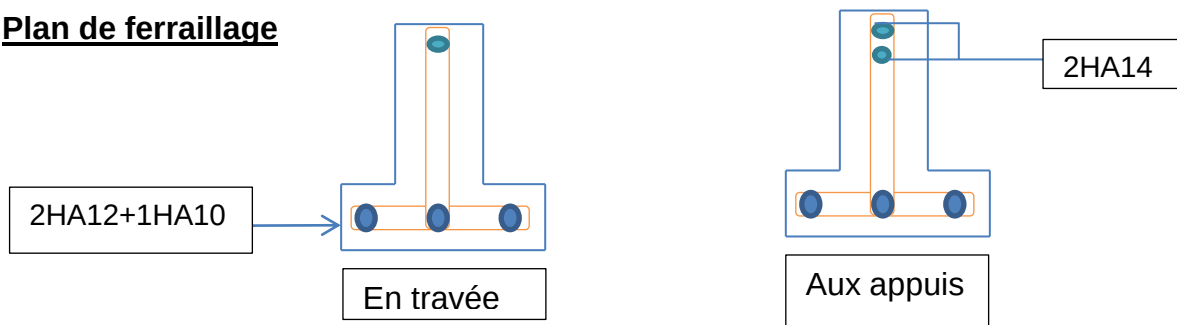


Figure 3 : Plan de ferrailage de la poutrelle

Ferrailage de la dalle de compression :

Les mailles de quadrillage ne doivent pas dépasser 25 cm pour les armatures perpendiculaires à la nervure. La section minimale des armatures perpendiculaires à la nervure est donnée en fonction de l'entre axe.

- ♦ 20 cm pour les armatures perpendiculaires aux nervures
- ♦ 30 cm pour les armatures parallèles aux nervures

$$A = 4 \cdot b / f_e \text{ (cm}^2\text{/ml)} \longrightarrow A = 4 \cdot 60 / 235 = 1,02 \text{ cm}^2\text{/ml. Soit } 5\text{HA}6 = 1,41\text{cm}^2\text{/ml}$$

Avec $S_t = 15 \text{ cm}$.

$$A \text{ (perpendiculaire)} = A/2 = 0,585 \text{ cm}^2\text{/ml. Soit } 4\text{HA}6 = 1,13 \text{ cm}^2\text{/ml. Avec } S_t = 25 \text{ cm}.$$

II.5 ETUDE DES POUTRES

II.5.1 Poutre secondaire

Pré dimensionnement

Au stade de pré dimensionnement, la portée des éléments est prise en compte pour la détermination de la section de ceux-ci. Selon le critère de rigidité des poutres **on a** :

$$\frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10} . \text{ Ainsi donc :}$$

- ♦ Hauteur : h

$$\frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10} \longrightarrow \frac{585}{15} \leq h \leq \frac{585}{10} \rightarrow 39 \leq h \leq 58,5 \text{ Pour des raisons sécuritaire, nous prenons } \underline{\mathbf{h=60 \text{ cm}}}$$

- ♦ Largeur : b

$$\frac{h}{5} \leq b_0 \leq \frac{h}{2} \quad \frac{60}{5} \leq b_0 \leq \frac{60}{2} \rightarrow 10 \leq h \leq 30 \text{ Pour des raisons sécuritaire, nous prenons } \underline{\mathbf{b=30 \text{ cm}}}$$

Données :

Portée entre les nus des appuis la plus défavorable suivant l'alignement: L= 5,85 m

Largeur d'influence : 6.28 m

Charge d'exploitation : 2,50 KN/m²

Enrobage d' = 2.5 cm

Fissuration Peu Préjudiciable => Calcul se fera à l'ELU

Se référer au détail du plan de poutraison dans l'annexe

Calcul des sollicitations :

Chargement

$$\begin{array}{l} \text{Etage} \\ \text{courant} \end{array} \quad \text{-----} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} G = 5,22 \text{ KN/m}^2 \\ Q = 2,5 \text{ KN/m}^2 \end{array} \right.$$

Charge permanente : $G = 5,22 \times 6,28 = \mathbf{36,74 \text{ KN/m}}$

Charge d'exploitation : $Q = 2,5 \times 6,28 = \mathbf{15,70 \text{ KN/m}}$

Combinaison

$$P_u = 73,15 \text{ KN/m et } P_s = 52,44 \text{ KN/m}$$

Moment aux appuis = 154.99 KN.m à 6.800 m

Moment en travée = 140.30 KN.m à 9.632 m

Se référer au détail de calcul dans l'annexe

Ferraillage des poutres :

Nous utiliserons pour ce calcul le BAEL 91. Nous considérerons une poutre rectangulaire de h=60cm et b₀=30cm.

Caractéristiques des matériaux :

Béton:

- ♦ $f_{c28} = 20 \text{ MPa}$.
- ♦ $f_{bu} = 0,85 \cdot f_{c28} / \theta \cdot \gamma_d = 0,85 \times 20 / 1,5$
- ♦ $f_{bu} = 11,33 \text{ MPa}$.

Acier :

$$\sigma_{st} = f_e / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435 \text{ MPa}.$$

En travée :

$$A_{stx} = 6,33 \text{ cm}^2 \text{ Soit } 6\text{HA}12 \approx 6,79 \text{ cm}^2$$

Aux appuis

$$A_{sta} = 7,21 \text{ cm}^2 \text{ Soit } 5\text{HA}14 \approx 7,70 \text{ cm}^2$$

Se référer au détail de calcul dans l'annexe

DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Condition de non fragilités :

$$A_t = 6,790 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 1,34 \text{ cm}^2. \quad 6\text{HA}12 \longrightarrow A_s = 6,79 \text{ cm}^2. \text{ (en travée)}$$

$$A_a = 7,21 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 1,34 \text{ cm}^2. \quad 5\text{HA}14 \longrightarrow A_a = 7,70 \text{ cm}^2 \text{ (Sur appuis)}$$

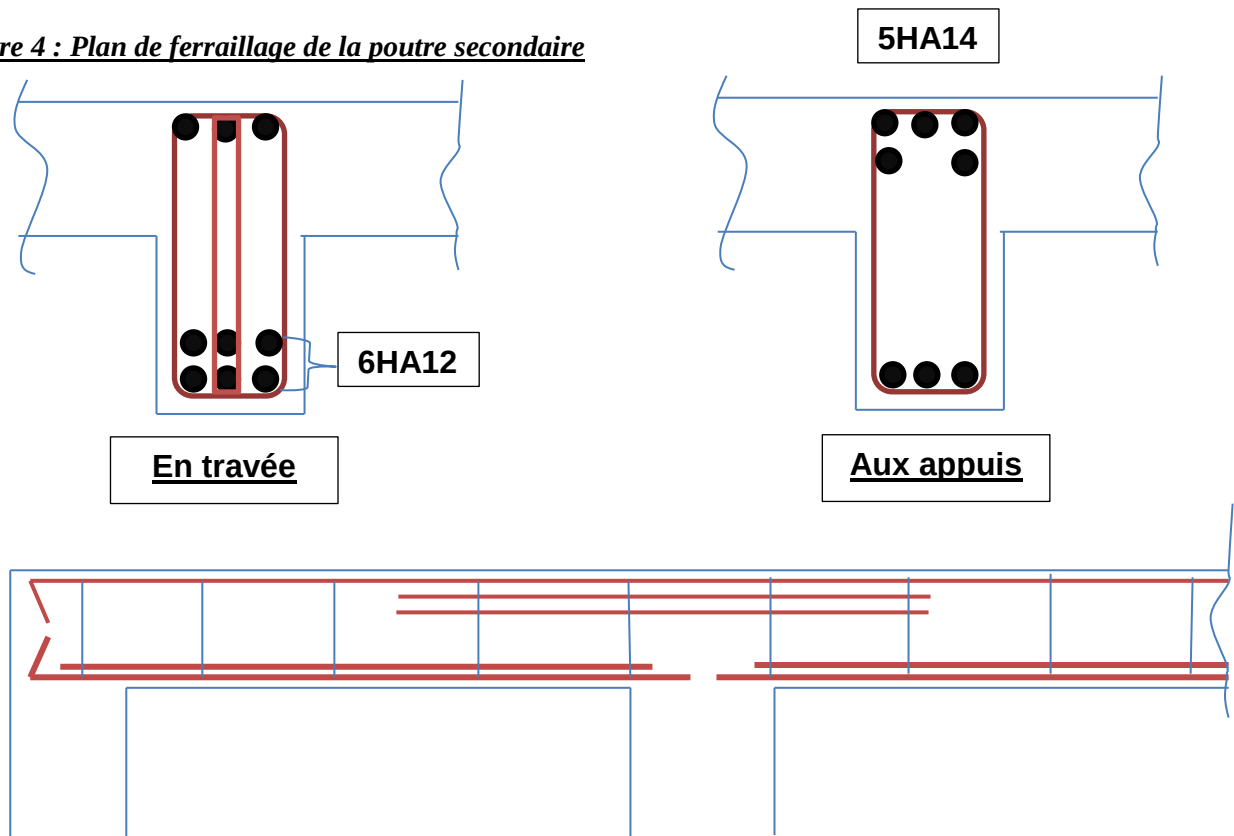
Armatures transversales :

On prend $\Phi_t = 8 \text{ mm}$

Espacement des armatures transversales :

$S_t \leq 40 \text{ cm}$ on prendra $= 20 \text{ cm}$.

Figure 4 : Plan de ferrailage de la poutre secondaire



II.5.2 Poutre principale

Pré dimensionnement

Selon le critère de rigidité des poutres on a : $\frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10}$

- ♦ Hauteur : h

$$\frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10} \longrightarrow \frac{580}{15} \leq h \leq \frac{580}{10} \rightarrow 38,67 \leq h \leq 58 \text{ Pour des raisons sécuritaire, nous prenons } \mathbf{h=60 \text{ cm}}$$

- ♦ Largeur : b

$$\frac{h}{5} \leq b \leq \frac{b}{2} \quad \frac{50}{5} \leq h \leq \frac{50}{2} \rightarrow 10 \leq h \leq 25 \text{ Pour des raisons sécuritaire, nous prenons } \mathbf{b=30 \text{ cm}}$$

Données :

Portée entre les nus des appuis la plus défavorable suivant l'alignement choisi :

L= 5,80 m

Largeur d'influence : 7.375 m

Charge d'exploitation : 2,50 KN/m²

Enrobage d' = 2.5 cm

Fissuration Peu Préjudiciable => le calcul se fera à l'ELU

Calcul des sollicitations :

Chargement

Etage
courant

$$\begin{cases} G = 5,22 \text{ KN/m}^2 \\ Q = 2,5 \text{ KN/m}^2 \end{cases}$$

Charge permanente : $G = 5,22 \times 7,375 = \mathbf{38,50 \text{ KN/m}}$

Charge d'exploitation : $Q = 2,5 \times 7,375 = \mathbf{18,44 \text{ KN/m}}$

Combinaison

$P_u = 82,64 \text{ KN/m}$

$P_s = 56,94 \text{ KN/m}$

Moment aux appuis = 338.75 KN.m à 5.650 m

Moment fléchissant en travée = 198.76 KN.m à 9.246 m

Se référer au détail de calcul dans l'annexe

Ferraillage des poutres :

Nous utiliserons pour ce calcul le BAEL 91. Nous considérerons une poutre rectangulaire de h=50cm et b₀=20 cm.

Caractéristiques des matériaux :

Béton:

- ♦ $f_{c28} = 20 \text{ MPa.}$
- ♦ $f_{bu} = 0,85. f_{c28} / \theta. \gamma_d = 0,85 \times 20 / 1,5$
- ♦ $f_{bu} = 11,33 \text{ MPa.}$

Acier :

$$\sigma_{st} = f_e / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435 \text{ MPa.}$$

En travée :

$$A_{st} = 9,52 \text{ cm}^2 \text{ Soit } 6\text{HA}14 + 1\text{HA}10 \approx 10,025 \text{ cm}^2$$

Aux appuis

$$A_{stx} = 18,06 \text{ cm}^2 \text{ Soit } 9\text{HA}16 \approx 18,10 \text{ cm}^2$$

Se référer au détail de calcul dans l'annexe

DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Condition de non fragilités :

$$A_t = 9,52 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 1,34 \text{ cm}^2. \text{ Soit } 6\text{HA}14+1\text{HA}10 \longrightarrow A_s = 10,025 \text{ cm}^2. \text{ (En travée)}$$

$$A_a = 7,21 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 1,34 \text{ cm}^2. \text{ Soit } 9\text{HA}16 \longrightarrow A_a = 18,10 \text{ cm}^2 \text{ (Sur appuis)}$$

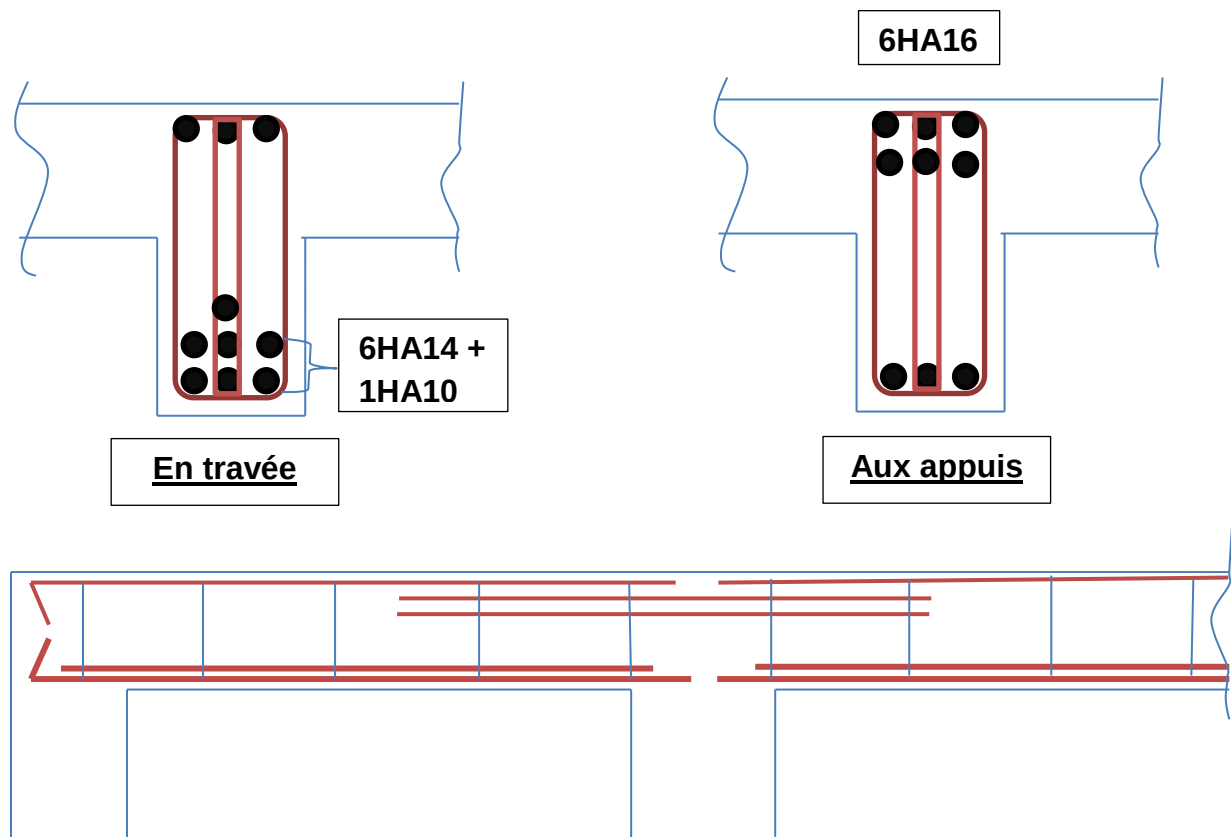
Armatures transversales :

On prend $\Phi_t = 8 \text{ mm} \Rightarrow$

Espacement des armatures transversales :

$S_t \leq 40 \text{ cm}$ on prendra = 20 cm.

Figure 5 : Plan de ferrailage de la poutre principale



II.6 ETUDE DE L'ESCALIER

Pré dimensionnement

Palier

Ces données ont été obtenues suivant le plan architectural et calculées pour certaines données.

Emmarchement : $l = 1,65 \text{ m}$

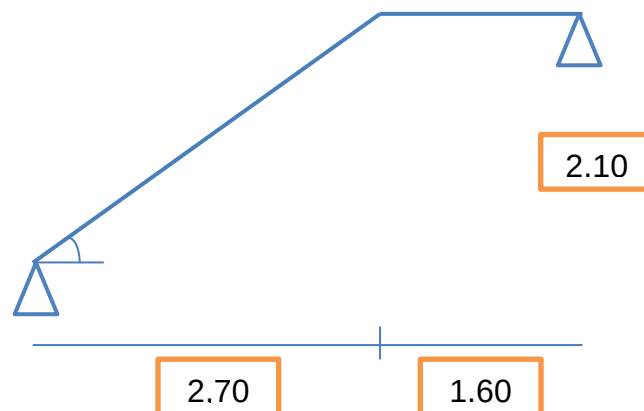
Largeur du palier : $l = 1.60 \text{ m}$

Epaisseur du palier : $\frac{1}{30} \leq e_p \leq \frac{1}{25}$; $e = 15 \text{ cm}$

L'escalier est constitué de deux volées, du type escalier à paillasse muni d'un palier de repos et posé sur deux appuis simples.

- ♦ Hauteur à gravir entre le RDC et l'étage : $H = 4,20 \text{ m}$
- ♦ Hauteur de contre marche : $h = 17 \text{ cm}$

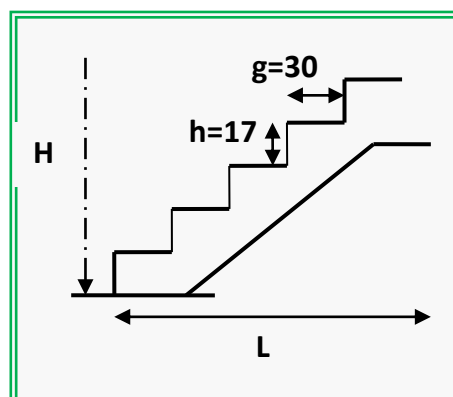
Figure 6 : Schéma mécanique de calcul



D'après la relation de BLONDEL, $G = 2h = 60 \text{ à } 64 \rightarrow G = 60 - 2 \times 15 \rightarrow G = 30 \text{ cm}$

Paillasse : $\frac{1}{30} \leq e_p \leq \frac{1}{25} \rightarrow e_p = 15 \text{ cm}$ pour permettre l'enrobage de l'acier.

Figure 7 : Schéma indicatif



Calcul de l'angle : $tg\alpha = \frac{17}{30} = 0,566 \rightarrow arctg\alpha = \alpha = 29,50^\circ$

Calcul des sollicitations

Volée :

- ♦ $G = 8,82 \text{ KN/m}^2$. **Pu=15,66 KN.m**
- ♦ $Q=2,5 \text{ KN/m}^2$.

Palier

- ♦ $G = 4,83 \text{ KN/m}^2$. **Pu=10,27 KN.m**
- ♦ $Q= 2,5 \text{ KN/m}^2$.

Moment aux appuis = -0.00 kN.m à 0.000 m

Moment fléchissant en travée = 32.83 kN.m à 2.052 m

Ferrailage de l'escalier

En travée

$h = 15\text{cm}$ $d = 0,9h = 13,5\text{cm}$ $b = 100\text{cm}$

$Ast = 10,10 \text{ cm}^2$ Soit 13HA10 $\approx 10,20 \text{ cm}^2$ / $St 13,75 \text{ cm}$ / volet de 1,65 m de largeur

Armature de répartition

Par ml on doit avoir : $Asr \geq 0,25 \times Ast = 2,55 \text{ cm}^2 \rightarrow$ soit 6HA8 $\approx 3,02 \text{ cm}^2$ / ml

Dispositions constructives

- diamètre des barres : $\emptyset_{\max} = 10 \text{ mm} \leq \frac{e_p}{10} = \frac{170}{10} = 17\text{mm} \rightarrow$ **Condition vérifiée**
- écartement des barres : $St = 14 \text{ cm}$ pour les armatures longitudinales
 $St = 14\text{cm} \leq \text{mini } 3 * e_p; 33 = 33 \rightarrow$ **Condition vérifiée**

$St = 20 \text{ cm}$ pour les armatures de repartition

$St = 20\text{cm} \leq \text{mini } 4 * e_p; 45 = 45 \rightarrow$ **Condition vérifiée**

- armatures de l'effort tranchant non requises car :

Non reprise de bétonnage

$$\tau = \frac{V_u}{b \cdot d} = \frac{0,032}{1 \cdot 0,135} = 0,23 < 0,05 \times f_{c28} = 1,00 \rightarrow \text{Condition vérifiée}$$

- condition de non fragilité vérifiée car :

$$Ast \geq 0,23 \times b \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 1,11 \text{ cm}^2$$

- section d'armatures de chapeaux sur les appuis :

$$Asc = 0,15 * Ast = 1,53 \text{ cm}^2 / \text{volet}$$

II.7 ETUDE DU POTEAU

Le poteau considéré pour ce calcul est le plus chargé de la structure. Celui-ci se trouve au RDC. L'étude se fera suivant les règles du BAEL 91 en conformité avec les autres normes.

II.7.1 Descente de charges

La descente de charges sera analysée en fonction de la surface d'influence du poteau.

Avec, **Nu** : effort normal appliqué sur le poteau le plus sollicité de la section afférente :

$$((7,375-0,5)*(5,175-0,4)) = 32,82 \text{ m}^2 \quad \mathbf{S=32,82 \text{ m}^2}$$

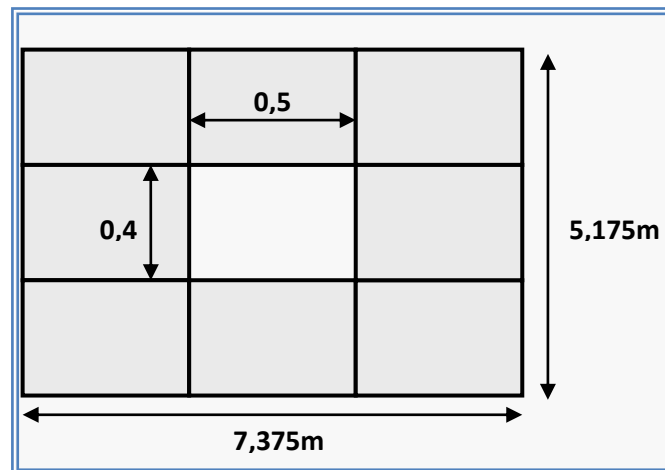


Figure 8 : surface d'influence du poteau calcul

Surcharge d'exploitation :

$Q_t = 1 \text{ KN/m}^2$ pour la terrasse.

$Q_e = 2,5 \text{ KN/m}^2$ pour les étages courant

Alors :

Etant donné que le nombre de niveaux de notre bâtiment est supérieur à 5, nous procéderons à une dégression verticale de la charge d'exploitation. Ceci comme suit :

$$Q_{\text{calcul}} = Q_0 + Q_1 + 0,95Q_2 + 0,90Q_3 + 0,85Q_4 + 0,80Q_5 + 0,75Q_6$$

Avec :

Q_0 = Valeur de référence de la charge d'exploitation pour le toit ou la terrasse

Q_i = valeur de la charge d'exploitation pour le plancher de l'étage (i), la numération étant effectuée de haut vers le bas.

Ainsi :

$$Q_{\text{calcul}} = (1 + 2,5 + (0,95 \times 2,5) + (0,90 \times 2,5) + (0,85 \times 2,5) + (0,80 \times 2,5) + (0,75 \times 2,5))$$

$Q_{\text{calcul}} = 14,125 \text{ KN}$, Charge d'exploitation totale réel sera égale à $Q_{\text{calculé}}$ fois la surface d'influence. $Q = 14,125 \times 32,82 = 463,58$; **$Q_{\text{totale}} = 463,58 \text{ KN}$**

Tableau 1 : Descente de charges sur le poteau le plus chargé

Poteau	Surface (m²)	Désignation	Charges Permanentes (G=5,22 et 6,30 KN/m²)		Charges d'exploitation (2,5 KN/m²)	
Poteau	32,82	Plancher terrasse				
		Plancher + surcharges	G1= 32,82 x 6,30	207	Q0 = 1 x 32,82	32,8
		Retombées des poutres	G1= [((0,3 x 0,4 x 7,375) + (0,3 x 0,4 x 5,175)) x 25]	45		
		Sous total		252		32,8
		R+5				
		Plancher + surcharges	G1= 32,82 x 5,22	171	Q1=2,5 x 32,82	82,1
		Retombées des poutres	G1= [((0,3 x 0,4 x 7,375) + (0,3 x 0,4 x 5,175)) x 25]	45		
		Sous total		216		82
		R+4				
		Plancher + surcharges	G1= 32,82 x 5,22	171	Q2 = (2,5 x 32,82) x 0,95	77,9
		Retombées des poutres	G1= [((0,3 x 0,4 x 7,375) + (0,3 x 0,4 x 5,175)) x 25]	45		
		Sous total		216		78
		R+3				
		Plancher + surcharges	G1= 32,82 x 5,22	171	Q3 = (2,5 x 32,82) x 0,90	73,8
		Retombées des poutres	G1= [((0,3 x 0,4 x 7,375) + (0,3 x 0,4 x 5,175)) x 25]	45		
		Sous total		216		74
		R+2				
		Plancher + surcharges	G1= 32,82 x 5,22	171	Q4 = (2,5 x 32,82) x 0,85	69,7
		Retombées des poutres	G1= [((0,3 x 0,4 x 7,375) + (0,3 x 0,4 x 5,175)) x 25]	45		
		Sous total		216		70
		R+1				
		Plancher + surcharges	G1= 32,82 x 5,22	171	Q5 = (2,5 x 32,82) x 0,80	65,6
		Retombées des poutres	G1= [((0,3 x 0,4 x 7,375) + (0,3 x 0,4 x 5,175)) x 25]	45		
		Sous total		216		66
		RDC				
		Plancher + surcharges	G1= 32,82 x 5,22	171	Q5 = (2,5 x 32,82) x 0,75	61,5
		Retombées des poutres	G1= [((0,3 x 0,4 x 7,375) + (0,3 x 0,4 x 5,175)) x 25]	45		
		Sous total		216		62
		Total		1550		463,6
Nu = 1,35G + 1,5Q = (1,35x1550) + (1.5x463,6)					Nu = 2788 KN	

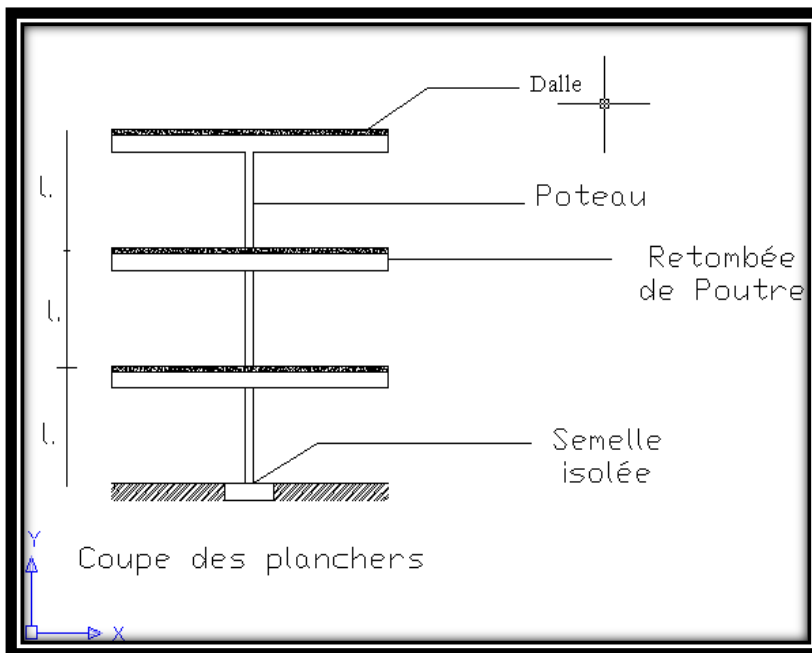
Combinaison: Nu=1,35G+1,5Q ; **Nu=2788 KN**

Longueur libre l_0 : La longueur libre est la distance entre les faces supérieures de deux planchers consécutifs. $l_0 = 4 \text{ m}$ pour le poteau de la RDC

Longueur de flambement l_f

On appelle longueur de flambement d'un poteau, l_f , la longueur du poteau considéré.
 $l_f = 0,7 l_0 = 2,8 \text{ m}$; $l_f = 2,8 \text{ m}$: encastré dans un massif de fondation.

Figure 9 : Schémas mécanique du poteau



Elancement

Inertie I : $I = 0.267 \text{ m}^4$

Section du béton : $B = 0.20 \text{ m}^2$

Le rayon de giration :

$i = 1.155 \text{ m}$

Ce qui entraîne que le coefficient de minoration de l'effort normal N_u

$$\alpha_1 = \frac{0,85}{1 + 0,2 \times \left(\frac{\lambda}{35}\right)^2} = \frac{0,85}{1 + 0,2 \times \left(\frac{2,42}{35}\right)^2} = 0,849 \rightarrow \alpha_1 = 0,85$$

Les poteaux sont chargés après 28 jours, c'est-à-dire avant 90 jours.

Ainsi donc, $\alpha = \frac{\alpha_1}{1,10} = 0,77 \quad \alpha = 0,77$

Section réduite du béton B_r

$$B_r = 0,38 \times 0,48 = 0,1284 \text{ m}^2 \rightarrow B_r = 0,1284 \text{ m}^2$$

II.7.2 La section d'aciers comprimés A_{sc}

$$A_{sc} = \frac{N_u}{\alpha} - \frac{B_r \times f_{cj}}{0,9 \times \gamma_b} \times \frac{\gamma_s}{f_e} = \frac{2,788}{0,77} - \frac{0,1284 \times 20}{0,9 \times 1,5} \times \frac{1,15}{500} = 19,99 \text{ cm}^2$$

$$A_{sc} = 19,99 \text{ cm}^2 \text{ soit } 10\text{HA}16 \approx 20,11 \text{ cm}^2$$

Dans le cas des poteaux rectangulaires dont le rapport des côtés est $\frac{a}{b} > 1,1$ seuls les aciers disposés le long des grands côtés de la section sont pris en compte, ainsi donc les aciers seront placés du côté de la grande portée.

Contrôle du pourcentage des aciers dans le béton

Le pourcentage d'armatures est compris entre : $0,2 \leq 100x \frac{A_{sc}}{B} \leq 5$; $\rightarrow 0,2 \leq 1,005 \leq 5$
Avec B la section de béton seul. $0,2 \leq 1,005 \leq 5$ **Condition vérifiée**

Armature transversale et l'espacement

$$\varphi_t = \frac{\varphi_l}{3} = \frac{16}{3} = 5,33 \text{ mm} \rightarrow \varphi_t = 6 \text{ mm}$$

$$St = \text{mini } 40\text{cm}; a + 10\text{cm} = \text{mini } 40\text{cm}; 20\text{cm} \rightarrow St = 20 \text{ cm}$$

Jonction de recouvrement : $l_r \geq 24\varphi_l = 24 \times 16 = 384 \text{ mm} \rightarrow l_r = 40$

Nombre de cours sur la longueur l_r : $e = \frac{l_r}{3} = 13,33 \rightarrow e = 13,33 \text{ cm}$

Nombre de cadres sur le reste de l_s :

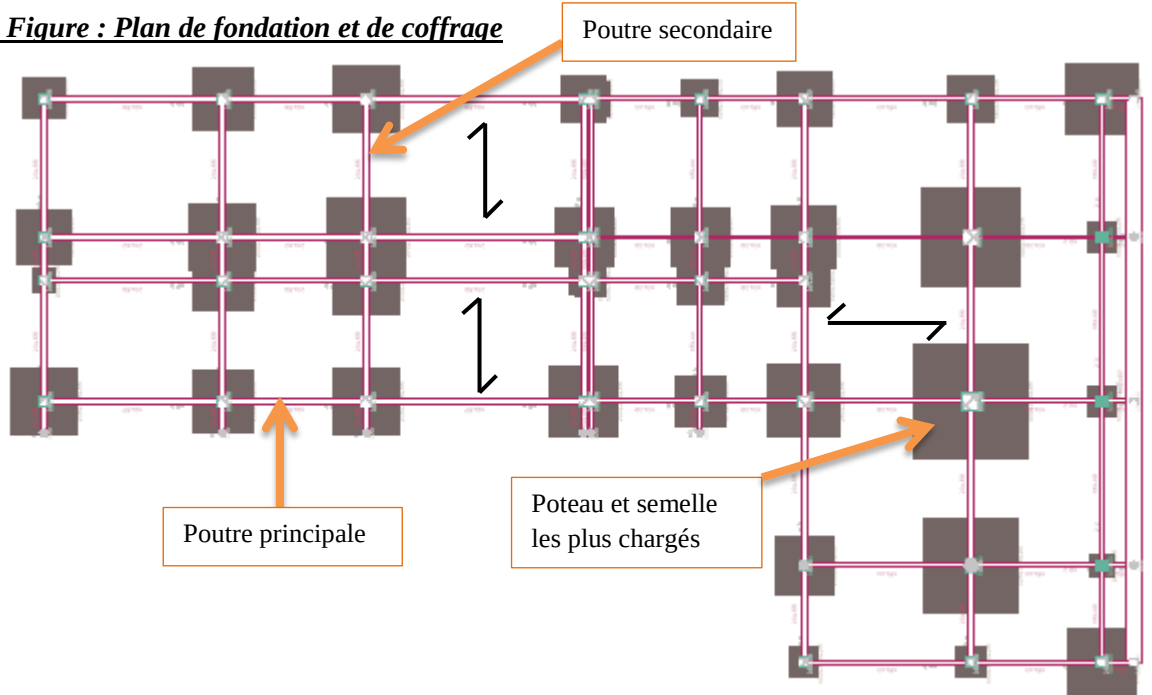
$$N = \frac{l_o - l_r}{20} = \frac{400 - 40}{20} = 18 \rightarrow 18 \text{ cadres de HA6 espacés de } 20 \text{ cm}$$

II.8 ETUDE DE LA FONDATION

II.8.1 Choix du type de fondation

Le choix du type de la fondation dépend de la capacité portante et les charges appliquées sur le sol d'assise de la structure. Ainsi pour ce bâtiment de six niveaux, une descente de charges réalisée avec le logiciel de calcul Graitec Arche nous donne le plan de fondation montré sur la figure ci-dessous.

Figure : Plan de fondation et de coffrage



L'analyse de ce plan nous permet de constater que malgré les charges importantes transmises au sol, qui donnent de plusieurs sections de semelles, nous maintenons notre hypothèse de semelles isolées pour la structure. La surface totale ne dépasse pas la moitié de la surface du bâtiment.

Données

La semelle isolée étudiée est celle sous le poteau le plus chargé.

Semelle S4 Sous le poteau 4

II.8.2 Les charges

Poids propre du poteau : $pp = 1,35 \cdot 0,4 \times 0,5 \times 4 \times 2,5 = 2,70 \text{ KN}$ or $N_u = 2788 \text{ KN}$

La charge de calcul: $Q = N_u + pp = 2788 + 2,70 = 2790,70 \rightarrow Q = 2790,70 \text{ KN}$

Contrainte du sol : $\sigma = 0,15 \text{ MPa}$ à l'ELS

Profondeur d'ancrage : 1.2 m

II.8.3 Pré dimensionnement

$\sigma \geq \frac{Nu}{S} = \frac{Nu}{A \times B} \rightarrow A \times B = \frac{Nu}{\sigma}$, le rapport homothétique entre les dimensions de la semelle nous donne $\frac{a}{b} = \frac{A}{B} \rightarrow Ab = aB \rightarrow A = \frac{a \times B}{b}$

$$A \times B = \frac{Nu}{\sigma} \rightarrow \frac{a \times B^2}{b} = \frac{Nu}{\sigma} \rightarrow B^2 = \frac{b \times Nu}{a \times \sigma} \quad B = \sqrt{\frac{Nu \times b}{\sigma \times a}} = \sqrt{\frac{2,7907 \times 0,5}{0,15 \times 0,4}} = 482 \text{ cm}$$

$$A = \frac{a \times B}{b} = \frac{40 \times 482}{50} = 485$$

A = 485 cm et B = 485 cm

Vérification de la contrainte du sol

$$q = \frac{Nu}{S} = \frac{2,7907}{4,85 \times 4,85} = 0,12 \text{ MPa} \quad \mathbf{0,12 \text{ MPa} < q_u = 0,15 \text{ MPa} \text{ Condition Vérifiée}}$$

Calcul de d

$$d \geq \max \frac{A - a}{4} ; \frac{B - b}{4} = \max \frac{4,85 - 0,4}{4} ; \frac{4,85 - 0,5}{4} \rightarrow \mathbf{d = 110 \text{ cm}}$$

Calcul de la hauteur

$$h = d + c = 110 + 5 = 115 \rightarrow \mathbf{h = 115 \text{ cm}}$$

II.8.4 Détermination des armatures aux ELU

Armatures parallèles au côté A

$$A_x = \frac{Nu \times B - b}{8 \times h \times \sigma_{st}} = \frac{2,7907 \times 4,85 - 0,5}{8 \times 1,15 \times 435} = 30,33 \text{ cm}^2$$

$$\mathbf{A_x = 30,33 \text{ cm}^2 \rightarrow 27\text{HA}12 \approx 30,51 \text{ cm}^2 \text{ avec un espacement de } St = 19 \text{ cm}}$$

Armatures parallèles au côté de B

$$A_y = \frac{Nu \times (A - a)}{8 \times h \times \sigma_{st}} = \frac{2,797 \times (4,85 - 0,4)}{8 \times 1,15 \times 435} = 30,33 \text{ cm}^2 \rightarrow \mathbf{A_y = 30,33 \text{ cm}^2}$$

$$\mathbf{A_y = 30,33 \text{ cm}^2 \rightarrow 27\text{HA}12 \approx 30,51 \text{ cm}^2 \text{ avec un espacement de } St = 19 \text{ cm}}$$

Calcul de la hauteur (e) au bord au bord libre

$$e = 6\phi + 6 \text{ cm} \rightarrow \mathbf{e = 13,2 \text{ cm}}$$

Condition d'utilisation du crochet

$$l_s = \frac{\emptyset \times f_e}{4 \times \tau} \text{ avec } \tau = 0,6 \times \gamma_s^2 \times f_{t28} = 0,6 \times 1,15^2 \times 1,8 = 1,43$$

$$l_s = \frac{12 \times 500}{4 \times 1,43} = 1048,95 \text{ mm} \rightarrow l_s = \mathbf{105 \text{ cm}}$$

D'autre part : $\frac{B}{4} = 100$; alors : $105 \text{ cm} > 100 \text{ cm}$ c'est à dire que $l_s \geq \frac{B}{4}$ ainsi donc tous aciers sont prolongés jusqu'aux extrémités et comportent des crochets.

$$2,31l_1 + l_2 \geq l_s - 3,28r \text{ avec } l_2 = 0$$

$$- \text{ Le rayon } r : r = 5,5\emptyset \rightarrow r = \mathbf{6,6 \text{ cm}}$$

III. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

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.

III.1 APPROCHE

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.
- **Evaluation 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.

III.1.1 Identification, description, caractérisation, et évaluation des impacts et mesures environnementales

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.

III.1.2 Impacts socio-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. 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 que large diffusion soit faite des postes et qualifications recherchés. Et adopter un système de rotation pour le recrutement.
- Création d'activités parallèles génératrices de revenus (petits commerce)
- Dynamisation de l'économie locale
- Formation de la main d'œuvre utilisée en maçonnerie, peinture etc.

➤ **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.

Mesures de prévention ou d'atténuation

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.

Mesures de prévention ou d'atténuation

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.

III.1.3 Impact 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. A 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.

Mesures d'atténuation

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.

III.1.4 Impact sur les Sols

➤ 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.

Mesures d'atténuation

- Eviter le déversement du béton sur le sol
- Gérer rigoureusement les restes de peinture ainsi que les pots vides en évitant de les laisser traîner, 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.

Décisions

Le projet présente un certain nombre d'impacts négatifs d'importance moyenne, à l'ensemble de ces impacts peuvent être apportés des mesures d'atténuation permettant de minimiser ces impacts et ne laisser que des impacts résiduels d'importance mineure.

Le service de surveillance doit veiller à l'applicabilité des recommandations pour l'atténuation des impacts.

IV. SECURITE ET PROTECTION INCENDIE

« **1 verre d'eau** suffit pour éteindre un feu lors de la 1ère minute, **1 seau d'eau** est nécessaire dans la 2ème minute, et **seule 1 citerne d'eau** pourra circonscrire l'incendie dès la 3ème minute ». Tel est l'idée que doit avoir un concepteur dans la conception d'un bâtiment.

IV.1 GENERALITES

Objet

La présente étude a pour objet de préciser les dispositions constructives et les installations de protection et de lutte contre l'incendie et la panique relatives à la construction d'un immeuble R+4 extensible à R+6 à usage mixte (boutique, bureaux et habitations) à Ouagadougou au quartier Koulouba.

Normes et règlements

Pour la construction des ouvrages projetés, il sera tenu compte des normes et règlements en vigueur ou généralement appliquées au Burkina Faso, il s'agit notamment de :

- 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 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.
- Arrêté du 31 janvier 1986, relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation (règlementation française).
- Normes NF C 15-100 relative à l'exécution et l'entretien des installations électriques
- Normes NF C 61-901 à 915 relatives aux extincteurs portatifs ;
- Normes NF S 61-930 à NF S 61-940 relatives aux systèmes de sécurité incendie
- Normes NF S 61-936, NF C 48-961 et NF S 30-962 relatives aux équipements d'alarme ;
- Normes NF S 61-950, NF S 61-961 et NF S 61-962 relatives aux systèmes de détection incendie

Documents de références

Nous réaliserons la présente étude à partir du dossier-plans conçu par le Cabinet d'études ANSWER' architectes pour ce projet.

IV.2 DESCRIPTION SOMMAIRE

Notre ouvrage, implanté sur une superficie de 975 m², le projet concerne la construction d'un immeuble R+4 extensible à R+6 comprenant :

- RDC : six (6) bureaux et quatre (4) boutiques
- R+1 à R+3 : dix-huit (18) bureaux
- R+4 : Sept (7) appartements de d'une chambre, toilette etc.

Suivant le plan cadastral, l'immeuble sera accessible par rue non dénommée. La circulation intérieure verticale sera assurée par deux escaliers et un ascenseur desservant tous les niveaux.

IV.3 CLASSEMENT

IV.3.1 Calcul de l'effectif

Nous estimerons l'effectif du public comme suit :

- Boutiques : 02 personnes par m² sur le tiers de la surface, soit 83 personnes ;
- Bureaux : 02 personnes par bureau, soit 48 personnes ;
- Appartements : 02 personnes par chambres, soit 14 personnes.

L'ensemble nous donne un total de 145 personnes pour l'ensemble de l'immeuble.

IV.3.2 Classement

Selon la réglementation en vigueur en matière de sécurité incendie au Burkina Faso, l'immeuble est classé établissement à usage mixte comportant des établissements recevant du public (ERP) du type M (magasins de vente) de la 5^{ème} catégorie (effectif inférieur à 200 personnes) et habitations de la 3^{ème} famille B.

IV.4 PRESCRIPTIONS GENERALES

IV.4.1. Résistance au feu des structures et planchers

Les éléments porteurs verticaux de l'immeuble seront stables au feu de degré une heure (1h) tandis que les planchers seront coupe-feu de degré deux heures (2h).

IV.4.2 Isolement par rapport aux tiers

La façade de l'immeuble située vis-à-vis d'un bâtiment tiers sera coupe-feu de degré une heure et les baies seront obturées par les éléments pare-flammes de degré une demi-heure (si la distance séparant les bâtiments est inférieure à 8m)

IV.4.3 Accessibilité des façades et desserte

L'implantation de l'immeuble doit permettre une façade accessible (ceci permettant aux services d'incendie et de secours d'intervenir à tous les niveaux recevant du public en cas de trouble). La façade de l'établissement sera desservi par une « voie échelle » (largeur 4m, bandes réservées au stationnement exclues) et cette voie sera distante de moins de 50m des accès aux escaliers.

IV.4.4 Couverture

La couverture sera réalisée en matériaux classés Mo ou en matériaux classés M1 à M3 posés sur support continu en bois ou aggloméré de fibres ou particules de bois ou en matériaux reconnus équivalents.

IV.4.5 Résistance à la propagation verticale du feu

La règle du C+D suivante sera appliquée aux façades de l'immeuble. Les valeurs C et D seront liées par une des relations ci-dessous en fonction de la masse combustible mobilisable.

C+D supérieur ou égal à 0.60 m si M est inférieur ou égal à 25M.J / m² ;

C+D supérieur ou égal à 0.80 m si 25 M.J / m² inférieur à M et M inférieur ou égal à 80 M.J / m² ;

C+D supérieur ou égal à 1.10 m si M est supérieur à 80M.J / m²

C exprimé en mètre étant la distance verticale entre le haut d'une baie et le bas de la baie qui lui est superposée lorsque la façade est en maçonnerie traditionnelle, ou la valeur de l'indice caractéristique des panneaux de façades vitrés.

D exprimé en mètre étant la distance horizontale entre le plan des vitres et le nu de la plus grande saillie de l'obstacle résistant au feu qui sépare les murs ou les panneaux situés de part et d'autres du plancher ;

M exprimé en M.J / m² étant la masse combustible et mobilisable de la façade à l'exclusion des menuiseries, fermetures et garde-corps, rapportée au m² de façade, baies comprises. Dans le cas de maçonnerie traditionnelle, cette masse est nulle.

Pour l'application de cette règle, il est tenu compte des offices d'entrée d'air de ventilation dont la section ne dépasse pas 200 cm².

IV.4.6 Dégagements

- Les escaliers auront des parois coupe-feu 1 heure et les portes d'intercommunication entre eux et les locaux seront pare-flammes ½ heure, munis de ferme porte et avec une hauteur maximale de 2.20 m.
- L'ouverture de ces portes se fera dans le sens de la sortie.
- Les volumes d'escalier ne comporteront aucun conduit présentant des risques d'incendie ou d'enfumage à l'exception des canalisations électriques propres aux escaliers.
- Les dégagements (circulations, escaliers, sorties) seront balisés par une signalisation lumineuse de BAES.

IV.4.7 Ventilation – Désenfumage

- Les escaliers comporteront en partie haute de l'étage le plus élevé un dispositif, fermé en temps normal, permettant une ouverture d'un mètre carré pour l'évacuation des fumées en cas d'incendie.
- La commande de ce dispositif sera installée au RDC, à proximité ou dans l'escalier.
- Cette commande sera réservée exclusivement aux pompiers et aux personnes habilitées (essais, entretien).
- Le désenfumage des circulations horizontales sera assuré par le tirage naturel (amenée d'air frais en partie basse et évacuation d'air vicié en partie haute).

IV.4.8 Electricité

- Les installations électriques seront conformes aux normes les concernant, notamment celle citée au Chapitre 1-2.
- Il ne sera fait usage par conséquent que de canalisations ne propageant pas la flamme.
- Elles seront réalisées, entretenues et vérifiées régulièrement par un organisme ou technicien agréé.
- Les défauts des appareils et les défauts d'isolement doivent être réparés dès leur constatation.

IV.4.9 Eclairage de sécurité

L'immeuble sera équipé d'un éclairage de sécurité de type C, alimenté soit par des blocs autonomes d'éclairage de sécurité (BAES), soit un groupe électrogène.

IV.4.10 Gaz

Les installations de gaz dans les habitations répondront aux normes de sécurité les concernant, notamment :

- Les bouteilles seront placées dans un endroit protégé et largement ventilé.
- Le système de coupure du gaz sera facilement accessible
- Le changement de flexible respectera la date de péremption
- Les installations seront réalisées par un technicien ou un organisme compétent et agréé.

IV.5. PRESCRIPTIONS RELATIVES AUX MOYENS DE SECOURS

IV.5.1 Moyens d'extinction

La défense contre incendie sera assurée par :

- Des extincteurs portatifs à eau pulvérisée de 06 litres minimum, placés de façon que la distance maximale à parcourir pour atteindre un, ne dépasse pas 15m.
- Des extincteurs appropriés aux risques particuliers (à poudre polyvalente pour le local électrique, le groupe électrogène et le garage véhicules, à CO2 pour les équipements tels que télévision, ordinateurs, imprimantes, copieurs etc.)

- Une colonne sèche de 65 mm par escalier, munie d'une prise de 40 mm par niveau
- Un poteau d'incendie (DN 100, avec une sortie de 100 mm et deux sorties de 65 mm) placé à l'entrée de l'établissement.

IV.5.2 Détection automatique d'incendie

Des détecteurs automatiques d'incendie de type autonome seront placés dans les chambres.

IV.5.3 Système d'alarme

L'établissement sera équipé d'un système d'alarme du type 3 (une seule zone de diffusion et pas de temporisation) comprenant :

- Des déclencheurs manuels placés dans les circulations (au niveau des escaliers) à 1.50 m environ au sol ;
- Un ou plusieurs blocs autonomes d'alarmes sonores (BAAS) de type Ma (manuel), installés à une hauteur minimale de 2.25 m ;
- Un dispositif de commande de mise en arrêt

L'action sur un seul déclencheur entraînera le fonctionnement de tous les BAAS de l'immeuble.

IV.5.4 Service sécurité incendie

Le personnel assurant la surveillance de l'immeuble sera formé à la conduite à tenir en cas d'incendie.

IV.5.5 Alerte

La liaison avec les sapeurs-pompiers sera assurée par téléphone urbain.

IV.6 CONSIGNES

- Des consignes, affichées bien en vue, indiqueront le numéro d'appel des sapeurs-pompiers et les dispositions à prendre en cas d'incendie.
- Il sera interdit de fumer dans les boutiques. Cette prescription sera affichée bien en vue.
- Une visite de sécurité incendie sera effectuée tous les 3 ans par les services compétents.
- Une demande d'autorisation d'ouverture sera formulée et une visite de réception sera effectuée par la commission de sécurité compétente avant l'ouverture de l'établissement.

V. ECLAIRAGE

V.1 GENERALITES ET LES ENJEUX

A l'heure actuelle, le changement climatique avec ses obligations relevant du protocole de Kyoto et la forte dépendance communautaire des approvisionnements extérieurs, rend de plus en plus aigus les problèmes de consommations énergétiques en Afrique en général et dans les villes africaines en particulier.

Un certain nombre de points démontrent que, par la prise en compte des besoins des usagers, des paramètres de dimensionnement du projet d'éclairage et des pratiques appropriées en phase de conception et d'exploitation des installations d'éclairage, on peut atteindre des performances énergétiques satisfaisantes et ainsi rendre l'exploitation d'un immeuble économique. C'est dans cette optique que nous nous baserons pour dimensionner la consommation de cet immeuble en vue d'acheter un groupe électrogène.

V.1.1 Règlementations et recommandations

Dans le cadre de dimensionnement de l'éclairage de cet établissement, nous nous basons sur certaines Normes et Règlementation en vigueur. Les prescriptions pour les installations d'éclairage des lieux de travail intérieurs (NFEN 12464-1 et ISO 8995/CIE 8008) et des lieux de travail extérieurs (projets de normes EN 12464-2 et CIE DS 015.2) répondent aux besoins de performance et de confort visuel. Ces normes spécifient la qualité et la quantité d'éclairage nécessaires pour que les tâches visuelles soient assurées avec précision sur les lieux de travail. Ces prescriptions indiquent les données du tableau suivant :

Réglementation et normes	Norme EN 12 464-1		RT 2005
	Eclairement moyen à maintenir	IRC	Pecref
Bureau (poste de travail)	500 lux	80	12 W/m ²
Salle de réunion	500 lux	80	12 W/m ²
Salle de classe	500 lux	80	12 W/m ²
Chambre (établ. de santé)	100 lux	80	12 W/m ²
Circulation	100 lux	40	12 W/m ²
Stockage (occup. temporaire)	100 lux	60	10 W/m ²
Stockage (occup. permanente)	200 lux	60	10 W/m ²
Commerce : zone de vente	300 lux	80	3 W/m ² /100lux
Commerce : zone de caisse	500 lux	80	12 W/m ²
Gymnase	300 lux	80	10 W/m ²

Sur les lieux de travail, la norme NF EN 12464-1 définit un triplet d'exigences auquel doit satisfaire une installation d'éclairage pour que la tâche visuelle des personnels s'effectue dans de bonnes conditions. Trois critères formalisent la norme :

Tableau 2 : Puissance d'éclairage de référence par m² (Pecref) d'après la NF EN 12464-1

V.1.2 Classification des luminaires et les sources lumineuses

Conformément à la norme NF S 40.001, la répartition photométrique d'un luminaire est caractérisée par les flux partiels qu'il envoie dans certaines régions de l'espace. La connaissance de ces flux permet de classer les luminaires.

La norme NF C 71-121 (mai 1993) définit ce classement selon 11 familles, du plus intensif au plus extensif. Chaque famille étant identifiée par une lettre de l'alphabet (« A » à « J » pour les luminaires à éclairage direct et « T » pour les luminaires à éclairage indirect).

Les luminaires ayant une double répartition, direct et indirect se voient donc attribuer une double classe X + T. Ceux-ci ressortent dans le tableau suivant :

Tableau 3 : Type de luminaires suivant le local destiné

	Type	Classe photo-métrique
Bureau	Luminaire fonctionnel (plafonnier, suspension) pour tube fluorescent ; Optique (très) basse luminance	A, B, T
Salle de réunion	Luminaire fonctionnel (plafonnier, suspension) pour tube fluorescent ; Optique (très) basse luminance Luminaire architectural (encastré)	A, B ou autre
Salle d'enseignement	Luminaire fonctionnel pour tube fluorescent (plafonnier, suspension) ; Optique (très) basse luminance Luminaire fonctionnel pour lampe à décharge (si hauteur > 6m) Eclairage du tableau : luminaire asymétrique	A, B, C
Gymnase	Rail d'éclairage pour tubes fluorescents, protégé contre les chocs par une grille Projecteur pour lampe à décharge (si h > 6m) protégé contre les chocs par une grille	D et plus
Chambre de malade	Luminaire fonctionnel (plafonnier, suspension) pour tube fluorescent Luminaire d'appoint pour lecture et soins (intégré à gaine technique)	C
Commerce	Luminaire fonctionnel ou système de rail pour tubes fluorescents Luminaire architectural (encastré, spot)	Tous possibles
Stockage	Luminaire fonctionnel ou système de rail pour tubes fluorescents Luminaire fonctionnel pour lampe à décharge (si hauteur > 6m)	D
Circulation	Luminaire fonctionnel pour tubes fluorescents (plafonnier) Luminaire architectural (encastré)	C ou D

Il convient pour nous de faire sortir un état comparatif des lampes les plus performantes pouvant servir de base de décisions dans le choix de nos lampes.

Tableau 4 : Puissance des lampes

7- LES SOURCES LUMINEUSES PERFORMANTES					
	INCANDESCENCE		DECHARGE		NATUREL
	Standard	Halogène	Fluocompacte	Haut rendement	Rayonnement naturel diffus
Efficacité lumineuse	10 à 15 lm/W	16 à 19 lm/W	44 à 65 lm/W	80 à 93 lm/W	100 à 150 lm/W
Puissance	40 à 200 W	100 à 1000 W	5 à 25 W	14 à 58 W	
Durée de vie	1 000 h	2 000 h	10 000 h	8 000 h	3 à 4 Mds d'années

○ Standard ● Halogène ● Fluocompacte ● Haut rendement ● Rayonnement naturel diffus

V.1.3 Gestion de l'éclairage dans le bâtiment

Une proposition de la gestion de l'éclairage dans cet immeuble sera assurée par les interrupteurs à commande manuelle qui est la solution de base. Une modification du système de gestion sera faite après l'analyse des factures de la première année d'exploitation.

V.1.4 Eclairage autonome de sécurité et de remplacement

L'éclairage d'évacuation permettant à toute personne d'accéder à l'extérieur, à l'aide des foyers lumineux assurant notamment la reconnaissance des obstacles et l'indication des changements de direction.

Il est installé dans :

- les couloirs et les dégagements avec un maximum de 15 m entre chaque bloc
- Au-dessus de chaque porte de sortie ou de secours
- Au-dessus de chaque obstacle et chaque changement de direction du chemin d'évacuation.

Les blocs d'évacuations doivent avoir un flux lumineux au moins égale à 45 lumens

Ambiance/anti-panique

- L'éclairage d'ambiance est installé dans chaque niveau du parking. Il assure un éclairage uniforme et une bonne visibilité afin d'éviter les mouvements de panique.

La distance entre deux foyers lumineux doit être égale au plus égale à 4 fois la hauteur de l'installation. Chaque local doit être éclairé par deux foyers lumineux.

V.2 DIMENSIONNEMENT

Il s'agit pour nous de dimensionner les équipements électriques de cet immeuble. Ainsi, cela consistera à déterminer le nombre de luminaires équipés de tubes fluorescents alimentés par des ballasts électroniques graduables dans les locaux et autres espaces puis dans les dégagements et escaliers.

Vu sa grande importance pour le fonctionnement des équipements électriques du bâtiment, il a été jugé très utile de déterminer la puissance électrique totale en vue de souscrire une puissance à la SONABEL ou de procéder à l'achat d'un groupe électrogène convenable.

Nous nous baserons sur les données référentielles des normes relatives à l'éclairage dans les bâtiments pour faire ce dimensionnement.

Ce référant aux normes EN 12 464-1 qui fixe la puissance d'éclairage de référence (Pecref) dans les chambres, bureaux et boutiques à **12 W/m²**, nous déterminons la puissance totale suivante.

RDC y compris dégagements et autres: $S=414 \text{ m}^2$ Puissance= $414 \times 12 = 4968 \text{ W}$

(R+1) + (R+2) + (R+3): $S=1329,3 \text{ m}^2$ Puissance= $1329,3 \times 12 = 15951,6 \text{ W}$

R+4: $S=267,89 \text{ m}^2$ Puissance= $267,89 \times 12 = 3214,68 \text{ W}$

Puissance totale= $4968 + 15951,6 + 3214,68 = 24134,28 \text{ W}$

P_{totale}=24,134 KW

Choisissant les luminaires équipés de tubes fluorescents de (2x40W) comme lampes, nous aurons :

302 tubes fluorescents pour l'ensemble de l'immeuble

V.3 CLIMATISATION

Le Burkina étant un pays du sahel, le besoin en climatisation est nécessaire afin de modifier, contrôler et réguler les conditions climatiques (température, humidité, niveau de poussières, etc.) dans les locaux pour des raisons de confort. Pour le dimensionnement de la puissance totale des climatiseurs à installer dans l'immeuble, les escaliers, les ascenseurs et endroits couverts, nous nous baserons sur les ratios par m² du tableau de la répartition sectorielle de climatisation centralisée en France et d'autres pays pour estimer la charge.

Répartition sectorielle des installations de climatisation centralisée en France
(en % de surface climatisée) [11]



Quelques chiffres de consommation d'énergie dans le bâtiment

Ratios moyens dans le résidentiel

- électricité spécifique : 20.5 kWh/m²
- chauffage et eau chaude : 168 kWh/m²

Ratios moyens dans le tertiaire

- tous usages : 230 kWh/m²
- chauffage et eau chaude : 130 - 180 kWh/m²
- éclairage bureaux : 45 - 65 kWh/m²

Ratios propres à la climatisation dans les bureaux

- Charges d'été : 40 - 80 W/m²
- Consommations annuelles : 25 - 50 kWh/m²

Dans d'autres secteurs du tertiaire, ces derniers chiffres peuvent être beaucoup plus importants (jusqu'à 400 W/m² dans des hôtels internet).

Tableau 5: Répartition sectorielle des installations de climatisations (sources:<http://www-cep.ensmp.fr/francais/themes/syst/html/cles.htm>)

Tableau 6 : Puissance de référence par m² pour la climatisation

Charges moyennes d'été = 45 W/m²

RDC y compris dégagements et autres: S=414 m² Puissance=414x45= 18630 W

(R+1) + (R+2) + (R+3): S=1329, 3 m² Puissance=1329.3x45=59818.5 W

R+4: S=267,89 m² ; Puissance=267,89x45=12055,05 W

Puissance totale=18630+59818,5+12055,05=90503,55 W

P_{totale}=90,504 KW

V.3.1 Evaluation du Bilan Thermique de l'immeuble

Le calcul du bilan thermique de climatisation et d'éclairage nous permettra de déterminer la puissance de l'installation qui pourra répondre aux critères demandés.

Le circuit électrique et de climatisation de tous les niveaux donnent :

P_{totale éclairage} = 24,134 KW et P_{totale climatisation} = 90,504 KW

Le bilan de puissance totale qui prend en compte toutes les charges électriques de l'immeuble qui est de **140** avec une marge de 20% de plus pour l'ascenseur et autres soit environ **145 KVA**.

Nous estimons que le groupe électrogène capable d'assurer le fonctionnement de tous les équipements terminaux de l'immeuble est d'environ **200 KVA**.

V.3.2 Le courant d'emploi

Le courant total d'emploi appelé

$$I_b = \frac{S_T}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,8} = \frac{145000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,8} = 276 \quad \mathbf{I_b = 276 \text{ A}} \text{ à répartir dans les différents niveaux.}$$

VI. ASSAINISSEMENT

L'exploitation d'un immeuble nécessite la prise en compte de plusieurs paramètres d'assainissement afin pouvoir assurer aux occupants un confort de vie. Chaque jour, l'on utilise de l'eau pour la vaisselle, la douche, la lessive, les WC, ce sont des eaux usées domestiques. Après usage, ces eaux sont polluées et doivent donc être pures avant d'être rejetées dans la nature. Dans l'optique d'assurer un environnement sain pour les occupants de ce bâtiment, nous étudierons les éléments de collecte et d'évacuation des eaux usées et de pluie.

Il s'agira de l'alimentation en eau et de l'évacuation des eaux usées et pluviales.

VI.1 Alimentation en eau

Le calcul de l'alimentation en eau du bâtiment est fait par une distribution basée sur les vitesses.

VI.1.a-Evaluation des débits nécessaires d'alimentation de l'immeuble

Nous avons respectivement au RDC et de R+1 à R+5. Les niveaux R+1 à R+5 seront identiques. Le tableau ci-dessous donne les différents équipements et débits.

Avec : k : coefficient de simulation $k = \frac{1}{(x-1)}$ avec x = nombre de robinets

$$Q = kq_i$$

Tableau 7 : Assainissement ; tableau des équipements et leurs débits

Niveaux	Équipements	Nombre de robinets	Débits de base (l/s)	Débit total (l/s)	Coefficient (k)	Débit Q ((l/s))	Diamètre intérieur (mm)
RDC	WC avec robinet de chasse	9	1,5	13,5	1	15,8	10
	Robinet	2	0,7	1,4			10
	Lave mains	9	0,1	0,9			13
	Douche	0	0,25	0			12
Total				15,8			
R+1	WC avec robinet de chasse	7	1,5	10,5	1	13,1	10
	Robinet	2	0,7	1,4			10
	Lave mains	7	0,1	0,7			13
	Douche	2	0,25	0,5			12
Total				13,1			
R+2 & R+3	WC avec robinet de chasse	14	1,5	21	0,58	15,196	10
	Robinet	4	0,7	2,8			10
	Lave mains	14	0,1	1,4			13
	Douche	4	0,25	1			12
Total				26,2			
R+4	WC avec robinet de chasse	11	1,5	16,5	0,32	8,976	10
	Robinet	11	0,7	7,7			10
	Lave mains	11	0,1	1,1			13
	Douche	11	0,25	2,75			12
Total				28,05			
Total du bâtiment				83,15		53,072	

Vérification de la pression de service

Nous considérons :

- **P** : étant la pression de service de la canalisation publique. Les pressions de service varient entre 10m et 50m au-dessus du sol. Il s'agit de la pression de service à l'heure de pointe;
- **h** la hauteur au-dessus du sol de la voie publique du plancher du dernier étage alimenté, dans le cas de notre bâtiment, **h = 20,10 m**
- **A** : la hauteur d'eau variable avec l'équipement du dernier étage suivant qu'il possède pour notre bâtiment, nous prenons la hauteur de colonne de douche qui est à **18,3 m**

Le calcul doit vérifier la condition suivante: $P \geq 1,7h + A$

Ainsi donc $1,7 \times h + A = 1,7 \times 20,10 + 18,3 = 52,47 \text{ m ce} > 50 \text{ m ce}$.

La pression de service ne peut pas alimenter le bâtiment il faut donc installer un supprimeur.

VI.1.b-Détermination du diamètre de la canalisation

Choix du diamètre

Le dimensionnement des canalisations d'un réseau à créer se fera par la détermination du diamètre qui transitera le débit demandé avec la vitesse $V = 2.00 \text{ m/s}$.

$$Q = V \times S = \frac{V \times \pi D^2}{4} \text{ D'où } D = \left(\frac{4 \times Q}{\pi \times V} \right)^{0.5}$$

D est le diamètre de la conduite du réseau. Avec **Q = 53,07 l/s** **D = 183 mm**

Choix : **D = 220mm** afin assurer une meilleure montée d'eau

VI.2 Evacuation des eaux usées et pluviales

Conformément au DTU 20.12 et DTU de la série 43, les sections de basse pente des conduits sont indiquées en fonction de la surface en plan de toiture pour les eaux pluviales.

Nous avons prévu des descentes d'eau pluviales en PVC 150mm. Ceux-ci dirigeront les eaux vers un égout pluvial. Afin de pouvoir collecter les eaux vannes facilement possible et desservir les différents locaux du bâtiment, les eaux arriveront dans les sanitaires par les tuyaux PVC de diamètre 100/120mm. La chute de ces différentes eaux depuis le dernier niveau sera assurée par des tuyaux PVC de diamètre 125mm. L'évacuation des eaux vannes sera assurée par des tuyaux PVC de diamètre 125mm elles seront acheminées par des tuyaux PVC de diamètre 70mm.

VII. PLANNING DE TRAVAUX ET DEVIS

La réalisation ou la mise des travaux de ce R+4 nécessite une bonne préparation et organisation basée sur un planning d'exécution des travaux. Pour cela, l'élaboration de planning, il a été déterminé la durée de chaque tâche (tableau en annexe) en se basant sur le rendement en temps unitaire par personne (h/jr). Le planning de GANTT est approprié pour ce type de travaux. La durée totale des travaux est de 1903 jours. En estimant une moyenne vingt (20) journaliers tout travaux (personnes) en permanence sur le chantier pour les travaux, nous avons un délai d'exécution de **six (6) mois** total. (Voir planning annexe)

Le devis estimatif de cet ouvrage nous donne le coût de projet évalué à **CINQ CENT QUATRE VINGT MILLIONS SEPT CENT QUATRE VINGT TROIS MILLE HUIT CENT QUATORZE FRANCS (580 783 814)**. (Voir devis estimatif annexe VII)

CONCLUSION

Je dois avouer que je suis satisfait d'avoir effectué ce stage. D'un point de vue professionnel, l'analyse et le dimensionnement d'un projet dans sa totalité donne de la responsabilité aux futures Ingénieurs que nous sommes. J'ai pu constater qu'une bonne cohésion de l'équipe est indispensable à son bon fonctionnement, et cela fait son efficacité, et qu'un environnement de travail agréable y contribue considérablement. J'ai été ravi de pouvoir analyser et dimensionner ce projet de construction de l'immeuble R+4 extensible en R+6 car ceci m'a permis à travers ce dimensionnement manuel de toucher toutes les facettes de dimensionnement susceptible de se retrouver tout au long de mon parcours professionnel.

J'aurais souhaité découvrir tous les aspects du bureau d'études ainsi que travailler sur une affaire complète jusqu'au suivi, mais la durée du stage étant de douze semaines, il n'a pas été possible de traiter une affaire dans son intégralité et procéder à des visites de chantier afin de m'imprégner des difficultés liées à la pratique.

Le projet que j'ai étudié m'a permis de voir tous les aspects de dimensionnement, l'utilisation du logiciel Graitec m'a aussi permis de comparer sur le plan personnel certains résultats afin de comparer les résultats et conclure sur les aspects économiques de dimensionnement.

ANNEXE

Figure 10 : Annexe ; Vue en façade principale et latérale

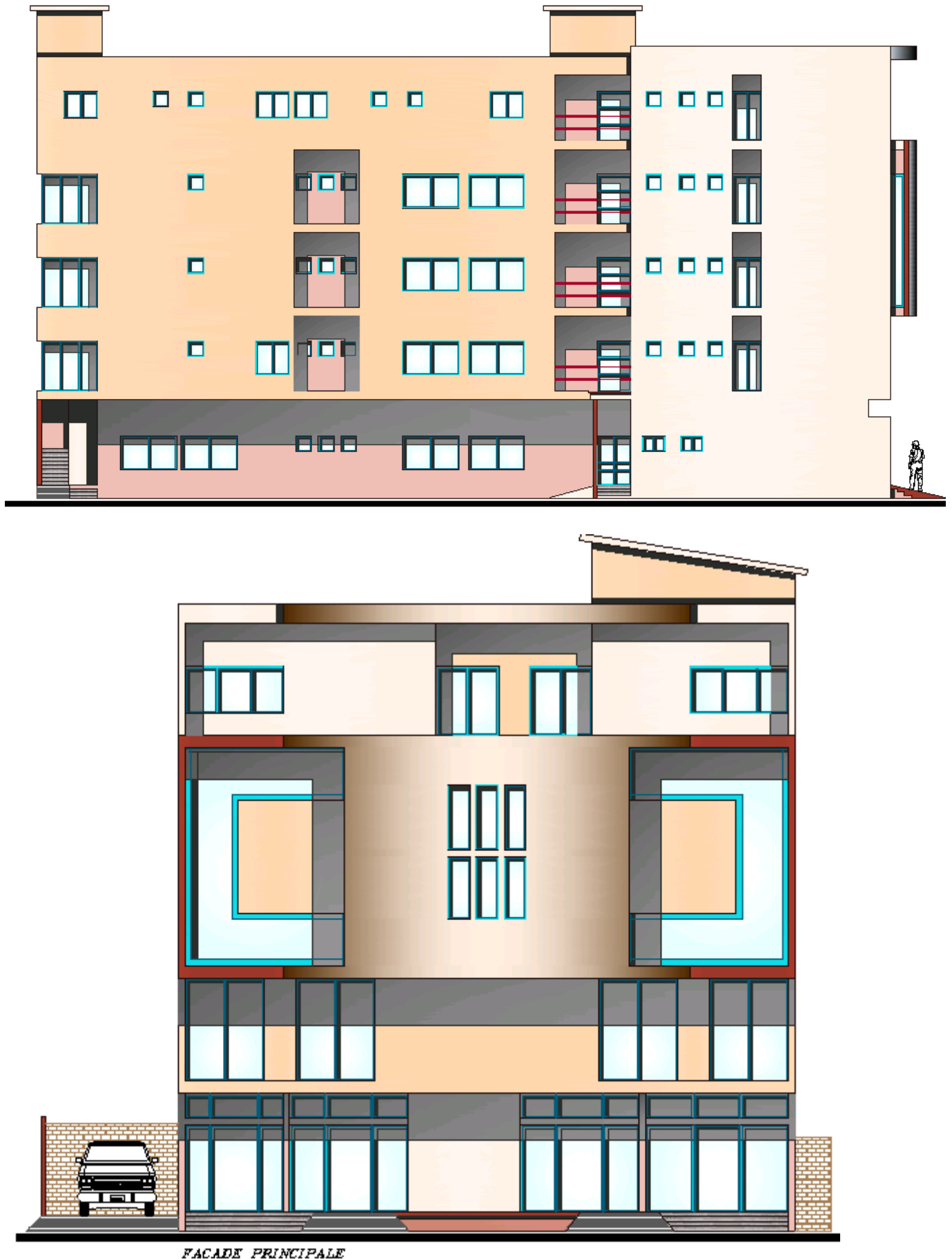


Figure 11 : Annexe ; schémas fosse septique

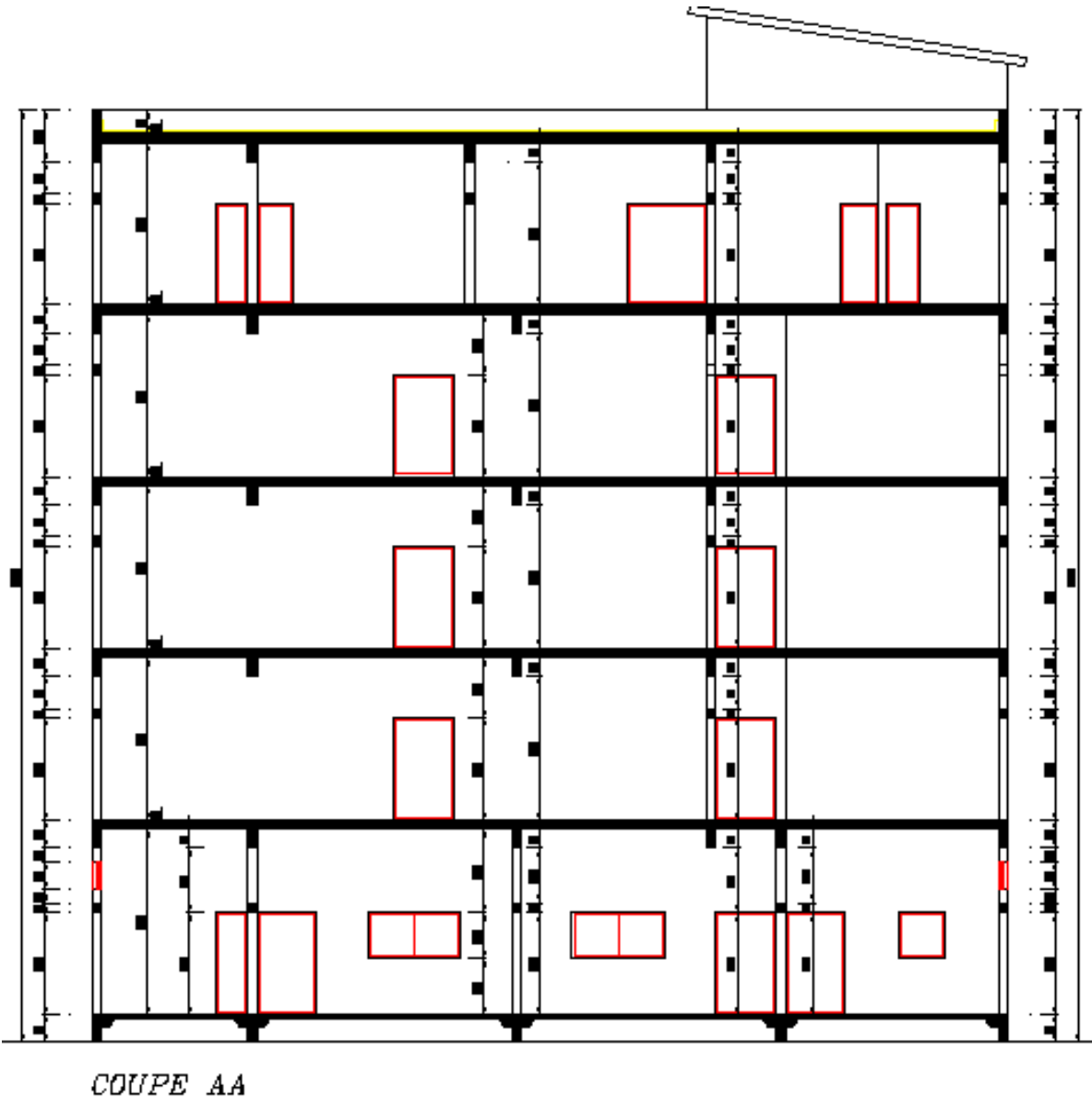
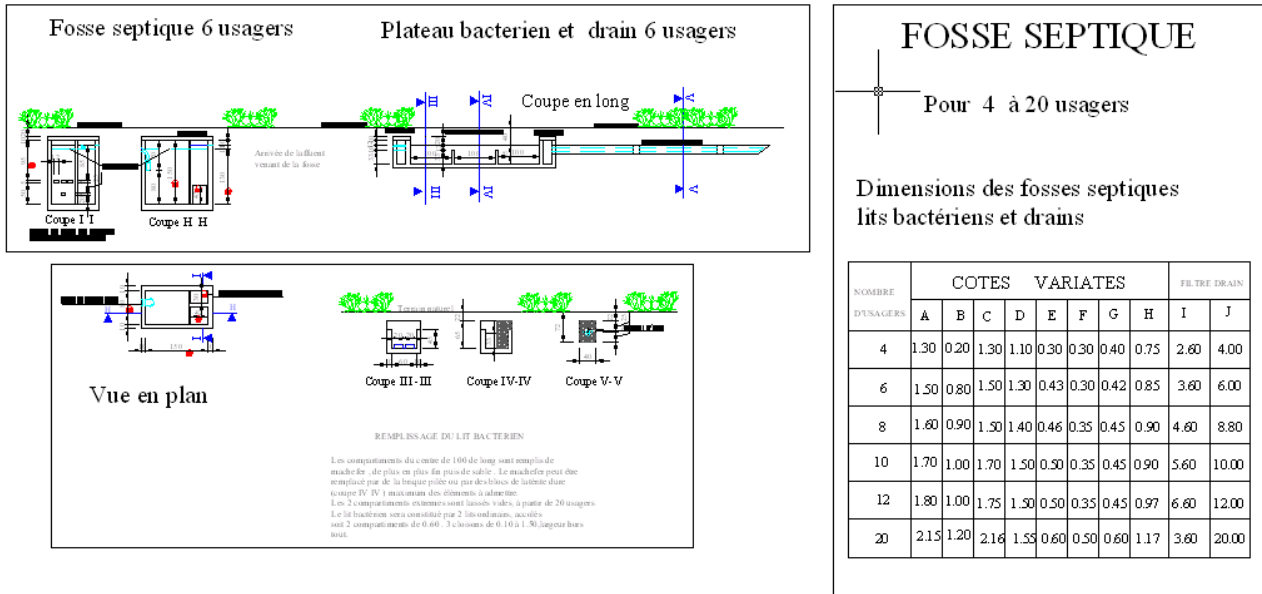
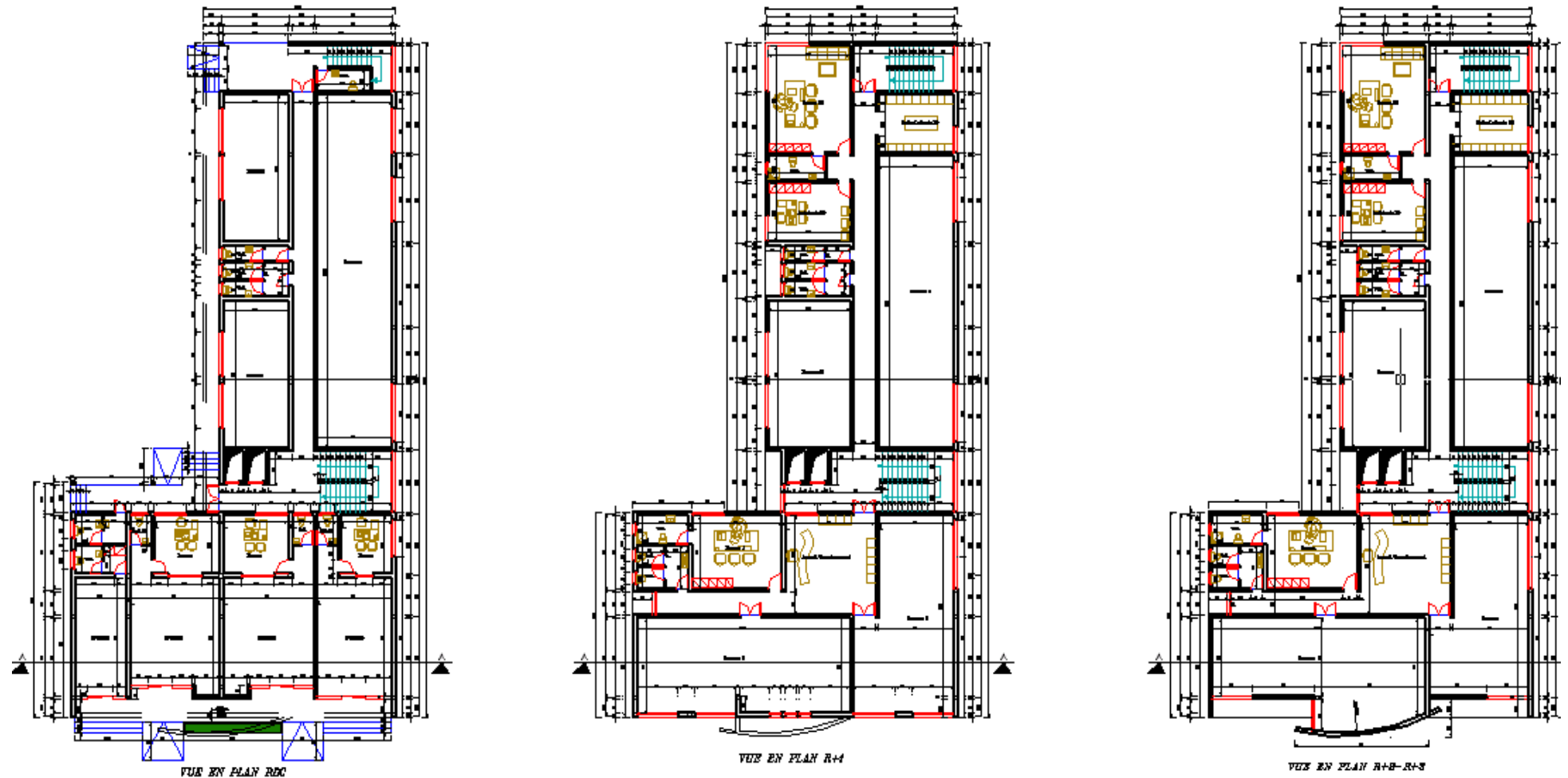
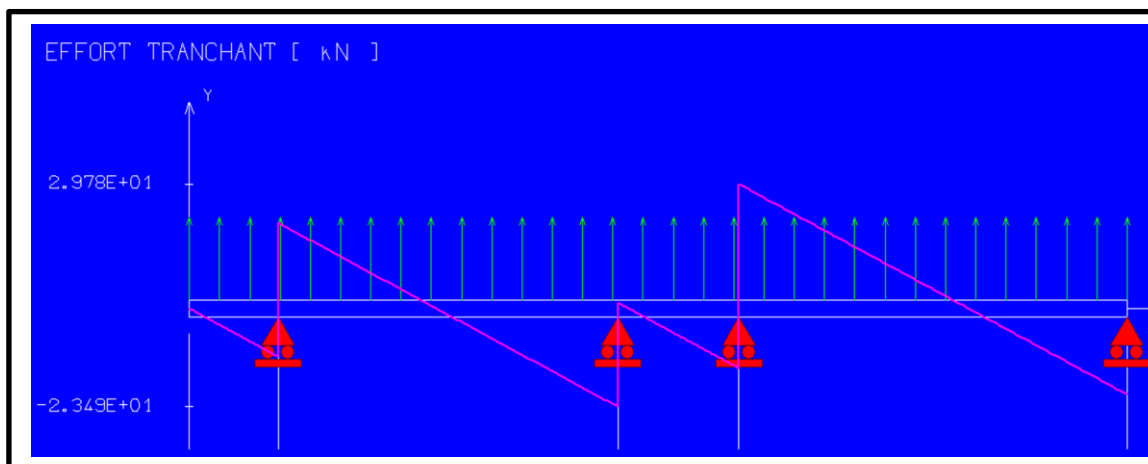
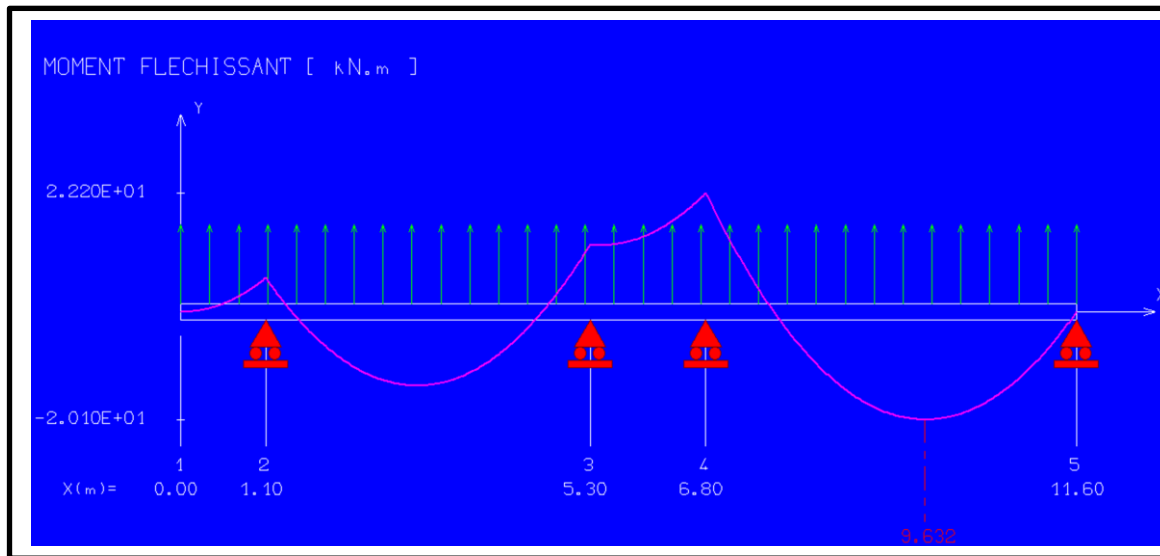


Figure 12 : Vue en plan des niveaux



Détails de calcul de la poutrelle

Figure 13 : Annexe ; Diagramme des moments et efforts tranchant de la poutrelle



⇒ **En travée :**

$$M_{tx} = 20,10 \text{ KN.m et } d = 0,9h = 17,10 \text{ cm}$$

Calcul du moment réduit

$$\mu_u = \frac{M_{tx}}{b x d^2 x f_{bu}} = \frac{0,02010}{0,6 x 0,171^2 x 11,33} = 0,101 \quad \mu_u = 0,101 \leq 0,186 \text{ Pivot A}$$

Calcul du paramètre de déformation α_u

$$\alpha_u = 1,25 \times [1 - V(1 - 2 \mu_u)] = 1,25 \times [1 - V(1 - 2 \times 0,101)] = 0,133 \quad \alpha_u = 0,133$$

$$\alpha_u = 0,133 \leq 0,259 \text{ Nous sommes dans le pivot A}$$

La section d'acier

$$A_{stx} = \frac{M_u}{[d \cdot 1 - 0,4\alpha_u \cdot x_{fsu}]} = \frac{0,02010}{[0,171 \times 1 - 0,4 \times 0,133 \times 435]} = 0,000285 \quad A_{stx} = 2,79 \text{ cm}^2$$

$$A_{st} = 2,85 \text{ cm}^2 \text{ Soit } 2\text{HA}12 + 1\text{HA}10 \approx 3,045 \text{ cm}^2$$

Aux appuis

$$M_{ua} = 22,20 \text{ KN.m et } d = 0,9h = 17,1 \text{ cm}$$

Calcul du moment réduit

$$\mu_u = \frac{M_{ua}}{b \cdot x_d^2 \cdot x_{fbu}} = \frac{0,02220}{0,60 \times 0,171^2 \times 11,33} = 0,112 \quad \mu_u = 0,112 \leq 0,186 \text{ Pivot A}$$

Calcul du paramètre de déformation α_u

$$\alpha_u = 1,25 \times [1 - V(1 - 2\mu_u)] = 1,25 \times [1 - V(1 - 2 \times 0,112)] = 0,149 \quad \alpha_u = 0,149$$

$$\alpha_u = 0,149 \leq 0,259 \text{ Nous sommes dans le pivot A}$$

La section d'acier

$$A_{sta} = \frac{M_{ua}}{[d \cdot 1 - 0,4\alpha_u \cdot x_{fsu}]} = \frac{0,0222}{[0,171 \times 1 - 0,4 \times 0,149 \times 435]} = 0,00030 \quad A_{sta} = 3,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{sta} = 3,07 \text{ cm}^2 \text{ Soit } 2\text{HA}14 \approx 3,08 \text{ cm}^2$$

DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Condition de non fragilités :

$$A_{\min} = (0,23 \cdot b \cdot d \cdot f_{t28} / f_e) = (0,23 \times 0,6 \times 0,171 \times 1,8 / 500) 10^4$$

$$A_{\min} = 0,85 \text{ cm}^2.$$

$$A_t = 1,70 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 0,85 \text{ cm}^2.$$

$$2\text{HA}12 + 1\text{HA}10 \longrightarrow A_s = 3,08 \text{ cm}^2.$$

$$A_{\min} = (0,23 \cdot b \cdot d \cdot f_{t28} / f_e) = (0,23 \times 0,12 \times 0,171 \times 1,8 / 500) 10^4$$

$$A_{\min} = 0,17 \text{ cm}^2.$$

$$A_a = 3,08 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 0,17 \text{ cm}^2.$$

$$\Rightarrow 2\text{HA}14$$

Armatures transversales :

$$\Phi_t \leq \min (\Phi_{\min} ; h/35 ; \Phi_1 ; b/10)$$

$$\Phi_t \leq \min (\Phi_{\min} = 10 \text{ mm} ; 190/35 = 5,43 ; 120/10) = 7,14 \text{ mm}.$$

$$\text{On prend } \Phi_t = 6 \text{ mm} \Rightarrow$$

Espacement des armatures transversales :

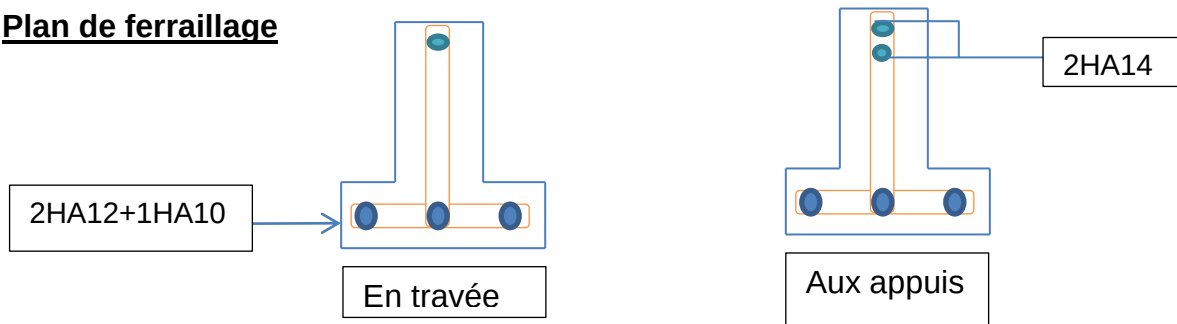
$$S_t \leq \min (0,9d ; 40 \text{ cm}) = \min (0,9 \times 17,1 = 15,39 ; 40 \text{ cm}).$$

$S_t \leq 15,39 \text{ cm}$ on prendra = 16 cm.

$S_t \leq A_{At} \cdot f_e / b_0 \cdot 0,4 = 0,754 \cdot 10^{-4} \times 235 / 0,12 \times 0,4 = 0,37 \text{ m}$

$S_t \leq 37 \text{ cm}$. On prend 20 cm.

Plan de ferrailage



Détails de calcul des poutres

Calcul des sollicitations :

Chargement

Etage courant $\rightarrow \begin{cases} G = 5,22 \text{ KN/m}^2 \\ Q = 2,5 \text{ KN/m}^2 \end{cases}$

Charge permanente : $G = 5,22 \times 6,28 = 36,74 \text{ KN/m}$

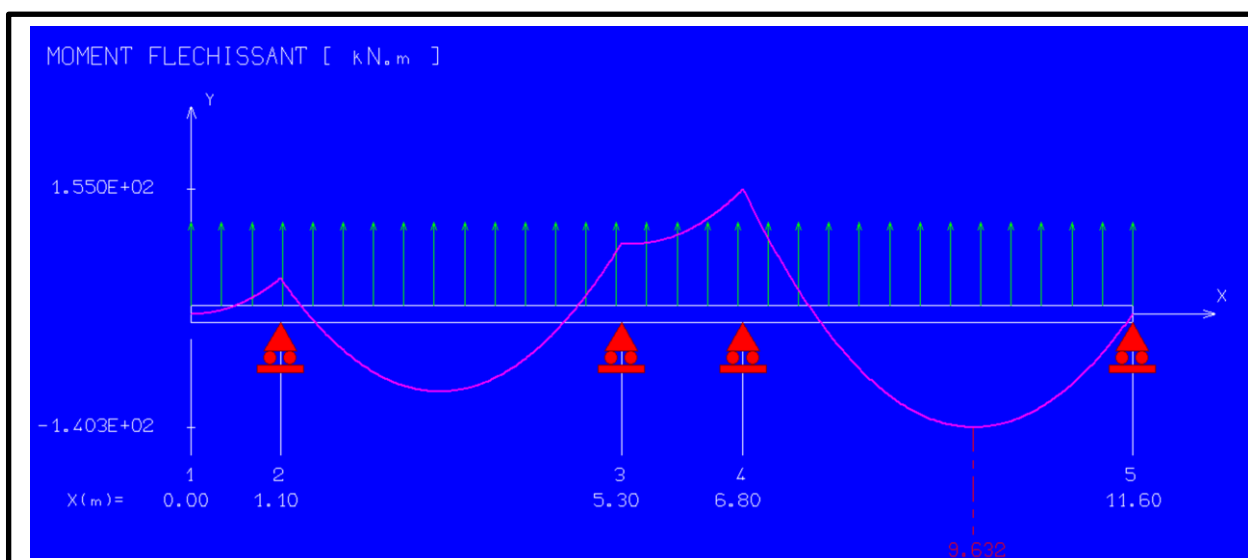
Charge d'exploitation : $Q = 2,5 \times 6,28 = 15,70 \text{ KN/m}$

Combinaison

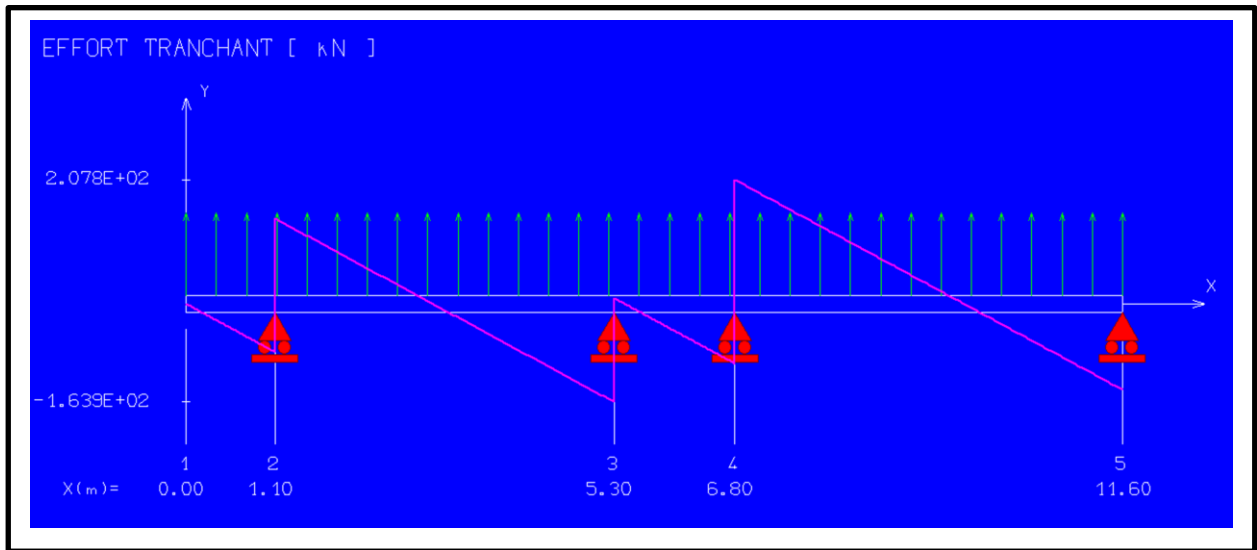
$P_u = 73,15 \text{ KN/m}$

$P_s = 52,44 \text{ KN/m}$

Figure 14 : Annexe ; Diagramme des moments fléchissant et efforts tranchant des poutres



Effort tranchant



Efforts intérieurs [kN kN.m MPa]

TY = Effort tranchant MfZ = Moment fléchissant SXX = Contrainte normale

Noeud	TY	MfZ	SXX
1	0.00	0.00	0.00
2	-80.46	44.26	71.40
2	143.30	44.26	71.40
3	-163.93	87.57	141.28
3	9.92	87.57	141.28
4	-99.81	154.99	250.05
4	207.85	154.99	250.05
5	-143.27	0.00	0.00

Moment aux appuis = 154.99 kN.m à 6.800 m

Moment en travée = 140.30 kN.m à 9.632 m

Ferraillage des poutres :

Nous utiliserons pour ce calcul le BAEL 91. Nous considérerons une poutre rectangulaire de $h=60\text{cm}$ et $b_0=30\text{cm}$.

$$M_{Ut} = 140,30 \text{ KN.m}$$

$$M_{Ua} = 154,99 \text{ KN.m}$$

Caractéristiques des matériaux :

Béton:

- ♦ $f_{c28} = 20 \text{ MPa}$.
- ♦ $f_{bu} = 0,85 \cdot f_{c28} / \gamma_d = 0,85 \times 20 / 1,5$
- ♦ $f_{bu} = 11,33 \text{ MPa}$.

Acier :

$$\sigma_{st} = f_e / \gamma_s = 500 / 1,15 = 435 \text{ MPa}.$$

⇒ En travée :

En travée

$$M_{tx} = 140,30 \text{ KN.m et } d = 0,9h = 54 \text{ cm}$$

Calcul du moment réduit

$$\mu_u = \frac{M_{tx}}{b x d^2 x f_{bu}} = \frac{0,14030}{0,3 \times 0,54^2 \times 11,33} = 0,142 \quad \mu_u = 0,142 \leq 0,186 \text{ Pivot A}$$

Calcul du paramètre de déformation α_u

$$\alpha_u = 1,25 \times [1 - V(1 - 2 \mu_u)] = 1,25 \times [1 - V(1 - 2 \times 0,142)] = 0,192 \quad \alpha_u = 0,192$$

$$\alpha_u = 0,192 \leq 0,259 \text{ Nous sommes dans le pivot A}$$

La section d'acier

$$A_{stx} = \frac{M_u}{[d \cdot 1 - 0,4 \alpha_u \cdot x_{fsu}] \cdot [0,54 \times 1 - 0,4 \times 0,142 \times 435]} = \frac{0,14030}{0,000633} \quad A_{stx} = 6,33 \text{ cm}^2$$

$$A_{stx} = 6,33 \text{ cm}^2 \text{ Soit } 6\text{HA}12 \approx 6,79 \text{ cm}^2$$

Aux appuis

$$M_{ua} = 154,99 \text{ KN.m et } d = 0,9h = 54\text{cm}$$

Calcul du moment réduit

$$\mu_u = \frac{M_{ua}}{b x d^2 x f_{bu}} = \frac{0,15499}{0,3 \times 0,54^2 \times 11,33} = 0,156 \quad \mu_u = 0,156 \leq 0,186 \text{ Pivot A}$$

Calcul du paramètre de déformation α_u

$$\alpha_u = 1,25 \times [1 - V(1 - 2 \mu_u)] = 1,25 \times [1 - V(1 - 2 \times 0,156)] = 0,213 \quad \alpha_u = 0,213$$

$$\alpha_u = 0,213 \leq 0,259 \text{ Nous sommes dans le pivot A}$$

La section d'acier

$$A_{sta} = \frac{M_{ua}}{[\sigma_d \cdot 1 - 0,4\alpha_u \cdot x_{fsu}]} = \frac{0,15499}{[0,54 \times 1 - 0,4 \times 0,213 \times 435]} = 0,000721 \quad A_{sta} = 7,21 \text{ cm}^2$$

Asta = 7,21 cm² Soit 5HA14 ≈ 7,70 cm

DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES

Condition de non fragilités :

$$A_{min} = (0,23 \cdot b \cdot d \cdot f_{t28} / f_e) = (0,23 \times 0,3 \times 0,54 \times 1,8 / 500) 10^4$$

$$A_{min} = 1,34 \text{ cm}^2.$$

$$A_t = 6,790 \text{ cm}^2 > A_{min} = 1,34 \text{ cm}^2.$$

6HA12 → A_s = 6,79 cm². (En travée)

$$A_{min} = (0,23 \cdot b \cdot d \cdot f_{t28} / f_e) = (0,23 \times 0,30 \times 0,54 \times 1,8 / 500) 10^4$$

$$A_{min} = 1,34 \text{ cm}^2.$$

$$A_a = 7,21 \text{ cm}^2 > A_{min} = 1,34 \text{ cm}^2.$$

5HA14 → A_a = 7,70 cm² (Sur appuis)

Armatures transversales :

$$\Phi_t \leq \min (\Phi_{min} ; h/35 ; \Phi_1 ; b/10)$$

$$\Phi_t \leq \min (\Phi_{min} = 8 \text{ mm} ; 600/35 = 17,14 ; 300/10) = 7,14 \text{ mm}$$

On prend $\Phi_t = 8 \text{ mm} \Rightarrow$

Espacement des armatures transversales :

$$S_t \leq \min (0,9d ; 40 \text{ cm}) = \min (0,9 \times 54 = 48 ; 40 \text{ cm}).$$

$S_t \leq 40 \text{ cm}$ on prendra = 20 cm.

Même procédure pour le calcul de la poutre secondaire.

Devis quantitatif et estimatif

Tableau 8 : Annexe ; Devis quantitatif et estimatif

PROJET DE CONSTRUCTION D'UN IMMEUBLE R+4 EXTENSIBLE A R+6					
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF					
N°	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	Qtité	P. U	P.T
I- TRAVAUX PREPARATOIRES					
I.1	Installation et replis du chantier	ff	1	300 000	300 000
I.2	Préparation et nettoyage du terrain	m²	975	200	195 000
I.3	Implantation de l'ouvrage	ff	1	500 000	500 000
	Sous-total I				995 000
II-TERRASSEMENT					
II.1	Fouilles pour les semelles isolées	m3	93,4	6 500	606 905
II.3	Remblais sous dallage	m3	93,4	8 500	793 645
	Sous-total II				1 400 550
III-MACONNERIE ET BETON					
III.1	Béton de propreté dosé à 150kg/m3, ep = 5 cm	m3	10,7	90 000	960 300
III.2	Béton armé pour les semelles dosé à 350kg/m3	m3	17,6	160 000	2 822 400
III.3	Béton armé pour poteau amorce fondation à 350kg/m3,	m3	7,5	160 000	1 192 000
III.4	Béton armé pour longrine dosé à 350kg/m3,	m3	10,1	160 000	1 622 400
III.5	Béton armé pour poteau élévation à 350kg/m3,	m3	32,4	160 000	5 184 000
III.6	Béton armé pour poutre dosé à 350kg/m3,	m3	52,0	160 000	8 320 000
III.7	Béton armé pour dallage dosé à 350kg/m3, ep = 30 cm	m3	19,6	160 000	3 136 000
III.8	Béton armé pour chaînage fenêtres et portes dosé à 350kg/m3	m3	25,4	160 000	4 056 000
III.9	Nervure et dalle de compression pour plancher à corps creux	m3	90,4	200 000	18 080 000
III.10	Béton armé pour les voiles périphériques	m3	18,1	200 000	3 620 000
III.11	Béton armé pour escalier principal	m3	40,2	200 000	8 030 000
III.12	Béton armé raidisseurs et chaînage	m3	25,4	200 000	5 070 000
	Sous-total III				72 093 100
IV-MACONNERIE ET ENDUITS					
IV.1	Mur élévation en agglomérés pleins de 20x20x40 cm sous longrine	m²	62,34	14 000	872 760
IV.2	Mur élévation en agglomérés pleins de 15x15x40 cm pour parois diverses	m²	2552,25	12 500	31 903 125
IV.3	Entrevous pour planchers corps creux	m²	826,55	12 000	9 918 600
IV.4	Enduits intérieurs double couche compris fixation aux gobetis sur toutes les surfaces	m²	2205,2	3 500	7 718 200
IV.5	Enduits extérieurs double couche compris fixation aux gobetis sur toutes les surfaces	m²	1089	3 500	3 811 500
IV.6	Enduits au mortier de ciment sous dalles compris toutes sujétions	m²	1130,2	4 000	4 520 800
	Sous-total IV				68 744 985
IV-ETANCHEITE					
IV.1	Forme de pente en béton léger (5 cm)	m3	155,35	160 000	24 856 000
IV.2	Sand asphalt (2 cm)	m²	62,14	10 000	621 400
	Sous-total IV				25 477 400
V-REVETEMENTS					
V.1	Revêtements en carreaux émaillés anti dérapant de 15x15 corallo pour salles d'eau et toilettes	m²	204,2	12 500	2 552 500

V.2	Revêtements en grés céramique de 30 x 30cm pour bureau, magasin, dégagement	m²	834,1	15 000	12 511 500
V.3	Revêtement en faïence de 10 x 10 cm	m²	165	12 500	2 062 500
	Sous-total V				27 126 500
VI-MENUISERIE-ALU-METALLIQUE					
VI.1	Garde-corps métallique pour les escaliers, H = 90 cm	ml	91	5 500	500 500
	Porte intérieure isoplane en alu de :				
VI.2	80 x 220 cm	U	30	75 000	2 250 000
VI.3	70 x 220 cm	U	15	60 000	900 000
	Baies vitrées de :				
V.4	Porte aluminium vitrée de 420cmx260cm	U	2	200 000	400 000
V.5	Porte métallique vitrée de 150x220cm	U	1	120 000	120 000
V.6	Baies en alu vitrées de 200x50cm	U	115	100 000	11 500 000
	Sous-total VI				15 670 500
VII-ELECTRICITE					
VII.1	Installation des fileries	ff	1	1 000 000	1 000 000
VII.2	Tableau général basse tension (TGBT)	ff	1	500 000	500 000
VII.3	Tableau divisionnaire	ff	5	300 000	1 500 000
VII.4	Mise à la terre des installations	ff	1	10 000	10 000
VII.5	Réglette fluo 120cm	U	30	12 000	360 000
VII.6	Réglette fluo 60cm	U	60	10 000	600 000
VII.7	Hublot plafonnier	U	30	7 500	225 000
VII.8	Prise de courant	U	130	1 500	195 000
VII.9	Interrupteur SA encastré	U	75	1 500	112 500
VII.10	Interrupteur V V encastré	U	65	2 500	162 500
VII.11	Brasseur d'air + rhéostat	U	30	4 500	135 000
VII.12	Split de 1,5 cv	U	15	475 000	7 125 000
VII.13	Split de 2 cv	U	15	700 000	10 500 000
VII.14	Raccordement téléphonique depuis standard	ff	1	100 000	100 000
VII.15	Canalisation de la distribution téléphonique	ff	1	50 000	50 000
VII.16	Prise de téléphone	U	4	12 000	48 000
VII.17	Extincteur de type CO2(6KG)	U	10	350 000	3 500 000
	Sous-total VII				46 123 000
VIII-PLOMBERIE SANITAIRE					
VIII.1	Raccordement en eau (depuis arrivé ONEA)	ff	1	500 000	500 000
VIII.2	Canalisation de distribution d'eau	ff	1	150 000	150 000
VIII.3	WC à l'anglaise	U	35	125 000	4 375 000
VIII.4	Tuyauteries d'évacuation en eau vanne PVC Ø120mm	ens	1	75 000	75 000
VIII.5	Tuyauteries d'évacuation en eau usée PVC Ø70mm	ens	1	75 000	75 000
VIII.6	Descente d'eau pluviale PVC Ø100	ens	1	30 000	30 000
VIII.7	Baignoire	U	5	1 500 000	7 500 000
VIII.8	Porte-papier hygiénique	U	35	4 500	157 500
VIII.9	Porte-savon	U	35	4 500	157 500
VIII.10	porte-serviette	U	35	4 500	157 500
VIII.11	lavabo simple	U	35	90 000	3 150 000
VIII.12	siphon de sol	U	5	7 500	37 500

VIII.13	Glacé lavabo de (40x60cm)	U	35	15 000	525 000
Sous-total VIII					26 890 000
IX-PEINTURE					
IX.1	Peinture à eau lessivage (FOM) en 3 couches	m²	3294,20	2 000	6 588 400
IX.2	Peinture vinylique sur la maçonnerie	m²	1130,20	2 250	2 542 950
Sous-total IX					9 131 350
X-VOIES ET RESEAUX DIVERS					
X.1	Aménagement de la cour	ff	1	400 000	400 000
X.2	Nombre des regards	U	3	100 000	300 000
X.3	Nombre des fosses sceptique	U	2	300 000	600 000
X.4	Puits filtrant de 2m de diamètre et 8m de profondeur	U	2	1 500 000	3 000 000
Sous-total X					4 300 000

TOTAL HORS TAXE	237 952 385
TVA 18%	42 831 429
TOTAL TTC	580 783 814

Arrêté le présent devis à la somme de **CINQ CENT QUATRE VINGT MILLIONS SEPT CENT QUATRE VINGT TROIS MILLE HUIT CENT QUATORZE FRANCS (580 783 814)**

Fait à Ouagadougou, le 12 Mai 2012

Crédit temps pour le calcul du délai d'exécution

Tableau 9 : Annexe ; Crédit temps pour le calcul du délai d'exécution

PROJET DE CONSTRUCTION D'UN IMMEUBLE R+4 EXTENSIBLE A R+6

CREDIT TEMPS

N°	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	Qtité	Temps Unitaire (h)	Total heure	Budget durée
I- TRAVAUX PREPARATOIRES						
I.1	Installation et replis du chantier	ff	1,0	48,0	48,0	6,0
I.2	Préparation et nettoyage du terrain	m²	975,0	0,005	4,9	0,6
I.3	Implantation de l'ouvrage	ff	1,0	24,0	24,0	3,0
Sous-total I					76,9	9,6
II-TERRASSEMENT						
II.1	Fouilles pour les semelles isolées	m³	93,37	3,40	317,46	39,68
II.3	Remblais sous dallage	m³	93,37	3,40	317,46	39,68
Sous-total II					634,9	79,4
III-MACONNERIE ET BETON						
III.1	Béton de propreté dosé à 150kg/m³, ep = 5 cm	m³	10,7	11,5	122,7	15,3
III.2	Béton armé pour les semelles dosé à 350kg/m³	m³	17,6	12,5	220,5	27,6

III.3	Béton armé pour poteau amorce fondation à 350kg/m3,	m3	7,5	11,5	85,7	10,7
III.4	Béton armé pour longrine dosé à 350kg/m3,	m3	10,1	11,5	116,6	14,6
III.5	Béton armé pour poteau élévation à 350kg/m3,	m3	32,4	11,5	372,6	46,6
III.6	Béton armé pour poutre dosé à 350kg/m3,	m3	52,0	11,5	598,0	74,8
III.7	Béton armé pour dallage dosé à 350kg/m3, ep = 30 cm	m3	19,6	11,0	215,6	27,0
III.8	Béton armé pour chaînage fenêtres et portes dosé à 350kg/m3	m3	25,4	11,5	291,5	36,4
III.9	Nervure et dalle de compression pour plancher à corps creux	m3	90,4	8,2	741,3	92,7
III.10	Béton armé pour les voiles périphériques	m3	18,1	13,5	244,4	30,5
III.11	Béton armé pour escalier principal	m3	40,2	12,5	501,9	62,7
III.12	Béton armé raidisseurs et chaînage	m3	25,4	11,5	291,5	36,4
	Sous-total III				3 802	475
IV-MACONNERIE ET ENDUITS						
IV.1	Mur élévation en agglomérés pleins de 20x20x40 cm sous longrine	m²	62,34	0,25	15,585	1,9
IV.2	Mur élévation en agglomérés pleins de 15x15x40 cm pour parois diverses	m²	2552,25	0,25	638,0625	79,8
IV.3	Entrevous pour planchers corps creux	m²	826,55	0,5	413,275	51,7
IV.4	Enduits intérieurs double couche compris fixation aux gobetis sur toutes les surfaces	m²	2205,2	0,25	551,3	68,9
IV.5	Enduits extérieurs double couche compris fixation aux gobetis sur toutes les surfaces	m²	1089	0,25	272,25	34,0
IV.6	Enduits au mortier de ciment sous dalles compris toutes sujétions	m²	1130,2	0,25	282,55	35,3
	Sous-total IV				2 173	272
IV-ETANCHEITE						
IV.1	Forme de pente en béton léger (5 cm)	m3	155,35	0,25	38,84	4,85
IV.2	Sand asphalt (2 cm)	m²	62,14	0,25	15,54	1,94
	Sous-total IV				54,4	6,8
V-REVELTEMENTS						
V.1	Revêtements en carreaux émaillés anti dérapant de 15x15 corallo pour salles d'eau et toilettes	m²	204,20	0,30	61,26	7,7
V.2	Revêtements en grés céramique de 30 x 30cm pour bureau, magasin, dégagement	m²	834,10	0,30	250,23	31,3
V.3	Revêtement en faïence de 10 x 10 cm	m²	165,00	0,30	49,50	6,2
	Sous-total V				361,0	45,1
VI-MENUISERIE-ALU-METALLIQUE						
VI.1	Garde-corps métallique pour les escaliers, H = 90 cm	ml	91,0	0,2	13,7	1,7
	Porte intérieure isoplane en alu de :					0,0
VI.2	80 x 220 cm	U	30,0	1,5	45,0	5,6
VI.3	70 x 220 cm	U	15,0	2,0	30,0	3,8
	Baies vitrées de :					0,0
VI.4	Porte aluminium vitrée de 420cmx260cm	U	2,0	2,0	4,0	0,5
VI.5	Porte métallique vitrée de 150x220cm	U	1,0	2,0	2,0	0,3
VI.6	Baies en alu vitrées de 200x50cm	U	115,0	2,0	230,0	28,8
	Sous-total VI				325	40,6
VII-ELECTRICITE						
VII.1	Installation des fileries	ff	1,00	48,00	48,00	6,00
VII.2	Tableau général basse tension (TGBT)	ff	1,00	1,00	1,00	0,13
VII.3	Tableau divisionnaire	ff	5,00	1,00	5,00	0,63
VII.4	Mise à la terre des installations	ff	1,00	1,00	1,00	0,13
VII.5	Réglette fluo 120cm	U	350,00	0,25	87,50	10,94
VII.6	Réglette fluo 60cm	U	86,00	0,25	21,50	2,69
VII.7	Hublot plafonnier	U	38,00	0,25	9,50	1,19
VII.8	Prise de courant	U	300,00	0,25	75,00	9,38

VII.9	Interrupteur SA encastré	U	130,00	0,25	32,50	4,06
VII.10	Interrupteur V V encastré	U	65,00	0,25	16,25	2,03
VII.11	Brasseur d'air + rhéostat	U	120,00	0,25	30,00	3,75
VII.12	Split de 1,5 cv	U	40,00	48,00	1920,00	240,00
VII.13	Split de 2 cv	U	12,00	48,00	576,00	72,00
VII.14	Raccordement téléphonique depuis standard	ff	1,00	24,00	24,00	3,00
VII.15	Canalisation de la distribution téléphonique	ff	1,00	48,00	48,00	6,00
VII.16	Prise de téléphones	U	4,00	24,00	96,00	12,00
VII.17	Extincteur de type CO2(6KG)	U	30,00	1,00	30,00	3,75
	Sous-total VII				3 021	377,66
VIII-PLUMBERIE SANITAIRE						
VIII.1	Raccordement en eau (depuis arrivé ONEA)	ff	1,00	24,00	24,00	3,00
VIII.2	Canalisation de distribution d'eau	ff	1,00	72,00	72,00	9,00
VIII.3	WC à l'anglaise	U	45,00	0,50	22,50	2,81
VIII.4	Tuyauteries d'évacuation en eau vanne PVC Ø120mm	ens	1,00	100,00	100,00	12,50
VIII.5	Tuyauteries d'évacuation en eau usée PVC Ø70mm	ens	1,00	100,00	100,00	12,50
VIII.6	Descente d'eau pluvial PVC Ø100	ens	1,00	50,00	50,00	6,25
VIII.7	Baignoire	U	5,00	2,00	10,00	1,25
VIII.8	Porte-papier hygiénique	U	45,00	0,15	6,75	0,84
VIII.9	Porte-savon	U	55,00	0,15	8,25	1,03
VIII.10	porte-serviette	U	55,00	0,15	8,25	1,03
VIII.11	lavabo simple	U	50,00	0,15	7,50	0,94
VIII.12	siphon de sol	U	5,00	0,15	0,75	0,09
VIII.13	Glace lavabo de (40x60cm)	U	50,00	0,50	25,00	3,13
	Sous-total VIII				436,50	54,38
IX-PEINTURE						
IX.1	Peinture à eau lessivage (FOM) en 3 couches	m²	3294,20	0,25	823,55	102,94
IX.2	Peinture vinylique sur la maçonnerie	m²	1130,20	0,25	282,55	35,32
	Sous-total IX				1 106,10	138,26
X-VOIES ET RESEAUX DIVERS						
X.1	Aménagement de la cour	ff	1,00	120,00	120,00	15,00
X.2	Nombre des regards	U	3,00	80,00	240,00	30,00
X.3	Nombre des fosses sceptique	U	2,00	150,00	300,00	37,50
X.4	Puits filtrant de 2m de diamètre et 8m de profondeur	U	2,00	150,00	300,00	37,50
	Sous-total X				960,00	120,00
TOTAL HEURE					12 897	1612,1
IMPREVUS 10%					2 321	290,2
TOTAL					15 218	1902,2

En utilisant une moyenne de vingt personnes en permanence sur le chantier avec les matériels et outils de HIM0, projet durera six mois d'exécution,

Fait à Ouagadougou, le 12 Mai 2012