



**ETUDE TECHNIQUE ET DETAILLEE D'UN BATIMENT
R+6 AVEC TROIS (03) SOUS-SOLS
MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE
MASTER
SPECIALITE BATIMENT**

Présenté et soutenu publiquement le 29 juin 2020 par

Délali Séwa VENANCE OGANDAGA (2016 0400)

Encadrant 2iE : Célestin OVONO MEZUI (enseignant)

**Maître de stage : Godwin A. GBODJINOUE, Ingénieur structure/ Directeur Général
d'AFCC-Min**

Structure (s) d'accueil du stage

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Dr. Malicki ZOROM

Membres et correcteurs : Dr. Decroly DJOUBISSIE
M. Amadou SIMAL

Promotion [2019/2020]

VENANCE OGANDAGA Délali Séwa M2GC/BAT Promotion [2019/2020]

DEDICACES

Ce travail est dédié :

A mon père **Georges VENANCE OGANDAGA** pour tout ce qui m'a apporté durant toutes ces années, sens du travail, du devoir et amour de la famille ;

A ma mère **Ayele SODOGAS ANUMBA** pour l'amour, le travail et la patience dont elle a fait montre durant toutes ces années ;

A mes sœurs et à mon frère pour l'amour et le soutien qu'ils m'ont toujours apportés.

VENANCE OGANDAGA Délali Séwa M2GC/BAT Promotion [2019/2020]

REMERCIEMENTS

Ma reconnaissance à Dieu qui m'a armé de forces et de courage pour la parfaite santé dont j'ai bénéficié pendant cette préparation, de m'avoir permis d'achever ce mémoire sans inconvénients majeurs, et pour l'immensité de sa providence qui guide et couvre tous les aspects de notre vie.

Je remercie :

- Mon encadreur et enseignant, Monsieur **Célestin OVONO MEZUI** d'avoir accepté de m'encadrer et qui m'a suivi durant tout le travail.
- Monsieur **Godwin A. GBODJINOU** Ingénieur Structure /Directeur Général d'AFCO-Win de m'avoir accueilli lui et son directeur technique Monsieur **Léonard IZONKIZA** de m'avoir mis dans de très bonnes conditions afin d'effectuer ce travail, de m'avoir donné des responsabilités de m'avoir transmis leur savoir-faire et de m'avoir prodigué des conseils.
- Monsieur **Privat EKALE MEBALE** projeteur à AFCO-WIN de m'avoir pris sous son aile et de m'avoir appris ce qu'il savait concernant le dessin.
- Je remercie **tout le personnel d'AFCO-WIN** en général et en particulier, pour avoir participé activement à la réussite de ce travail.
- Tout le **corps enseignant** de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement pour la qualité de la formation reçue.
- Ma gratitude va également à l'endroit de tous mes **compatriotes** résident au **Burkina-Faso**.
- Je ne saurais oublier tous **mes sympathiques camarades** de la promotion ainsi que tous ceux qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réussite de ma formation.

Ce mémoire ne pouvant être réalisé sans la complicité morale et financière de ma famille

(Mon père, ma mère, mes sœurs et mon frère), à qui je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance.

VENANCE OGANDAGA Délali Séwa M2GC/BAT Promotion [2019/2020]

RESUME

Le projet qui nous a été confié porte sur l'étude d'un immeuble R+6 avec trois (03) sous-sols. Il s'agit de dimensionner la structure en béton armé. Dans un premier temps nous allons donc réaliser une étude sur la structure de ce bâtiment. Le bâtiment étant à Libreville. A partir des plans architecturaux nous déterminerons alors les éléments constitutifs de la structure du bâtiment. Les façades de celui-ci sont ainsi réalisées en maçonneries considérées non porteuses. La descente de charge et le pré dimensionnement de la structure ont été menés manuellement. Ce qui nous a donné les résultats suivants :

- Type d'ouvrage : immeuble R+6 avec trois (03) sous-sols sur une emprise de 1582 m² ;
- Structure béton armé : dalles pleines de 16 cm – poutres de section 25x40 et 25x50 cm² – poteaux 20x50, 30x50, 30x60 cm² et ϕ 50 cm ;
- Type de fondations : Puits (ϕ 100 cm).

Certains éléments de la structure ont été dimensionnés à l'aide du logiciel GRAITEC OMD.

Pour un cout total de **443.222.514 FCFA TTC** incluant les éléments suivants :

- L'implantation du chantier ;
- L'implantation des ouvrages ;
- Fouilles 89,49 m³ ;
- Béton 2 704,58 m³ ;
- Coffrage 20 389,05 m² ;
- Acier 180 568 kg.

MOTS CLES

1 – B.A.E.L

2 – Pré dimensionnement

3 - Dimensionnement

4 – Logiciel

5 - Plans

VENANCE OGANDAGA Délali Séwa M2GC/BAT Promotion [2019/2020]

ABSTRACT

The project which was entrusted to us relates to the study of a building R+6 with basement. It is a question of dimensioning the reinforced concrete structure. Initially, we thus will make a study on the structure of this building whose plans of architecture provided us, with the coasts. The building being established in Libreville in Gabon, from the plans of architectural we will determine the components of the building structure's. The frontages of this one are thus carried out in no carrying masonries considered.

- Type of work : building R+6 with basement
- Standard of foundations : surface spread footing
- Structure reinforced concrete : flagstones – beam posts – soles

The descent of load and the pre dimensioning of the structural elements were calculated manually.

The modeling and the dimensioning of the structure were handled mainly manually. Some elements of the structure were dimensioned using the software GRAITEC OMD.

KEY WORDS

- 1 – B.A.E.L**
- 2 - Pre dimensioning**
- 3 - Dimensioning**
- 4 - Software**
- 5 - Plans**

VENANCE OGANDAGA Délali Séwa M2GC/BAT Promotion [2019/2020]

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE : Institut International d'ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

BAEL : Béton Armé aux Etats Limites

DTU : Document Technique Unifié

ELU : Etat limite ultime

ELS : Etat limite de service

ELU : Etat limite ultime

PH : plancher haut

RDC : Rez de chaussée

R+1 : Rez-de-chaussée plus un niveau

R+2 : Rez-de-chaussée plus deux niveaux

R+3 : Rez-de-chaussée plus trois niveaux

R+4 : Rez-de-chaussée plus quatre niveaux

R+5 : Rez-de-chaussée plus cinq niveaux

R+6 : Rez-de-chaussée plus cinq niveaux

G : charge permanente.

Q : surcharge d'exploitation.

H : hauteur

M : moment de flexion le plus souvent.

Mu : moment à l'état limite ultime.

Mser : moment de calcul à l'état limite de service.

N : effort normal.

S : section

T : effort tranchant.

fcj : résistance caractéristique à la compression du béton âgé de j jours

ftj : résistance caractéristique à la traction du béton âgé de j jours

Lf : Longueur de flambement

As : section d'acier

MPa : Méga Pascal

kN : kilo newton

m : mètre

VENANCE OGANDAGA Délali Séwa M2GC/BAT Promotion [2019/2020]

m²: mètre carré

cm²: centimètre carré

m³ : mètre cube

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Situation du terrain abritant le projet	7
Figure 2 : Vue du projet en 3D.....	8
Figure 3 : Façade principale	9
Figure 4 : Poutre isostatique.....	17
Figure 5 : Poutre continues à plusieurs travées	17
Figure 6 : Poutre hyperstatique PP20	25
Figure 7: Frottement unitaire.....	34
Figure 8 : Schéma statique de la poutre	XXII
Figure 9 : Cas de charge 1 de la poutre	XXIII
Figure 10 : Cas de charge 2 de la poutre	XXVI
Figure 11 : Cas de charge 3 de la poutre	XXIX

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : plancher terrasse non accessible.....	13
Tableau 2 : Plancher étage courant	13
Tableau 3 : Plancher RDC.....	13
Tableau 4 : Murs en maçonnerie	14
Tableau 5 : Escalier (palier)	14
Tableau 6 : Escalier (volée).....	15
Tableau 7: tableau récapitulatif des poutres	17
Tableau 8 : Pré dimensionnement poteau P2	18
Tableau 9 : Tableau des poteaux et de leurs dimensions	18
Tableau 10 : Descente de charge sur palier.....	20
Tableau 11 : Descente de charge sur volée (paillasse).....	21
Tableau 12 : Tableau résultat descente de charges	28
Tableau 13 : Coefficient de portance K_p	32
Tableau 14: Armatures longitudinales	35
Tableau 15: Armatures transversales	35
Tableau 16: Matrice de Léopold	XLIV
Tableau 17: Matrice de Fecteau	XLV
Tableau 18 : Tableau de suivis.....	L
Tableau 19: Indicateurs de suivi.....	LII

SOMMAIRE

DEDICACES.....	2
REMERCIEMENTS.....	3
RESUME	4
MOTS CLES.....	4
ABSTRACT	5
KEY WORDS.....	5
LISTE DES ABREVIATIONS	6
LISTE DES FIGURES	8
LISTE DES TABLEAUX.....	9
SOMMAIRE	1
INTRODUCTION	4
1 PARTIE I GENERALITE	6
1.1 Présentation de la structure d'accueil et de la zone d'étude	6
1.2 Présentation du projet	6
I. Description de l'ouvrage.....	6
II. Géotechniques.....	10
III. Les matériaux et leurs caractéristiques	11
2 PARTIE II METHODOLOGIE DE TRAVAIL.....	15
3 PARTIE III PRE DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS	15
3.1 Pre dimensionnement de la dalle	15
3.2 Pre dimensionnement des poutres	16
3.3 Pre dimensionnement des poteaux	18
3.4 Pre dimensionnement escalier.....	19
3.5 Pre dimensionnement voile	21

4	<i>PARTIE IV DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS.....</i>	22
4.1	Dimensionnement de la dalle	22
4.2	Dimensionnement de la poutre	25
4.3	Dimensionnement du poteau.....	28
4.4	Dimensionnement du puits.....	31
4.5	Dimensionnement de l'escalier	37
4.6	Dimensionnement du voile	39
4.7	Modélisation de la structure.....	42
4.8	Évaluation des impacts environnementaux et sociaux du projet et proposition des mesures d'atténuation.....	43
I.	Catégorisation du projet	43
II.	Plan de gestion environnemental et social	44
III.	Mesures d'atténuation et de bonification des impacts environnementaux	44
4.9	Un devis quantitatif et estimatif.....	45
	<i>CONCLUSION.....</i>	47
	<i>BIBLIOGRAPHIE</i>	48
	<i>ANNEXE</i>	<i>I</i>
	Annexe 1 : Plans architecturaux	II
	Annexe 2 : Plans de fondations	VII
	Annexe 3 : Plans de coffrage.....	VIII
	Annexe 4 : Panneau de Dalle.....	XIII
	Annexe 5 : Poutre hyperstatique.....	XIV
	Annexe 6 : Repérage poteaux P2.....	XV
	Annexe 7 : Descente de charge sur poteau P2	XVI
	Annexe 8 : Repérage escalier	XIX
	Annexe 9 : Ferrailage Dalle.....	XXI
	Annexe 10 : Calcul et ferrailage Poutre PP20	XXII
	Annexe 11 : Ferrailage Poteau P2	XXXIV
	Annexe 12 : Ferrailage Puits	XXXV
	Annexe 13 : Descente de charge et ferrailage Escalier.....	XXXVI
	Annexe 14 : Ferrailage Voile	XXXVIII
	Annexe 15 : Ferrailage issu de la modélisation	XXXIX
	Annexe16 : Etude d'Impact Environnemental et Sociale	XLIII

I.	<i>Catégorisation du projet :</i>	<i>XLIII</i>
II.	<i>Etat initial du site :</i>	<i>XLIII</i>
III.	<i>Identification des impacts :</i>	<i>XLIV</i>
IV.	<i>Evaluation des impacts :</i>	<i>XLV</i>
V.	<i>Description des impacts :</i>	<i>XLVI</i>
1.	<i>Impact sur le milieu biophysique :</i>	<i>XLVI</i>
a.	<i>Impacts négatifs :</i>	<i>XLVI</i>
b.	<i>Impacts positifs :</i>	<i>XLVII</i>
2.	<i>Impacts sur le milieu humain :</i>	<i>XLVII</i>
a.	<i>Impacts négatifs :</i>	<i>XLVII</i>
b.	<i>Impact positif :</i>	<i>XLVIII</i>
VI.	<i>Plan de gestion environnemental et sociale :</i>	<i>XLIX</i>
VII.	<i>Mesures d'atténuation et de bonification des impacts environnementaux</i>	<i>XLIX</i>
1.	<i>Surveillance et suivi environnementale :</i>	<i>L</i>
a.	<i>Activités de surveillance :</i>	<i>L</i>
b.	<i>Activités de suivi :</i>	<i>L</i>
c.	<i>Indicateurs de suivi :</i>	<i>LII</i>
d.	<i>Cout :</i>	<i>LII</i>
	Annexe 17 : Devis quantitatif et estimatif	<i>LIII</i>

INTRODUCTION

Dans le principe de la formation pédagogique des ingénieurs à l'Institut International d'ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), le choix d'un projet de fin d'étude qui sera présenté et soutenu sous forme d'un mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur s'impose. Ce projet de fin d'étude permet aux étudiant de Master2 de faire une synthèse de leurs connaissances, de faire une évaluation de leur parcours mais aussi de coordonner, d'agencer pour la première fois leur connaissances pour en faire un projet réel.

C'est ainsi qu'en ce sens, nous avons opté pour le thème dont l'intitulé est « **ETUDES TECHNIQUE ET DETAILLEES D'UN BATIMENT R+6 AVEC TROIS (03) SOUS-SOLS** ».

En suivant ces règles, un stage de six (06) mois est accordé par le bureau d'étude AFECO-Win en vue d'élaborer des études pour la construction de l'immeuble, l'immeuble WAGUE R+6 avec sous-sols au quartier AKABE à Libreville.

L'ouvrage est destiné à recevoir des magasins et des logements.

Le présent mémoire traitera des éléments porteurs, les planchers seront des dalles pleines. Tous les corps d'état secondaires ne seront traités.

L'objectif de la science de construction serait de permettre un choix optimal dans la réalisation d'un projet, en prenant en compte les conditions d'économie et de sécurité. Il existe de nombreux matériaux de construction aux caractéristiques très différents qu'il faut prendre en compte, afin de réaliser une construction durable, économique du point de vu da la consommation d'énergie, financier et respectueux de son environnement, depuis sa construction jusqu'à destruction.

Pour atteindre l'objectif général, il faut :

- Effectuer le dimensionnement structural du bâtiment en déterminant l'ensemble des éléments de la structure porteuse ;
- Faire des études géotechniques en vue de savoir sur quel type de sol sera implanté l'ouvrage et quelle est la contrainte de ce sol ;
- Tout en s'assurant du respect de l'environnement.

Le présent rapport comportera :

- Une Généralité
- Méthodologie de travail
- Pré dimensionnement des éléments porteurs
- Une analyse et dimensionnement de différents éléments porteurs
- Modélisation de la structure
- Evaluer les impacts environnementaux et sociaux du projet et proposer des mesures d'atténuation
- Un devis quantitatif et estimatif.

1 PARTIE I GENERALITE

1.1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE

D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

Le bureau d'étude technique '**africaine de construction**' (**AFCO-WIN**) qui nous accueille pour ce stage de fin d'étude a été créé en 2014 par Monsieur **Godwin A. GBODJINOU, Ingénieur structure/ Directeur Général d'AFCO-Win.**

Ce jeune bureau d'étude qui est en train de s'imposer comme l'un des plus grands bureaux d'étude pluridisciplinaires du Gabon depuis sa création assure un très large éventail d'activités liées au bâtiment : conception et études des structures, suivie et étude économique de la construction et suivi budgétaire, assistance au maître d'ouvrage, gestion des projets, ordonnancement, pilotage et coordination. L'un de ses derniers projets étant le suivie et le contrôle de la construction de l'ambassade des Etats-Unis d'Amérique au Gabon.

Son Directeur General a su imposer une dynamique ainsi qu'une vision à son entreprise qui fait en sorte que le bureau AFCO-WIN soit réputé pour son sérieux dans le travail, sa disponibilité pour le client à tout moment ainsi que son sens du travail bien fait.

Fort d'un personnel d'ingénieurs et de techniciens qualifiés, AFCO-WIN compte s'ancrer davantage sur la scène du génie civil au Gabon.

C'est ainsi que le bureau d'étude technique AFCO-WIN s'est vu confié le projet d'étude d'un immeuble de six (06) étages et trois sous-sols dans la zone d'**AKEBE** situé dans la banlieue de Libreville au Gabon, projet sur lequel portera notre mémoire.

1.2 PRESENTATION DU PROJET

I. Description de l'ouvrage

L'ouvrage faisant l'objet de la présente étude est un bâtiment en béton armé de six (06) étages et trois (03) sous-sols, appelé projet « **WAGUE** » du nom de son promoteur. Destiné en partie à un usage commercial, le 3eme sous-sol étant aménagé en place de parking, le 2eme sous-sol au 1^{er} étage comporte des magasins et des appartements. Les étages supérieurs ne comportent que des appartements.

Son implantation est prévue dans la zone dit d'**AKEBE** dans le 3eme arrondissement de la commune de Libreville.

Le bâtiment présente une hauteur totale hors sol de 28m, une longueur de 49.10m et une largeur de 32.21m.

La liaison entre les niveaux est assurée par des escaliers en béton armé et des ascenseurs. (Plan architecturaux en **Annexe 1**)

Le bâtiment est du système poteaux/poutres c'est-à-dire que les charges sont reprises par des poutres qui les transmettent ensuite aux poteaux qui eux sont chargés de les descendre jusqu'aux semelles.

Tableau 1 : caractéristiques géométriques

Largeur (m)	Longueur (m)	Hauteur Etage-courant (m)	Hauteur RDC (m)	Hauteur sous-sol (m)
32.21	49.10	4	4	4



Figure 1: Situation du terrain abritant le projet



Figure 2 : Vue du projet en 3D

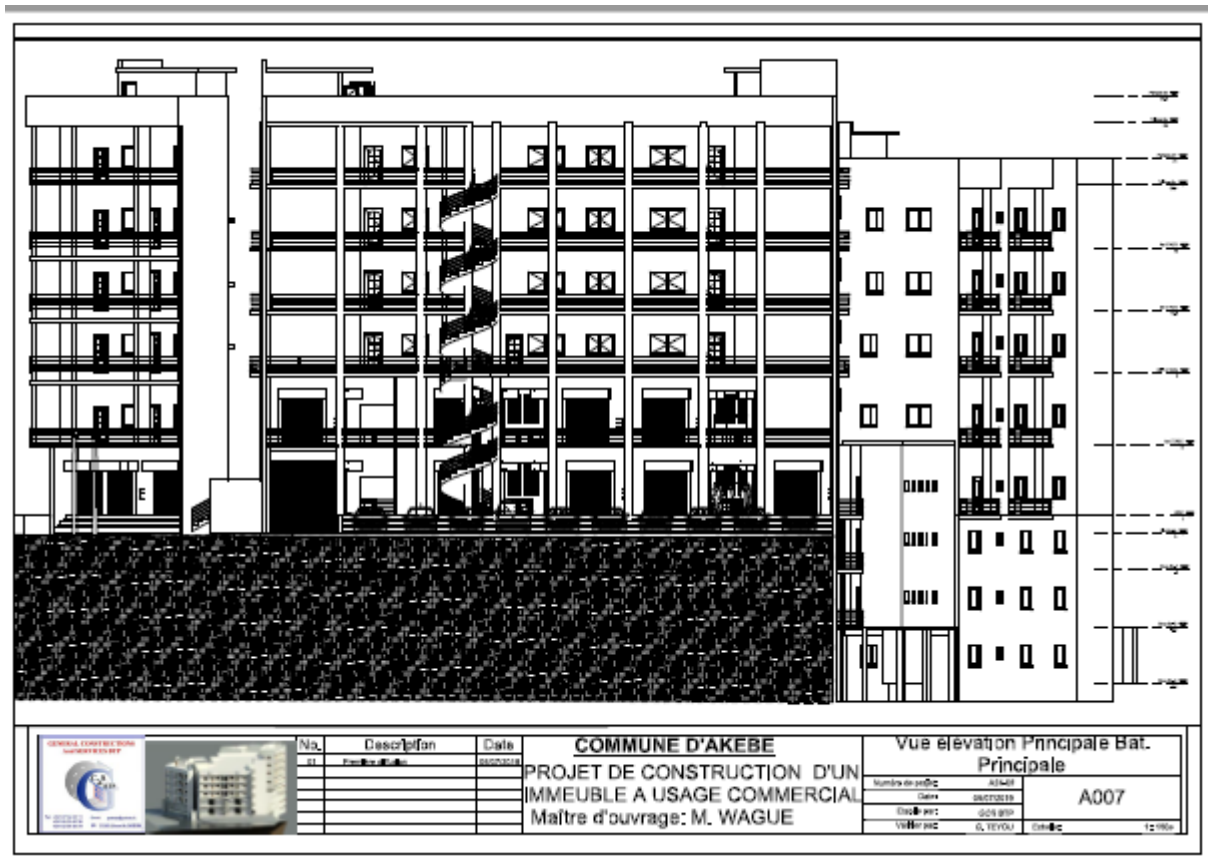


Figure 3 : Façade principale

a) Les planchers

Les planchers seront en dalle pleine dans tout l'immeuble, la terrasse inaccessible est munie d'une forme de pente en béton maigre de pente 1.5% pour permettre l'évacuation des eaux pluviales.

Les portes à faux, ainsi que la dalle de la cage d'ascenseur seront réalisées en dalles pleines.

b) La maçonnerie

Les murs intérieurs et extérieurs du bâtiment sont réalisés en briques creuses de 20 cm.

c) Actions et sollicitations

Les éléments constitutifs d'un bâtiment doivent résister aux différentes actions et sollicitations pour assurer la bonne stabilité de ces derniers.

- **Les actions :**

Les actions sont des forces appliquées directement à la construction, elles peuvent être sous forme d'action verticales et d'action horizontales.

✓ **Actions verticales :**

- Le poids propre de la structure ;

- Les poids propres des cloisons, du revêtement ...Etc.
 - Les déformations permanentes imposées à la construction.
- Cette action peut aussi être des surcharges d'exploitation.

✓ **Actions horizontales :**

Généralement elles sont accidentelles ; dues aux efforts qui se produisent rarement et avec une faible durée.

• **Les Sollicitations :**

Ce sont les efforts normaux et les efforts tranchants ainsi que les moments de flexion et de torsions développées dans une section par combinaison d'action donnée.

II. Géotechniques

La géotechnique est l'étude de l'ensemble des techniques de construction en rapport avec les propriétés du sol.

Elle traite de l'interaction sol / structures, et fait appel à des bases de mécanique des sols. Les études géotechniques ont pour principal objet les études du sous-sol pour la construction d'ouvrages (pavillons, immeubles, voiries, ouvrages d'art...), et notamment la définition des fondations. Elle traite également des phénomènes de mouvement du sol (glissement, affaissement et autres), de déformation (tassements sous charges) et résistance mécanique.

Son rôle passe par les étapes suivantes :

- produire une étude préalable de faisabilité, qui constitue un état des lieux concernant le sol et dresse les (éventuelles) difficultés susceptibles d'être rencontrées ;
- puis l'étude de faisabilité s'appuyant en général sur l'avant-projet sommaire (APS) permet de définir des principes de fondation compatibles avec le sol et le projet ;
- en phase avant-projet détaillé (ou en phase projet), de nouvelles investigations peuvent être réalisées afin d'affiner les données relatives au sol, pour le principe de fondation choisie à cette étape, on prend en compte les charges apportées par l'ouvrage, il s'agit donc d'un travail en collaboration avec l'ingénieur chargé de l'étude des structures - les dernières modifications de conception sont apportées au projet ;
- en phase travaux, le géotechnicien effectue des contrôles et adapte si besoin les techniques d'exécution en cas de données découvertes en cours de chantier ou de difficultés liées à un contexte particulier (intempéries, ...)

Dans le cadre du présent projet, les études menées par le Laboratoire GEOLAB CONSEIL, Ont eu pour but une reconnaissance sommaire des sols en vue du pré-dimensionnement des fondations du futur bâtiment. D'après les résultats aux pénétromètres dynamiques, nous pouvons conclure que le terrain présente des caractéristiques géotechniques favorable à l'implantation de fondations superficielles sur radier général ancré à 1.50 m de profondeur en respectant une contrainte admissible de **0.5 bar**. Dans le cas contraire on optera pour des fondations profondes constituées de micro-pieux ou pieux ancrés dans le substratum soit pour des fondations semi profondes par puits prenant appui sur le substratum (entre 3.80 m et 6.00 m).

C'est cette dernière option qui sera retenu pour la suite du projet.

III. Les matériaux et leurs caractéristiques

Les matériaux utilisés dans ce projet ont des caractéristiques très différentes selon leur nature et composition interne.

a) Le béton

Le béton est un assemblage de matériaux de nature généralement minérale. Il met en présence des matières inertes, appelées granulats ou agrégats (graviers, sables, etc.), et un liant (ciment, bitume, argile), c'est-à-dire une matière susceptible d'en agglomérer d'autres ainsi que des adjuvants qui modifient les propriétés physiques et chimiques du mélange. Mêlés à de l'eau, on obtient une pâte, à l'homogénéité variable, qui peut, selon le matériau, être moulée en atelier (pierre artificielle), ou coulée sur chantier. Le béton fait alors « prise », c'est-à-dire qu'il se solidifie.

Ses principales caractéristiques sont :

- ✓ Une bonne résistance en compression simple ;
- ✓ Une mauvaise résistance à la traction 1,8 à 2,7 MPa;
- ✓ Un poids volumique compris entre 22 et 24 kN/m³ et environ 25 kN/m³ pour le béton armé ;

Pour l'établissement des projets et dans les cas courants, un béton est défini par la valeur de sa résistance à la compression à 28 jours dite valeur caractéristique requise (ou spécifiée) notée f_{c28} et choisie en fonction des conditions de fabrication du béton, de la classe du ciment utilisée et de son dosage.

Dans le cas de cette étude il sera opté pour une résistance de **25 MPa** à 28 jours pour un ciment de classe 45 de CPA, le gravier d'une granulométrie de diamètres variant entre 5/15 mm et 15/25 mm et le sable d'une granulométrie de diamètres variant entre 1.25 et 5mm.

La résistance du béton est également définie par la résistance caractéristique à la traction f_{tj} à j jour qui est conventionnellement définie par la relation :

$$f_{tj} = 0.6 + 0.06 \times f_{cj}$$

Pour ce projet la résistance du béton à la traction est égale à **2.1 MPa**.

b) Les aciers

L'**acier** est un alliage métallique utilisé dans les domaines de la construction métallique et de la construction mécanique.

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

C'est essentiellement la teneur en carbone qui confère à l'alliage les propriétés du métal qu'on appelle « acier ».

L'intérêt majeur des aciers réside d'une part dans le cumul de valeurs élevées dans les propriétés mécaniques fondamentales :

- résistance aux efforts : module d'élasticité 210 000 MPa, limite élastique de nuance HA Fe E400 ;
- Dureté ;
- Résistance aux chocs.

c) Evaluation des charges

Il s'agit dans cette partie de recenser toutes les charges devant s'appliquer sur notre bâtiment. Ces charges sont de deux (02) types :

Les charges permanentes et les charges d'exploitation. Les charges permanentes sont celles dont l'intensité est constante sinon très peu variable dans le temps et résultent du poids volumique des matériaux mis en œuvre tandis que les charges d'exploitation elles sont celles dont l'intensité varie avec le temps et sont fonctions de l'utilisation envisagé par le maître d'ouvrage.

- Constitution des planchers :

Les planchers sont constitués comme indiqué dans les tableaux ci-dessous avec leurs charges.

Tableau 1 : plancher terrasse non accessible

Elements	Epaisseur(m)	Poids volumique (KN/m^3)	Charges (KN/m^2)
Protection en gravillons	0,05	17	0,85
Etanchéité multicouche	0,02	6	0,12
Béton en forme de pente	0,06	22	1,32
Isolation thermique	0,04	4	0,16
Dalle pleine en Béton	0,16	25	4
Enduit en plâtre	0,03	10	0,30
Charges permanentes totale (G)			6,75
Charges d'exploitation (Q)			1,00

Tableau 2 : Plancher étage courant

Eléments	Epaisseur(m)	Poids volumique (KN/m^3)	Charges (KN/m^2)
Revetement en carrelage	0,02	22	0,44
Mortier de pose	0,02	20	0,4
Lit de sable	0,02	18	0,36
Dalle pleine en Béton	0,16	25	4
Enduit en plâtre	0,02	10	0,20
Cloison de séparation interne	0,15	14	2,10
Charges permanentes totale (G)			7,5
Charges d'exploitation (Q)			2,50

Tableau 3 : Plancher RDC

Eléments	Epaisseur(m)	Poids volumique (KN/m^3)	Charges (KN/m^2)
Revetement en carrelage	0,02	22	0,44
Mortier de pose	0,02	20	0,4
Lit de sable	0,02	18	0,36
Dalle pleine en Béton	0,16	25	4
Enduit en plâtre	0,02	10	0,20
Cloison de séparation interne	0,15	14	2,10
Charges permanentes totale (G)			7,5
Charges d'exploitation (Q)			5,00

Tableau 4 : Murs en maçonnerie

Eléments	Epaisseur(m)	Poids volumique (KN/m^3)	Charges (KN/m^2)
Enduit extérieur en mortier de	0,02	20	0,40
Briques creuses	0,15	14	2,10
Enduit intérieur en mortier de	0,02	20	0,40
Charges permanentes totale (G)			2,90

Tableau 5 : Escalier (palier)

Eléments	Epaisseur(m)	Poids volumique (KN/m^3)	Charges (KN/m^2)
Carrelage	0,02	22	0,44
Mortier de pose	0,02	20	0,4
Lit de sable	0,02	18	0,36
Dalle pleine en Béton	0,15	25	3,75
Enduit en plâtre	0,02	10	0,2
Charges permanentes totale (G)			5,15
Charges d'exploitation (Q)			2,50

Tableau 6 : Escalier (volée)

Eléments	Epaisseur(m)	Poids volumique (KN/m^3)	Charges (KN/m^2)
Carrelage	0,02	22	0,44
Mortier de pose	0,02	20	0,4
poids des marches	0,02	22	0,44
Paillasse	0,16	25	3,4
Enduit en plâtre	0,02	10	0,2
Garde corps			0,15
Charges permanentes totale (G)			5,03
Charges d'exploitation (Q)			2,50

2 PARTIE II METHODOLOGIE DE TRAVAIL

Le logiciel GRAITEC OMD, a été utilisé dans notre projet pour la descente des charges et pour le calcul du ferrailage de la majorité de nos éléments. Toutefois un calcul manuel sera effectué pour certain éléments tels que, poteau, poutre, dalle et Puits, escalier et voile.

I. Descente de charges

Il s'agit ici de faire une descente de charges qui donne la charge appliquée sur la semelle supportant le poteau P2 (**Annexe 5**). La descente de charge manuelle est en (**Annexe 7**). Le (**tableau12**) donne un résumé de la descente de charge.

3 PARTIE III PRE DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS

C'est une phase qui consiste à donner sur la base de formules (BAEL), l'ordre de grandeurs des éléments structuraux de l'ouvrage.

3.1 PRE DIMENSIONNEMENT DE LA DALLE

Toutes les dalles de notre bâtiment sont des dalles pleines et il s'agit ici de les prédimensionner. Nous avons fait le choix des dalles pleines car leur mise en œuvre est plus facile mais aussi elles nous reviennent moins chères que des dalles à hourdis par exemples. On considèrera les dalles comme continues, l'un des panneaux les plus contraignant et ayant l'une des plus grandes surfaces est celle que nous allons prédimensionner soit : $3,92 \times 6,13 \text{ m}^2$ (**Annexe 4**)

Soit :

- L_x : le petit côté du panneau ;
- L_y : le grand côté du panneau ;
- h_0 : l'épaisseur de la dalle ;
- $\alpha = L_x / L_y$

$\alpha = 0.64 > 0.4$ donc la dalle porte dans les deux (02) sens

- selon les plans architecturaux $h_0 = 16 \text{ cm}$
- $h_0 = 7 \text{ cm}$ pour 1h de coupe-feu
- Résistance à la flexion : $7,84 \leq h_0 \leq 9,8$ $h_0 = 10 \text{ cm}$
- Isolation phonique $16 \text{ cm} \leq h_0$

$$h_0 = \max (16 ; 10 ; 7)$$

$$h_0 = 16 \text{ cm}$$

3.2 PRE DIMENSIONNEMENT DES POUTRES

Il existe deux (02) types de poutres : les poutres isostatiques qui reposent sur deux appuis et les poutres hyperstatiques reposant sur plus de deux appuis. Nous allons calculer la poutre PP20 hyperstatique (**Annexe 5**).

Dans cette partie il s'agira de donner les règles d'obtention des dimensions des poutres et de faire un résumé des différentes poutres de notre ouvrage ainsi que leurs dimensionnement.

Nous désignons par L : la portée de la poutre qui est la distance entre deux (02) appuis ;

par h : la hauteur de la poutre ;

et par b : la largeur de la poutre.

- Poutre isostatique reposant sur deux (02) appuis (rotules simples), dont la formule de pré dimensionnement est la suivante :

$$\frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10} \text{ et } 0,25h \leq b \leq 0,5h$$

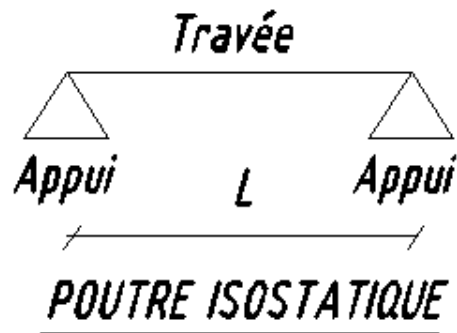


Figure 4 : Poutre isostatique

- Poutre hyperstatique reposant sur plusieurs appuis (poutres continues) dont la formule de pré dimensionnement est la suivant :

$$\frac{L}{25} \leq h \leq \frac{L}{15} \text{ et } 0,25h \leq b \leq 0,5h$$

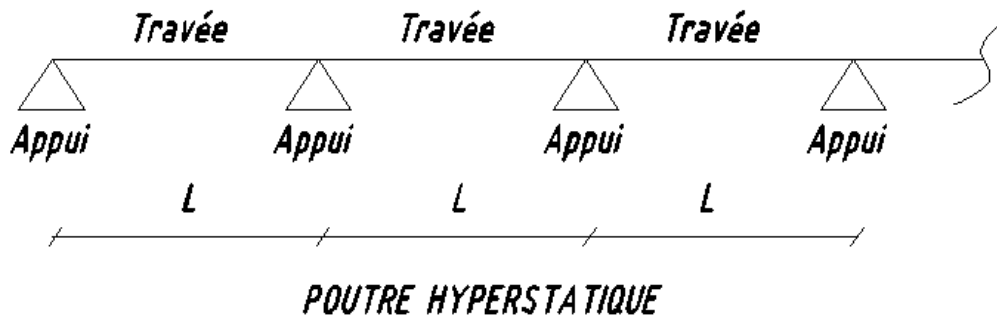


Figure 5 : Poutre continues à plusieurs travées

Eléments	Dimensions (cm)
Poutres continues	25x40
Poutre isostatiques	25x50

Tableau 7: tableau récapitulatif des poutres

3.3 PRE DIMENSIONNEMENT DES POTEAUX

Les poteaux seront prés dimensionnés tout en adoptant des dimensions qui évitent le flambement de ses derniers. Pour cela l'élancement λ doit être inférieur à 70.

Le tableau ci-dessous montre de détail de calcul de pré dimensionnement du poteau P2 de notre bâtiment (**Annexe 6**) car il est l'un des plus charger soit **2583,59 kN**. Il est à noter que nous avons dû nous conformer aux exigences architecturales ce qui justifie le choix après calcul.

Tableau 8 : Pré dimensionnement poteau P2

$\lambda = \frac{2\sqrt{3}}{a} \times l_f$ avec $l_f =$		2,8
a	=	0,28 m
a retenu	=	0,3 m
calcul de b: avec		$b < a$
$b = 0,02 + \frac{Br}{0,25 - 0,02}$		
b	=	0,510 m
b retenu	=	0,5 m

Tableau 9 : Tableau des poteaux et de leurs dimensions

Eléments	Dimension (cm)
P1; P2; P5	30x50
P3	50Ø
P4	20X50
P6	30X60

3.4 PRE DIMENSIONNEMENT ESCALIER

Le pré dimensionnement de l'escalier nous permet de définir les dimensions de notre escalier afin de se conformer aux besoins architecturaux, mais consiste aussi à faire une descente de charge dont les détails sont donnés en annexe 14. Il s'agit de pré dimensionner un escalier à deux (02) volées qui traversera le bâtiment depuis le sous-sol jusqu'aux dernier étages (**Annexe 8**).

Soit :

g : marche

h : contre marche

E : emmarchement

n : nombre de marche

Lv : longueur de volée

Lp : largeur palier de repos

α : angle escalier

Lpa : largeur paillasse

Ep : épaisseur paillasse

Avec comme données :

- Hauteur H de l'escalier = 4.00 m
- Hauteur sous plafond = 3.84 m

Détermination de g :

Utilisons la règle de Blondel.

$$61 \leq 2h + g \leq 65 \text{ avec } h \text{ varie de } 14 \text{ à } 20 \text{ cm}$$

Choisissons **h = 17 cm** conformément aux plans architecturaux

Déterminons g :

$$2h + g = m \Rightarrow g = m - 2h \text{ avec } 61 \leq m \leq 65$$

Prenons m = 62 cm.

$$g = 62 - 2 \times 17 = 28 \text{ cm}$$

g = 28 cm

Déterminons $E \geq 100 \text{ cm}$:

Nous retenons **E = 1.20 m** conformément aux plans architecturaux.

Déterminons n :

$$n = H/h \Rightarrow n = 23/17$$

n = 23 marches

Déterminons L_v :

$$L_v = [(n/2)-1] g = [(23/2)-1] 28 = 294 \text{ cm}$$

$$L_v = 2.94 \text{ m}$$

Déterminons L_p :

$$L_p = 1.2E = 1.2 \times 1.2 = 1.44 \text{ m}$$

Mais nous décidons de retenir 1 m pour des raisons architecturales.

Déterminons α :

$$\text{Tang } \alpha = h/g = 17/28 = 0.607$$

$$\alpha = 31.26^\circ$$

Déterminons L_{pa} :

$$\cos \alpha = L_v / L_{pa} \Rightarrow L_{pa} = L_v / \cos \alpha$$

$$L_{pa} = 294 / \cos 31.26$$

$$L_{pa} = 343.93 \text{ cm} = 3.44 \text{ m}$$

Déterminons E_p :

$$L_p / 30 \leq E_p \leq L_p / 20$$

$$343.93 / 30 \leq E_p \leq 3.93 / 20$$

$$11.46 \leq E_p \leq 17.20$$

Nous retenons $E_p = 15 \text{ cm}$

Tableau 10 : Descente de charge sur palier

Eléments	Epaisseur(m)	Poids volumique (KN/m^3)	Charges (KN/m^2)
Carrelage	0,02	22	0,44
Mortier de pose	0,02	20	0,4
Lit de sable	0,02	18	0,36
Dalle pleine en Béton	0,15	25	3,75
Enduit en plâtre	0,02	10	0,2
Charges permanentes totale (G)			5,15
Charges d'exploitation (Q)			2,50

$$P_u = 1.35 \times 5.15 + 1.5 \times 2.5 = 10.70 \text{ kN/m}$$

$$P_{ser} = 5.15 + 2.5 = 7.65 \text{ kN/m}$$

Tableau 11 : Descente de charge sur volée (paillasse)

Eléments	Epaisseur(m)	Poids volumique (KN/m^3)	Charges (KN/m^2)
Carrelage	0,02	22	0,44
Mortier de pose	0,02	20	0,4
poids des marches	0,02	22	0,44
Paillasse	0,16	25	3,4
Enduit en platre	0,02	10	0,2
Garde corps			0,15
Charges permanentes totale (G)			5,03
Charges d'exploitation (Q)			2,50

$$P_u = 1.35 \times 5.03 + 1.5 \times 2.5 = 10.54 \text{ kN/m}$$

$$P_{ser} = 5.03 + 2.5 = 7.53 \text{ kN/m}$$

3.5 PRE DIMENSIONNEMENT VOILE

Soit e l'épaisseur du voile ;

h_e la hauteur libre sous dalle ;

Déterminons l'épaisseur e du voile :

$$e = h_e / 20 = 384 / 20 = 19.2 \text{ cm}$$

Nous optons pour $e = 30 \text{ cm}$

4 PARTIE IV DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS

Le dimensionnement d'un élément de manière générale consiste à évaluer ses charges et à partir de ces dernières de faire un calcul de telle sorte à ce que l'élément puisse tenir en résistance à l'ELU et faire des vérifications à l'ELS. De manière générale, le principe de tout dimensionnement est que les sollicitations qu'exercent un objet sur un autre n'excèdent pas sa résistance intrinsèque.

4.1 DIMENSIONNEMENT DE LA DALLE

- Calcul des Moments

Les moments dus aux charges réparties :

E.L.U :

$$M_x = \mu_x \cdot p \cdot l_x^2 ; \quad \mu_x = 0,0765$$

$$P_{E.L.U} = 1,35 \times 7,5 + 1,5 \times 5,0 = 17,63 \text{ kN/m}^2$$

$$M_x = 0,0765 \times 17,63 \times 3,92^2 = 20,72 \text{ kN.m}$$

$$M_y = \mu_y \cdot M_x ; \quad \mu_y = 0,3472$$

$$M_y = 0,3472 \times 20,72 = 7,19 \text{ kN.m}$$

E.L.S :

$$M_x = \mu_x \cdot p \cdot l_x^2 ; \quad \mu_x = 0,0819$$

$$P_{E.L.S} = 7,5 + 5,0 = 12,5 \text{ kN/m}^2$$

$$M_x = 0,0819 \times 12,5 \times 3,92^2 = 15,73 \text{ kN.m}$$

$$M_y = \mu_y \cdot M_x ; \quad \mu_y = 0,5117$$

$$M_y = 0,5117 \times 15,73 = 8,05 \text{ kN.m}$$

- Le moment total appliqué sur la dalle

Pour M_x :

E.L.U

$$M_t = 0,8 M_x \quad \text{avec} \quad M_x = 20,72 \text{ kN.m}$$

$$M_t = 16,58 \text{ kN.m}$$

$$M_a = 0,3 M_x = 6,22 \text{ kN.m}$$

• Condition de B.A.E.L :

$$M_d = 0,5 M_x = 10,36 \text{ kN.m}$$

$$M_G = 0,3 M_x = 6,22 \text{ kN.m}$$

$$M_t + (M_G + M_d)/2 = 24,87 \text{ kN.m} < 1,25 \cdot M_x = 25,9 \text{ kN.m} \text{ (condition non vérifiée)}$$

$$M_t = 0,85 M_x = 17,61 \text{ kN.m}$$

$$M_t + (M_G + M_d)/2 = 25,9 \text{ kN.m} = 1,25 \cdot M_x = 25,9 \text{ kN.m} \text{ (condition non vérifiée)}$$

$$M_t = 0,9 M_x = 18,65 \text{ kN.m}$$

$$M_t + (M_G + M_d)/2 = 26,94 \text{ kN.m} = 1,25 \cdot M_x = 25,9 \text{ kN.m} \text{ (condition vérifiée)}$$

E.L.S

$$M_t = 0,8 M_x \text{ avec } M_x = 15,73 \text{ kN.m}$$

$$M_t = 12,58 \text{ kN.m}$$

$$M_a = 0,3 M_x = 4,72 \text{ kN.m}$$

- Condition de B.A.E.L :

$$M_d = 0,5 M_x = 7,87 \text{ kN.m}$$

$$M_G = 0,3 M_x = 4,72 \text{ kN.m}$$

$$M_t + (M_G + M_d)/2 = 18,88 \text{ kN.m} < 1,25 \cdot M_x = 19,66 \text{ kN.m} \text{ (condition non vérifiée)}$$

$$M_t = 0,85 M_x = 13,37 \text{ kN.m}$$

$$M_t + (M_G + M_d)/2 = 19,66 \text{ kN.m} = 1,25 \cdot M_x = 19,66 \text{ kN.m} \text{ (condition non vérifiée)}$$

$$M_t = 0,9 M_x = 14,16 \text{ kN.m}$$

$$M_t + (M_G + M_d)/2 = 20,45 \text{ kN.m} = 1,25 \cdot M_x = 19,66 \text{ kN.m} \text{ (condition vérifiée)}$$

- Calcul des Ferrailages :

$$A_s = \frac{M_u}{Z \cdot f_{su}}, \text{ avec } Z = d (1 - 0,4\alpha), \quad \alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu})$$

$$\text{Et } M_{ux} = 20,72 \text{ kN.m} ; M_{uy} = 7,19 \text{ kN.m}$$

- Calcul de A_{sx} :

$$\mu_x = 0,0765 ; \alpha = 0,11 ; Z = 0,12$$

$$A_{sx} = 4,96 \text{ cm}^2$$

- Calcul de A_{sy} :

$$\mu_x = 0.3472 ; \alpha = 0.55 ; Z = 0.10$$

$$A_{sy} = 2.06 \text{ cm}^2$$

- Condition de non fragilité

$$A_{min} = (0.23.b.d. f_{t28}) / f_e$$

$$A_{min} = 6,25 \text{ cm}^2 > A_{sx} \text{ et } A_{sy}$$

$$\text{Nous retenons donc } A_s = 6.25 \text{ cm}^2$$

Ce qui donne 6HA12 totalisant 6,66 cm²

On adoptera le même ferrailage suivant les deux directions.

Vérification à L'ELS :

On doit vérifier la condition suivante :

$$\alpha = \frac{\gamma-1}{2} + \frac{f_{c28}}{100}$$

$$\text{Avec } \gamma = \frac{M_u}{M_s}$$

- ,En travée

$$M_u = 18,85 \text{ kN.m}$$

$$M_s = 14,16 \text{ kN.m}$$

$$\gamma = 1.33$$

$$\alpha = \frac{1,33-1}{2} + \frac{25}{100} = 0,415$$

$$\alpha_{travée} = 0.365 < 0.415 \text{ (condition vérifiée)}$$

- En appui

$$M_u = 6.22 \text{ kN.m}$$

$$M_s = 4.72 \text{ kN.m}$$

$$\gamma = 1.33$$

$$\alpha = \frac{1,33-1}{2} + \frac{25}{100} = 0,415$$

$$A_{appui} = 0.365 < 0.415 \text{ (condition vérifiée)}$$

Remarque : le ferrailage du panneau de dalle se trouve en Annexe 9

4.2 DIMENSIONNEMENT DE LA POUTRE

La poutre que nous dimensionnerons est la poutre PP20 du plancher haut RDC. Il s'agit d'une poutre continue à deux (02) travées avec une section de 20x40 cm (**Annexe 5**). La charge exercée sur la poutre est uniformément répartie.

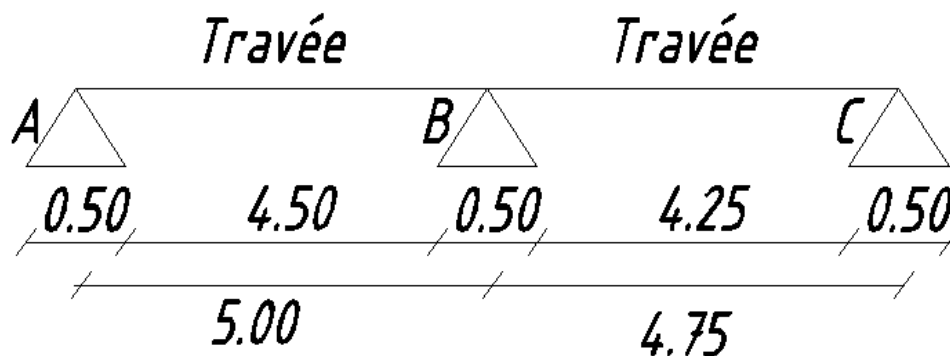


Figure 6 : Poutre hyperstatique PP20

Récapitulatif des charges sur la poutre PP20 :

- Maçonnerie : $2.90 \text{ kN/m}^2 \times 3.84 \text{ m} = 11.14 \text{ kN/m}$
- Chape: $22 \text{ kN/m}^3 \times 0.02 \times 3.84 \text{ m} = 1.70 \text{ kN/m}$
- Poids dalle : $4 \text{ kN/m}^2 \times 9.75 \text{ m} = 39 \text{ kN/m}$
- Poids propre poutre : $25 \text{ kN/m}^3 \times 0.25 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} = 2.5 \text{ kN/m}$

Charges permanentes (G) = 54.34 kN/m

Charges d'exploitations (Q) = $2.5 \text{ kN/m}^2 \times 9.75 \text{ m} = 24.38 \text{ kN/m}$

Combinaison d'actions :

ELU : $P_u = 1.35G + 1.50Q = 1.35 \times 54.34 + 1.50 \times 24.38 = 109.93 \text{ kN/m}$

ELS : $P_{ser} = G + Q = 54.34 + 24.38 = 78.72 \text{ kN/m}$

Le calcul des moments se trouvent en **Annexe 10**

- Calcul des armatures :

Pour le calcul des armatures, nous utiliserons le moment maximum à ELU des trois cas de charges. C'est le moment de l'appui A dans le cas de charge 1 et le moment en travée AB dans le cas de charge 2.

$$M_u = 117 \text{ kN.m}$$

- Calcul du moment réduit μ_u

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times F_{bu}}$$

$$\text{Avec } d = 0.9 \times h = 0.9 \times 0.4 = 0.36 \text{ m, } b = 0.2 \text{ m}$$

$$f_{bu} = \frac{0.85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_b}$$

Avec $\theta = 1$ car la durée d'application des charges est supérieure à 24 heures

$$f_{bu} = \frac{0.85 \times 25}{1 \times 1.5}$$

$$f_{bu} = 14.17 \text{ MPa}$$

$$\mu_u = \frac{0.117}{0.2 \times 0.36^2 \times 14.17}$$

$$\mu_u = 0.11$$

Calcul du paramètre de déformation α et du bras de levier z

$$\alpha = 1.25 (1 - \sqrt{1 - 2\mu_u})$$

$$\alpha = 1.25 (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.11})$$

$$\alpha = 0.14$$

$$Z = d (1 - 0.4 \times \alpha)$$

$$Z = 0.36 (1 - 0.4 \times 0.14)$$

$$Z = 0.34 \text{ m}$$

- Calcul de la section d'armatures longitudinales :

$$A_s = \frac{Mu}{z \times f_{su}}$$

$$A_s = \frac{0,117}{0,34 \times 347,83}$$

$$A_s = 9,89 \text{ cm}^2$$

6HA14 et 2HA12 Totalisant 9,96 cm²

- Armatures transversales Øt :

$$\phi t < \min\left(\frac{H}{35}; \phi l; \frac{B}{10}\right)$$

$$\phi t < \min\left(\frac{40}{35} \text{ cm}; 2,5 \text{ cm}; \frac{20}{10} \text{ cm}\right)$$

$$\phi t < \min(1,14 \text{ cm}; 2,5 \text{ cm}; 2 \text{ cm})$$

Nous optons pour :

$$\phi t = 8 \text{ mm}$$

Remarque: le ferrailage de la poutre PP20 se trouve en Annexe 10

4.3 DIMENSIONNEMENT DU POTEAU

Nous dimensionnerons le poteau P2 (**Annexe 3**) placé sur la semelle S1 partant du sous-sol jusqu'au dernier étage. Pour se faire, nous effectuerons une descente de charges dont le détail est en Annex 2. Pour trouver l'effort N_u en tête de poteau, nous vérifierons la résistance au flambement, et nous passerons au calcul des armatures. Nous présentons ci-dessous le résultat de la descente de charge le détail étant en **Annexe 7**.

Tableau 12 : Tableau résultat descente de charges

Charges	T	kN
Permanentes (G)	153,3	1503,10
Exploitations (Q)	37.7	369,60

Combinaison d'actions :

$$N_u = 1.35 G + 1.5 Q$$

$$N_{ser} = G + Q$$

$$N_u = 1.35 (1503.10) + 1.50 (369.60) = 2583.59 \text{ kN}$$

$$N_{ser} = G + Q = 1872.7 \text{ kN}$$

$$N_u = 2583.59 \text{ kN}$$

$$N_{ser} = 1872.7 \text{ kN}$$

Vérification du poteau au flambement :

$$L_f = 0.7L_0 = 0.7 \times 384 = 269 \text{ cm}$$

$$I = \frac{b \times h^3}{12}$$

$$I = \frac{0.3 \times 0.5^3}{12}$$

$$I = 0.0031 \text{ m}^4$$

$$S = b \times h = 0.3 \times 0.5 = 0.15 \text{ m}^2$$

- Calcul du rayon de giration r

$$r = \sqrt{(0.0031/0.15)} = 0.14 \text{ m}$$

$$\lambda = L_f/r = 2.69/0.14 = 19$$

$\lambda < 35$ le poteau ne flambe pas

Calcul des armatures du poteau :

$$\alpha = \left[\frac{0,85}{1+0,2\left(\frac{1}{35}\right)^2} \right]$$

$$\alpha = 0.77$$

- Calcul de Br :

$$Br = (a-0.02) (b-0.02)$$

$$Br = (0.5-0.02) (0.3-0.02)$$

$$Br = 0.1344 \text{ m}^2$$

- Armatures longitudinales

$$A_s = \left[\frac{Nu}{\alpha} - \frac{Br F_{c28}}{1,35} \right] \frac{\gamma_s}{F_e}$$

$$F_{c28} = 25 \text{ MPa} ; F_e = 400 \text{ MPa} ; \gamma_s = 1.15$$

$$A_s = \left[\frac{2583,59}{0,77} - \frac{0,1344 \times 25}{1,35} \right] \frac{1,15}{400}$$

$$A_s = 9.63 \text{ cm}^2$$

- Choix des armatures :

$$A = 4HA16 = 8.04 \text{ cm}^2 \text{ et } 2HA12 = 2.26 \text{ cm}^2$$

$$\text{Totalisant } 10.30 \text{ cm}^2$$

- Dispositions constructives

Section minimum d'acier A_{min}

$$A_{min} = 8 \left(\frac{a+b}{100} \right)$$

$$A_{min} = 8 \left(\frac{50+30}{100} \right)$$

$$A_{min} = 6.4 \text{ cm}^2$$

$$A_s > A_{min} : \text{condition vérifiée}$$

- Acier transversaux $\emptyset_t$

$$\emptyset_t > \emptyset_l/3$$

$$\emptyset_t > 16/3 \Rightarrow \emptyset_t = 5.33$$

$$\emptyset_t \text{ retenu } = 8 \text{ mm}$$

- Longueur de recouvrement L_r

Selon le **BAEL A8.1,3** au niveau des zones de recouvrement la longueur est égale à $0.6 l_d$ avec étant la longueur de scellement. Nous utilisons des aciers de résistance élastique $F_e = 400 \text{ MPA}$

Donc $40\varnothing$ avec $\varnothing$ le diamètre des aciers longitudinaux.

$$L_r \geq 40 \varnothing_{\max}$$

$$L_r \geq 40 \times 1.6 \Rightarrow L_r = 64 \text{ cm}$$

Nous retenons $L_r = 65 \text{ cm}$

- Espacement S_t

$$S_t < \min (15 \times \varnothing_l \text{ cm}; 30 + 10 \text{ cm}; 40 \text{ cm})$$

$$S_t < \min (24 \text{ cm}; 40 \text{ cm}; 40 \text{ cm})$$

$$S_t < 24 \text{ cm}$$

Nous retenons $S_t = 20 \text{ cm}$.

Remarque: le ferrailage du Poteau P2 se trouve en Annexe 11

4.4 DIMENSIONNEMENT DU PUIT

Il existe plusieurs types de fondations profondes :

- ✓ Les puits : pour un sol d'assise compris entre 3 et 6 m, les puits sont la technique de fondation recommandée. Les puits sont creusés à l'aide d'une pelle mécanique ou d'une benne preneuse, pour le réglage du fond il est nécessaire de procéder à une intervention manuelle. Selon la qualité des sols le blindage peut être prévu, provisoire (bois ou cercle métallique) ou définitifs (viroles en béton)
- ✓ Les barrettes : ce sont des éléments de parois moulées dans le sol (largeur 0,60 à 1 m, longueur 2 à 6 m), utilisés comme éléments porteurs. Ces éléments peuvent être sécants ou parallèles, de manière à s'adapter à la géométrie de l'ouvrage qu'ils supportent
- ✓ Les pieux (en béton, acier ou en bois), cette catégorie de fondation profonde est la plus utilisée.

En conclusion on décide de fonder notre ouvrage sur des puits comme recommander par l'étude de sols car il s'agit du type de fondation la mieux adapter pour notre projet afin d'atteindre la roche et de surcroît il existe plusieurs entreprises spécialisées sur la place capable de réaliser cela. Il s'agit maintenant de déterminer le diamètre ϕ du puits et sa longueur L nécessaire pour reprendre les efforts transmis par la structure.

Ainsi nous allons faire l'étude sur un puits, l'étude sur un puits isolé portant le poteau P2 calculer précédemment. Cette étude va nous permettre de déterminer ses caractéristiques géométriques, sa portance sous l'effet des charges apportées par le bâtiment.

- Hypothèse : Le substratum se trouve à une profondeur de 6m, on va donc considérer un puits de diamètre $\phi=1000\text{mm}$ et encastré dans les premières couches du substratum. On suppose en outre que le frottement négatif est négligé (on en tiendra compte dans la vérification aux états limites)
- La procédure consiste à vérifier si l'hypothèse permet d'avoir des portances qui satisfont aux conditions imposées par les efforts en tête de puits.

On va successivement déterminer la charge limite de pointe et la charge limite par frottement latéral. Ces deux valeurs seront combinées pour obtenir les différentes possibilités

d'occurrence (combinaisons d'action fondamentale, rare et quasi-permanente). Tous les calculs seront faits en conformité avec les prescriptions du fascicule 62 titre 5.

Détermination de la charge limite de pointe :

La charge limite de pointe est la charge maximale mobilisable à la base du puits. Dans le cas d'un essai pressiométrique de Ménard cette charge est donnée par :

$$Q_p = A K_p p_{le}^*$$

A : section de pointe

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 0,5^2 = 0,7853 \text{ m}^2$$

K_p : facteur de portance. C'est un coefficient qui est donné par le tableau suivant :

Nature des terrains		Éléments mis en œuvre sans refoulement du sol	Éléments mis en œuvre avec refoulement du sol
Argiles. Limons	A	1,1	1,4
	B	1,2	1,5
	C	1,3	1,6
Sables. Graves	A	1,0	4,2
	B	1,1	3,7
	C	1,2	3,2
Craies	A	1,1	1,6
	B	1,4	2,2
	C	1,8	2,6
Marnes. Marno-calcaires		1,8	2,6
Roches altérées (1)		1,1 à 1,8	1,8 à 3,2

(1) La valeur de k_p pour ces formations est prise égale à celle de la formation meuble du tableau à laquelle le matériau concerné s'apparente le plus. Le calcul proposé ici n'affranchit, en aucun cas, d'avoir recours aux méthodes spécifiques de la mécanique des roches.

Tableau 13 : Coefficient de portance K_p

Pour les éléments mis en œuvre sans refoulement du sol (pieu foré à boue) dans une roche altérée on a : $1,8 \leq K_p \leq 3,2$. Prenons $K_p = 1,8$

p_{le}^* : Est une pression moyenne autour de la base du puits. Elle est déterminée de la manière suivante

$$p_{le}^* = \frac{1}{3a+b} \int_{D-b}^{D+3a} p_l(z) dz$$

$$\text{Avec : } \begin{cases} a = B/2 \text{ si } B > 1 \text{ m} \\ a = 0,5 \text{ m si } B < 1 \text{ m} \end{cases}$$

$$a = B/2 = 1/2 = 0,5 \text{ m}$$

$b = \min(a ; h)$ où h est la hauteur de l'élément de fondation dans la couche porteuse.

$h \geq 3\phi = 3 \times 1 = 3\text{m}$ on prendra $h = 3\text{m}$

$b = \min(a ; h) = (0.5 ; 3) = 0.5\text{m}$

D : hauteur d'encastrement ;

$D = 16 + h = 16 + 3 = 19\text{m}$

$$P_{le}^* = \frac{1}{3 \times 0.5 + 0.5} \int_{19-0.5}^{19+3 \times 0.5} Pl(z) dz = \frac{1}{2} \int_{18.5}^{20.5} Pl(z) dz = \frac{1}{2} \sum_{18.5}^{20.5} Pl(z) = 0.5 (pl(19) + pl(20))$$

$$P_{le}^* = 0.5 (2.28 + 3.26) = 2.77\text{MPa}$$

On a donc : $Q_p = 0,7853 \times 1,8 \times 277 = 3915.50 \text{ kN}$

$Q_p = 391.55 \text{ Tonnes}$

Détermination de la charge limite par frottement latéral :

L'effort total limite mobilisable par frottement latéral sur toute la hauteur h concernée du fût du puits est calculé par l'expression suivante :

$$Q_s = P \int_0^h q_s(z) dz$$

P : périmètre du puits,

$P = 2\pi r = 2 \times 3,14 \times 0,5 = 3,14\text{m}$

h : hauteur sur laquelle s'exerce le frottement latéral diminuée de la hauteur sur laquelle s'exerce le frottement négatif ($9 \leq h \leq 19$)

q_s frottement latéral unitaire limite. La détermination de q_s dépend de la nature du sol, du type de puits et de la pression limite nette pl^* . vu qu'il s'agit d'un puits on utilisera la courbe Q2 pour le sable moyennement compact et le schiste (roche altérée). Les graphes ci-dessous nous donnent le frottement latéral unitaire limite selon la courbe utilisée.

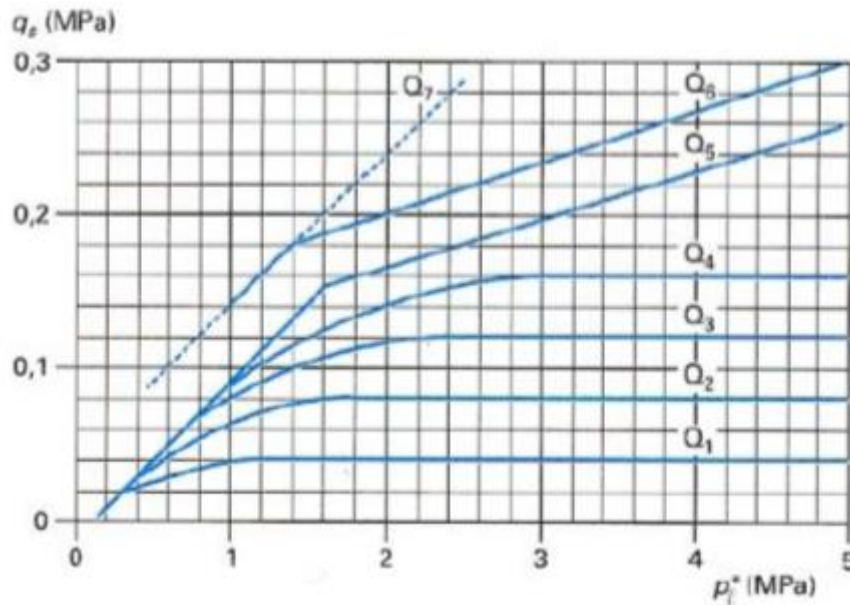


Figure 7: Frottement unitaire

Nous retenons apres lecture sur les graphes $q_s = 0,08 \text{ MPa}$

Ainsi on peut calculer Calcul de la charge limite de frottement latéral Q_s :

$$Q_s = p \times \int_0^6 q_s(z) dz = 3,14 \times \int_0^6 0,08(z) dz$$

$$Q_s = 1,5 \text{ MPa}$$

$$Q_s = 150 \text{ Tonnes}$$

Calcul de la capacité portante :

Le calcul de q_s et q_p étant faits, il reste plus qu'à les combiner pour obtenir la capacité portante du puits selon les cas de combinaison.

E L U fondamentale :

$$Q = \frac{Q_p + Q_s}{1,4} = \frac{391,55 + 150}{1,4} = 386,82 \text{ Tonnes}$$

E L S rare :

$$Q = \frac{0,5Q_p + 0,7Q_s}{1,1} = \frac{0,5 \times 391,55 + 0,7 \times 150}{1,1} = 273,4 \text{ Tonnes}$$

E L S quasi-permanente :

$$Q = \frac{0,5Q_p + 0,7Q_s}{1,4} = \frac{0,5 \times 391,55 + 0,7 \times 150}{1,4} = 214,84 \text{ Tonnes}$$

Comparativement aux charge du poteau **P2** qui sont de :

263,5 Tonnes à l'ELU et **191 Tonnes** à l'ELS

Nous pouvons donc conclure que le puits qui sera réaliser aura les dimensions suivante :

$\phi = 1\text{m}$ et $L = 6\text{m}$

Détermination des armatures :

Les tableaux ci-dessous présente les différentes sections d'acier pour les armatures longitudinales et transversales en fonction des caractéristiques géométriques du puits.

Diamètre du pieu (cm)	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Aire de béton (cm ²)	1 964	2 868	3 849	5 027	6 362	7 854	9 504	11 310	13 274
Aire minimale d'acier (cm ²)	9,82	14,14	19,25	25,14	31,81	39,27	47,52	56,55	66,37
Exemple de ferrailage minimal	9 Ø 12 ou 7 Ø 14 ou 5 Ø 16	10 Ø 14 8 Ø 16 5 Ø 20	10 Ø 16 7 Ø 20 5 Ø 25	13 Ø 16 8 Ø 20 6 Ø 25	13 Ø 16 11 Ø 20 7 Ø 25	13 Ø 20 8 Ø 25	16 Ø 20 10 Ø 25	18 Ø 20 12 Ø 25	22 Ø 20 14 Ø 25

Tableau 14: Armatures longitudinales

Armatures longitudinales ϕ (mm)	12	14	16	20	25	32
Armatures transversales ϕ (mm)	6-8	6-8	8-10	12-14	12-14-16	16

Tableau 15: Armatures transversales

Nous retenons

Aciers longitudinaux = 39,27 cm² ce qui nous donne 20HA16 totalisant 40,22 cm²

Aciers transversaux = 24HA10, st=25

Les valeurs ci-dessous sont un récapitulatif des caractéristiques géométriques trouvé et de la section minimale d'acier trouver.

$\phi = 1,00 \text{ m}$

$L = 6,00 \text{ m}$

Aciers longitudinaux = 20HA16

Aciers transversaux = 24HA10 st 25

Remarque : le ferrailage du puits se trouve en Annexe 12

4.5 DIMENSIONNEMENT DE L'ESCALIER

- Calcul armatures longitudinales :

$$M_u = P_u l^2 / 8 = 10.70 \times 3.44^2 / 8 = 15.83 \text{ kN.m}$$

$$\mu = \frac{M_u}{b \times d^2 \times \sigma_b}$$

$$\mu = \frac{15.83 \times 10^2}{100 \times 15.32 \times 14.17 \times 0.1}$$

$$\mu = 0.048$$

$\mu = 0.048 < \mu_1 = 0.392$ alors pas d'armature comprimée

$$A = \frac{0.8 \times \alpha \times b \times d \times \sigma_b}{\sigma_s}$$

Avec :

$$\alpha = 1.25 (1 - \sqrt{1 - 2\mu_u})$$

$$\alpha = 1.25 (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.048})$$

$$\alpha = 0.062$$

$$A = \frac{0.8 \times 100 \times 0.062 \times 15.3 \times 14.17}{347.82}$$

$$A = 3.09 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A \geq A_{\min} = \frac{0.23 \times b \times d \times f_{t28}}{f_e} = \frac{0.23 \times 15.3 \times 100 \times 2.1}{400} = 1.84 \text{ cm}$$

$A \geq A_{\min}$ condition vérifiée

Nous retenons : **9HA12 totalisant 10,17 cm²**

- Calcul espacement :

$$S_t = 100 / 5 = 20 \text{ cm}$$

- Calcul armatures de répartition :

$$A_r = A/2 = 3.09/2 = 1.55 \text{ cm}^2$$

Nous retenons : **18HA10 totalisant 14,22 cm²**

$$St = 25$$

- Calcul armatures sur appuis :

On prévoit forfaitairement des armatures de chapeau de section supérieure à 15% de la section des armatures longitudinales.

$$A_a \geq 0,15 \times A$$

$$A_a \geq 0,15 \times 3,09$$

$$A_a \geq 0,15 \times 3,09 = 0,46 \text{ cm}^2$$

Nous retenons : **9HA12 = 10,17 cm²**

Nous prenons **St = 25 cm**

Remarque : le ferrailage de l'escalier se situe en Annexe 13

4.6 DIMENSIONNEMENT DU VOILE

- Calcul des sollicitations :

On prend comme hypothèse pour le calcul des voiles ; un encastrement parfait au niveau du massif des fondations et libre à l'autre côté.

Le moment fléchissant maximum est donné par la formule suivante :

$$M_{ser} = \frac{2Ph}{9\sqrt{3}}$$

$$P = \frac{1}{2}h^2(\gamma_d \cdot k_0 + \gamma_w)$$

γ_d : Poids spécifique du remblai = 18 KN/m³.

γ_w : Poids volumique de l'eau = 10 KN/m³.

$k_0 = \tan^2[(\pi/4 - \varphi/2)] = [(1 - \sin\varphi)/(1 + \sin\varphi)]$, k_0 : Coefficient de poussée

φ : Angle de frottement ; les résultats des essais de cisaillement effectués sur les matériaux prélevés donne comme angle de frottement interne ($\varphi=11,900^\circ$) ce qui nous donne $k_0=0,67$

$$P = \frac{1}{2}3,84^2(18 \times 0,67 + 10)$$

$$P = 162,64 \text{ kN}$$

$$M_{ser} = \frac{2 \times 162,64 \times 3,84}{9\sqrt{3}}$$

$$M_{ser} = 80,13 \text{ kN,m}$$

- Calcul de l'effort normal :

Poids du voile

$$N1 = \gamma_{\text{béton}} \times 1 \text{ ml} \times h \times e$$

$$N1 = 25 \text{ KN/m}^3 \times 1 \text{ ml} \times 4 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}$$

$$N1 = 20 \text{ kN}$$

Poids du plancher intermédiaire

$$N2 = \text{charge surfacique plancher} \times L_{\text{inf}} \times 1 \text{ ml}$$

$$N2 = 7.5 \text{ KN/m}^2 \times 6,50 \times 1 \text{ ml} = 48,75 \text{ kN}$$

Charge d'exploitation : Q

$$Q = 2.5 \text{ KN/m}^2 \times 6,50 \times 1 \text{ ml} = 16.25 \text{ kN}$$

$$N = N1 + N2 + Q$$

$$N = 20 + 48.75 + 16.25 \text{ KN}$$

$$N = 85 \text{ kN}$$

- Calcul de l'excentricité :

$$e = M/N = 80.13 / 85 = 0.94 \text{ m}$$

$e = 0.94 \text{ m} < 4h \Rightarrow$ Le calcul se fera en flexion composée

Pour les aciers de nuances FeE400 avec $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$, $\overline{\sigma_{st}} = 267 \text{ MPa}$

$$\overline{\sigma_{bc}} = 0.60 \cdot f_{c28} \text{ MPa}$$

$$\overline{\sigma_{bc}} = 15 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{RB} = \frac{n \cdot \overline{\sigma_{bc}} \cdot d}{n \cdot \overline{\sigma_{bc}} + \overline{\sigma_{st}}}$$

$$\gamma_{RB} = \frac{15 \cdot 15 \times 0.9 \times 20}{15 \times 15 + 267}$$

$$\gamma_{RB} = 8.23 \text{ cm}$$

- Calcul des aciers principaux

Moment du béton réduit : M_{RB}

$$M_{RB} = 1/2 \cdot b \cdot \gamma_{RB} \cdot \overline{\sigma_{bc}} \left(d - \frac{\gamma_{RB}}{3} \right)$$

$$M_{RB} = \frac{1}{2} \times 0,0823 \times 15 \left(0,9 \times 0,2 - \frac{0,0823}{3} \right)$$

$$M_{RB} = 0,094 \text{ MN.m}$$

$$M_{RB} = 94,17 \text{ kN.m} > M_{SER} = 80,13 \text{ kN.m}$$

Le béton comprimé seul reprend l'effort de compression ($A_{sc} = 0$).

Calcul simplifié en posant $\gamma_{RB} = \gamma_1$

$$A_s = \left(\frac{M_{ser}}{\sigma_{bc} \left(d - \frac{\gamma_{RB}}{3} \right)} \right)$$

$$A_s = \frac{M_{ser}}{\sigma \left(d - \frac{\gamma_{RB}}{3} \right)} = 0,000532 \text{ m}^2 / \text{ml} = 5,32 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

Nous optons pour : 10HA10/ml soit 7,85 cm², St = 10 cm

- Condition de non fragilité :

$$\frac{A_{min}}{b.d} > \frac{0,23 f_{tj}}{f_e} \cdot \frac{e - 0,45d}{e - 0,185d}$$

$$\frac{A_{min}}{b.d} > \frac{0,23 \times 2,1 \times 0,18 \times 1}{400} \cdot \frac{0,62 - 0,45 \times 0,18}{e - 0,185 \times 0,18} = 0,00027 \text{ m}^2 / \text{ml} = 2,7 \text{ cm}_2$$

- Armatures transversales :

$A_r \geq 0,08.e_v$ avec e_v : épaisseur du voile

$$A_r \geq 0,08 \times 30 = 1,6 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

Nous optons pour : 16HA8 soit 8,04 cm² avec St = 25 cm

Remarque : le ferrailage du voile se trouve en Annexe 14

4.7 MODELISATION DE LA STRUCTURE

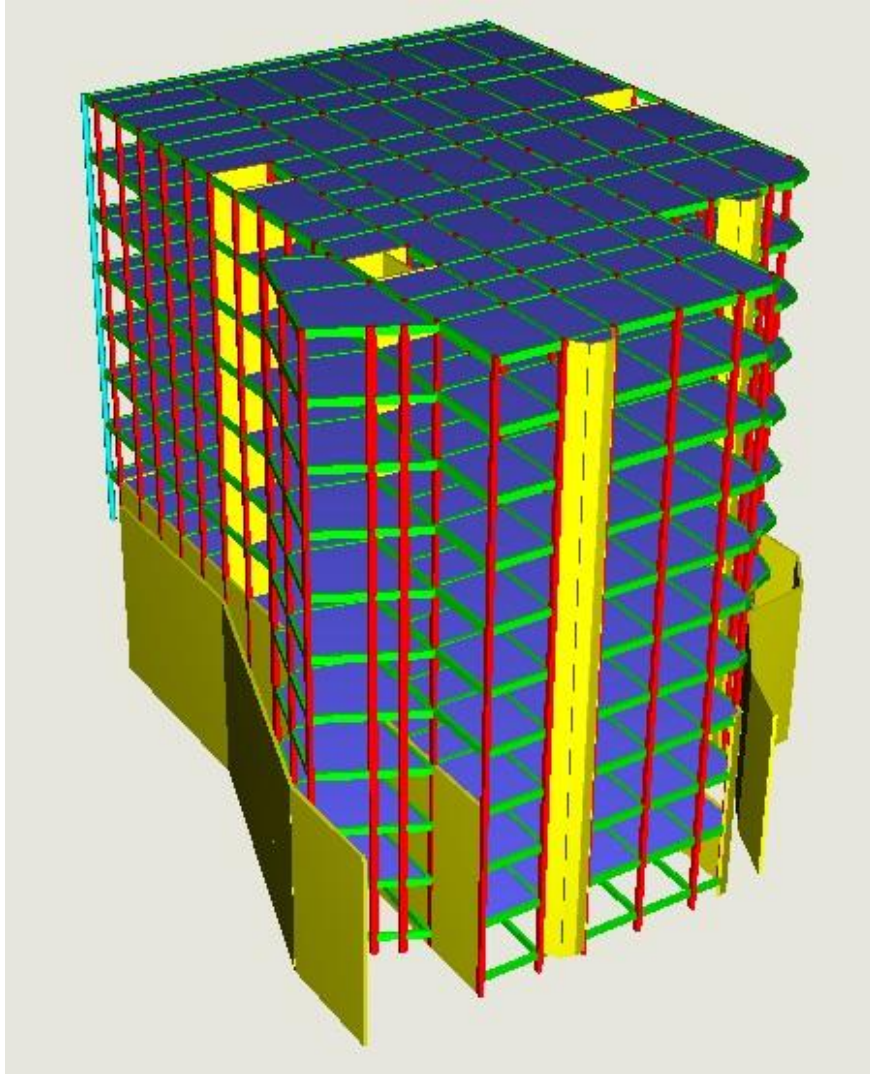


Image 1 : Vu en 3D de la structure

L'étude de ladite structure se base sur les résultats d'une modélisation en trois dimensions. Le modèle adopté comporte neuf (9) niveaux, avec un encastrement à la base. Après introduction de certaines caractéristiques et données liées à la structure (géométrie, matériaux et chargement), on procède à la disposition des voiles afin d'avoir un bon comportement de la structure.

Le ferrailage des différents éléments issu de la modélisation se trouve en Annexe 12

4.8 ÉVALUATION DES IMPACTS

ENVIRONNEMENTAUX ET SOCIAUX DU PROJET ET PROPOSITION DES MESURES D'ATTENUATION

I. Catégorisation du projet

L'ouvrage faisant l'objet de la présente étude est un bâtiment en béton armé de six (06) étages et trois (03) sous-sols, appelé projet « WAGUE » du nom de son promoteur. Destiné en partie à un usage commercial, le 3eme sous-sol étant aménagé en place de parking, le 2eme sous-sol au 1er étage comporte des magasins et des appartements. Les étages supérieurs ne comportent que des appartements. Afin de mener une évaluation environnementale il est tout d'abord important de catégoriser notre projet. Chaque projet est classé dans une des quatre catégories qui existent. Les projets de la catégorie A sont soumis à une Etude d'Impact Environnementale et Sociale détaillée (EIES), ceux en B sont soumis à une Etude d'Impact Environnementale simplifiée ou Notice d'Impact Environnementale et Sociale (NIES). Les projets en C et D ne sont soumis à aucune étude. La catégorisation du projet nous amène donc au choix de la **catégorie A**, il s'agit de l'activité de construction et d'un bâtiment à usage de commerce et d'habitation. Ainsi donc une Etude d'Impact Environnementale détaillée (EIES) sera réalisée.

L'étude d'impact en elle-même comportant l'évaluation, la description des impacts, le plan de gestion environnemental ainsi que les mesures d'atténuation et de bonification des impacts se trouve en **Annexe 16**.

II. Plan de gestion environnemental et social

Le plan de gestion environnementale et sociale (**PGES**) est conçu comme un cadre de gestion des activités pour une mise en œuvre efficace et efficiente des différentes mesures proposées. Il décrit les mesures requises pour prévenir, minimiser, atténuer, bonifier ou compenser les impacts environnementaux et sociaux négatif ou pour accroître les impacts positifs. Il consiste à faire respecter les engagements environnementaux du projet. Il contribue à renforcer de façon effective l'apport du projet dans le développement socio-économique durable des zones cibles.

Le PGES définit le cadre de suivi et de surveillance ainsi que les dispositions institutionnelles à prendre durant la mise en œuvre du projet et la réalisation des activités pour atténuer les impacts environnementaux et sociaux défavorables, les supprimer ou les réduire des niveaux acceptables.

III. Mesures d'atténuation et de bonification des impacts environnementaux

Ces mesures permettent d'atténuer ou de bonifier les impacts négatifs et de les compenser en mettant en exergue les impacts positifs.

a) Mesure d'atténuation sur le milieu biophysique

- Nous proposons afin de réduire les effets sur le sol, le sous-sol et les eaux, d'isoler les eaux pluviales, de ruissellement et les eaux usées, d'isoler les hydrocarbures et tous produits dangereux du site, et de mettre en place des procédures spécifiques en cas d'accident.
- Comme mesures d'atténuation sur l'air, nous proposons un arrosage du site pendant la période de réalisation, puis une collecte des ordures en fonction de leur provenance pour être évacuées selon le type de déchets aussi en période de réalisation ou après.

b) Mesure d'atténuation sur le milieu humain

- Equiper le personnel sur le chantier des équipements de protection individuels adapter à l'activité exécuté.
- Effectuer les taches provoquant des nuisances sonores à des heures appropriées.

4.9 UN DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Ce devis quantitatif et estimatif concerne uniquement la partie gros œuvre, les autres corps d'état ni sont pas compris. Le tableau ci-dessous est un résumé du dut devis.

Elément	Quantité	Prix Unitaire	Prix Fcfa
Installations de chantier	Ft	1.850.000 Fcfa	1.850.000
Implantation des ouvrages et contrôle d'aplomb à chaque niveaux	Ft	3.850.000 Fcfa	3.850.000
Fouille en puit pour le pieux	89.49 m ³	2.500 Fcfa/m ³	223.725
Total			5.923.725

BETON			
Elément	Quantité m ³	Prix Unitaire Fcfa/m ³	Prix Fcfa
Puits	109,49	30.000	3.234.700
Dalle	933,19	30.000	27.995.700
Poutre	362,36	30.000	10.870.800
Poteau	401,08	30.000	12.032.400
Voile	918,46	30.000	27.553.800
Total	2.704,58		81.687.400

COFFRAGE			
Elément	Quantité m ²	Prix Unitaire Fcfa / m ²	Prix Fcfa
Puit	115,20	3.500	403.200
Dalle	5.172,40	3.500	18.103.400
Poutre	3.436,00	3.500	12.026.000
Poteau	4.234,80	3.500	14.821.800
Voile	7.430,05	3.500	26.005.175
Total	20.389,44		71.359.575

ACIER HA			
Elément	Quantité Kg	Prix Unitaire Fcfa / Kg	Prix Fcfa
Puit	13.940,00	1.200,00	16.728.000,00
Dalle	30.390,00	1.200,00	36.428.000,00
Poutre	80.031,00	1.200,00	96.037.200,00
Poteau	21.173,00	1.200,00	25.407.600,00
Voile	35.034,00	1.200,00	42.040.800,00
Total	180.568,00		216.641.600,00

Total Général HT 375.612.300,00 Fcfa

Total Général TTC 443.222.514,00 Fcfa

CONCLUSION

La rédaction de ce mémoire nous a permis de proposer un dimensionnement de l'ossature de notre bâtiment.

Au terme de cette étude, il a été réalisé :

- Le dimensionnement structural du bâtiment
 - Plancher 16 cm
 - Poutres 25x40
 - Poteau 30x50
 - Fondation (puits) $\phi 100$ cm
- Une étude d'impact environnemental et social
- Un devis estimatif du gros œuvre 443.222.514 FCFA TTC

Nous avons premièrement abordé le contexte dans lequel se trouve notre projet, de la problématique qui est d'effectuer une étude structurale optimale tout en se basant sur les plans architecturaux. Ensuite nous avons d'une part présenté les objectifs et les hypothèses avec lesquels nous avons travaillé et d'autre part donné la méthodologie et le matériel utilisé.

Tout projet actuel devant normalement faire l'objet d'une étude d'impact environnementale, nous n'avons donc pas déroger à cette règle.

Enfin nous avons présenté au maître d'ouvrage le coût de son projet en se limitant uniquement sur le gros œuvre.

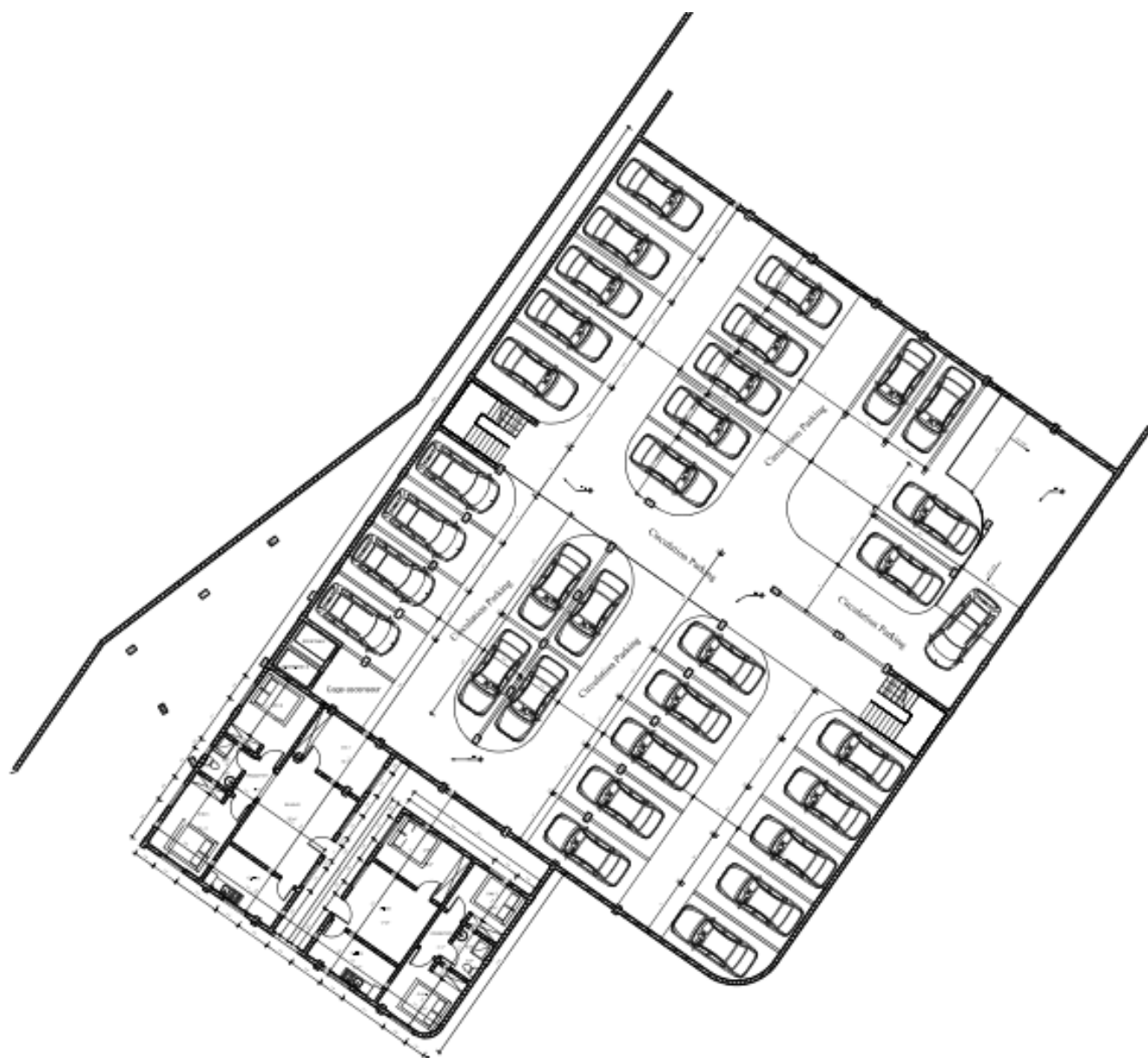
Cette étude nous a permis de découvrir un peu plus en profondeur le sujet des fondations profondes qui n'est pas toujours approfondi lors des cours par les enseignants.

BIBLIOGRAPHIE

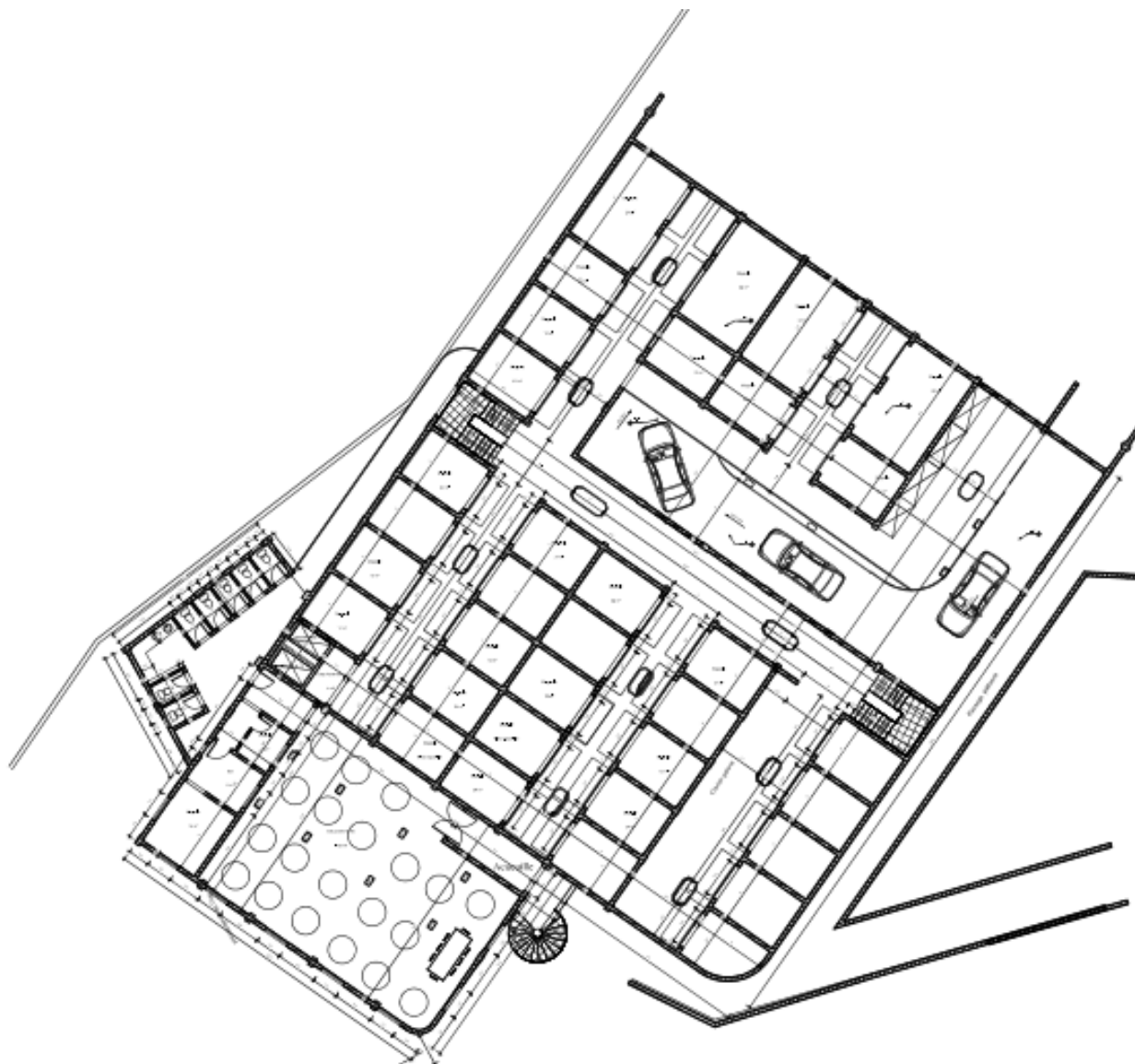
- ✓ BAEL, 91 Jean-Pierre Mouglin, Béton Armé aux Etats Limites 91modifié99, deuxième Edition Eyrolles 2000.
- ✓ HENRY THONIER Conception et calcul des structures des bâtiments (TOME 1) deuxième Edition.
- ✓ RENAUD, H. Technologie du bâtiment Gros œuvre. Paris : Edition FOUCHER NATHAN 2002
- ✓ R. ARAIT, D. SOMMIER, avec la collaboration de J P BATTAIL guide du constructeur en bâtiment Edition 2006-2007.
- ✓ D. Didier, M. LE BRAZIDEC, P. NATAF, J THIESSET précis Bâtiment (conception, mise en œuvre, Normalisation) AFNOR et les Editions NATHAN.

ANNEXE

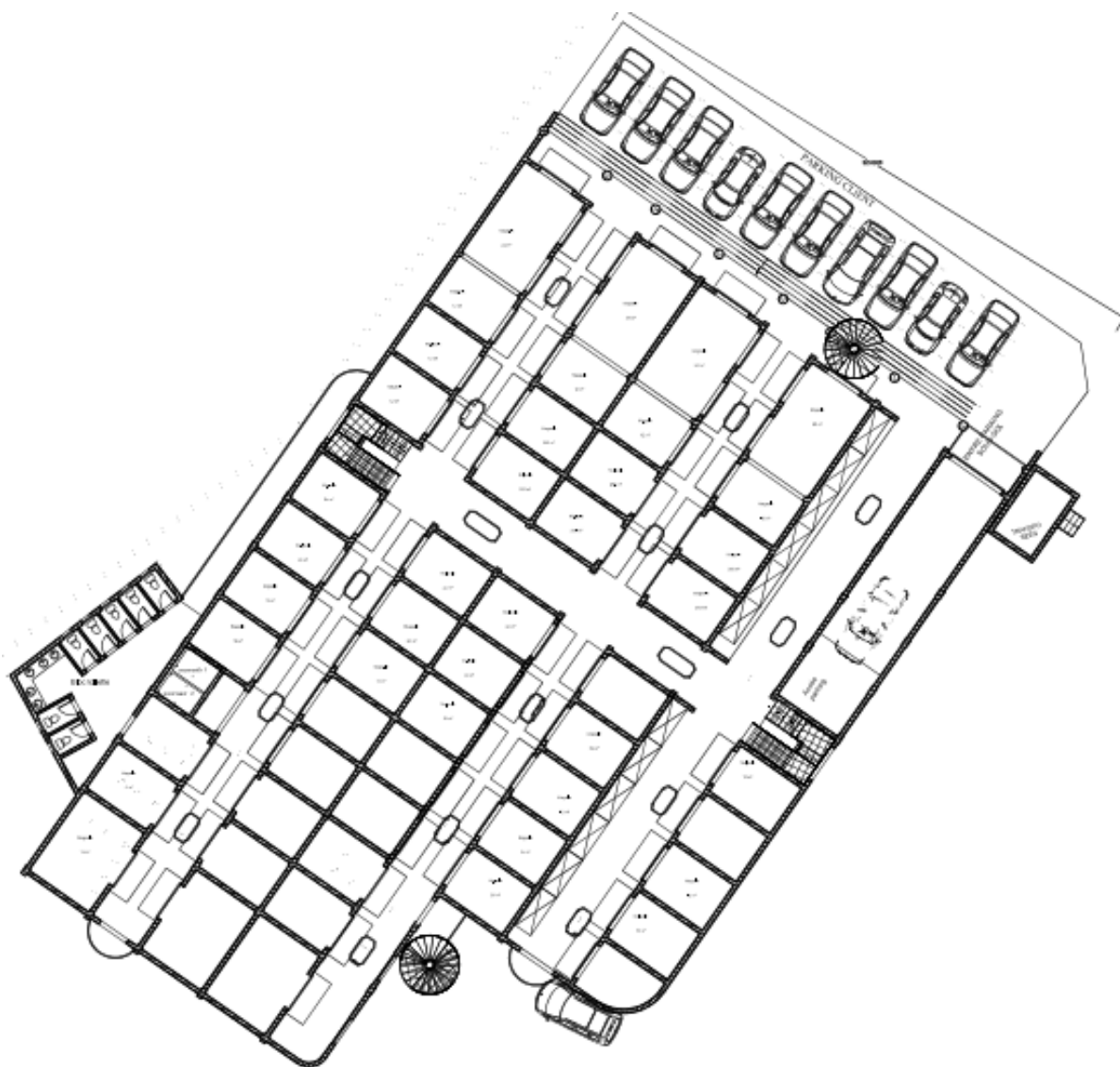
Annexe 1 : Plans architecturaux



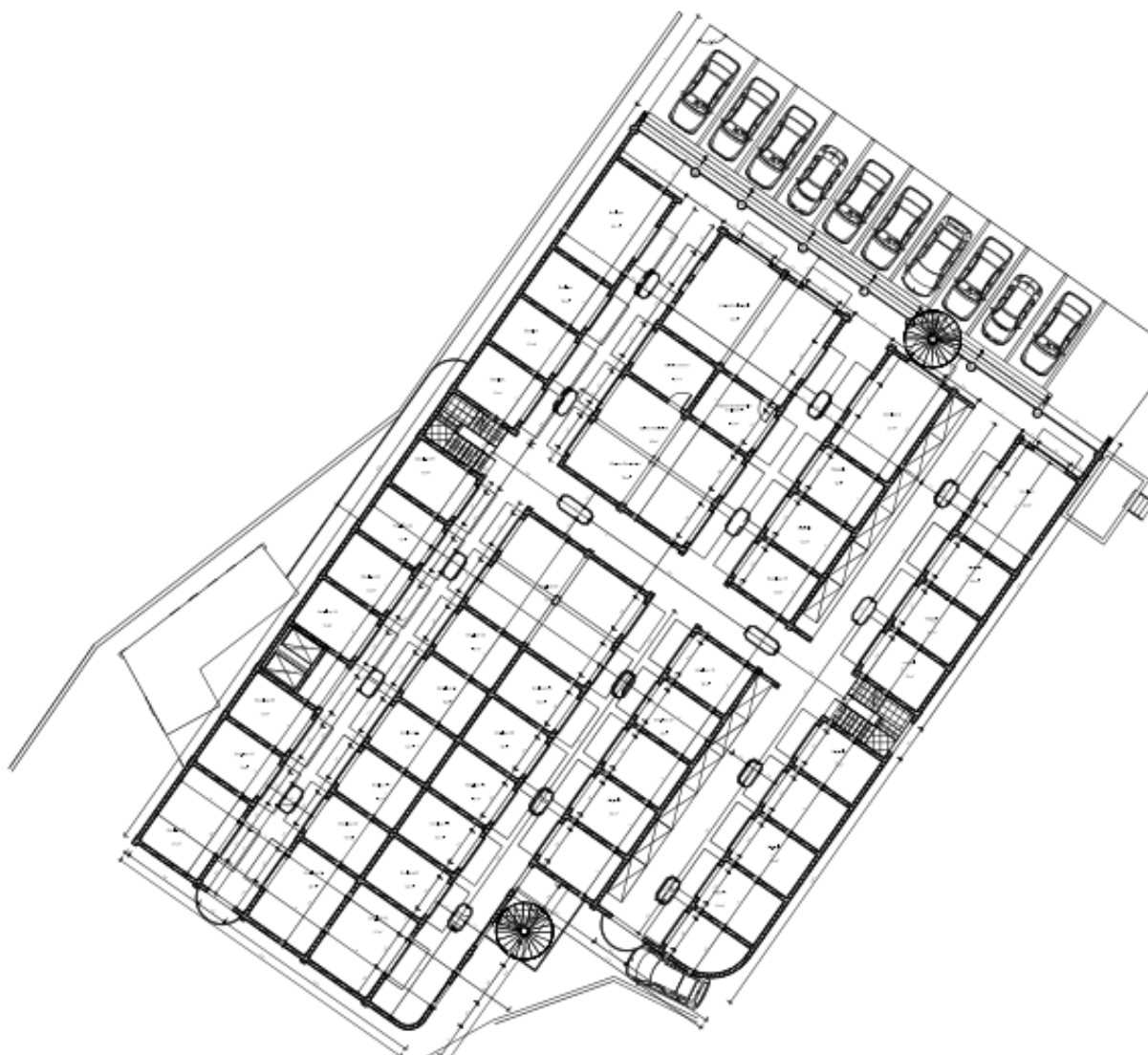
Annexe 1.1 : Sous-sol 3



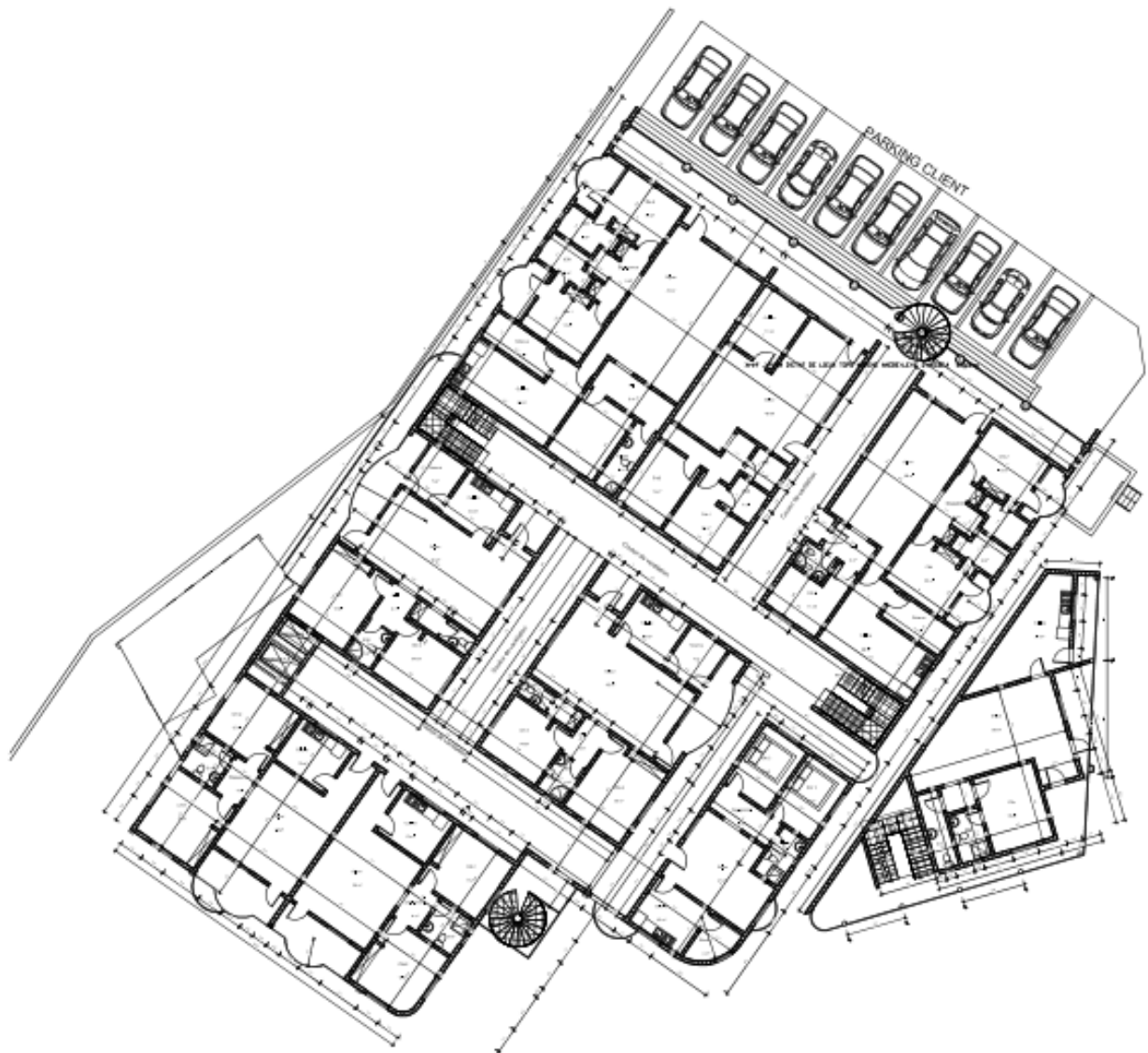
Annexe 1.2 : Sous-sol 2



Annexe 1.3 : Sous-sol 1

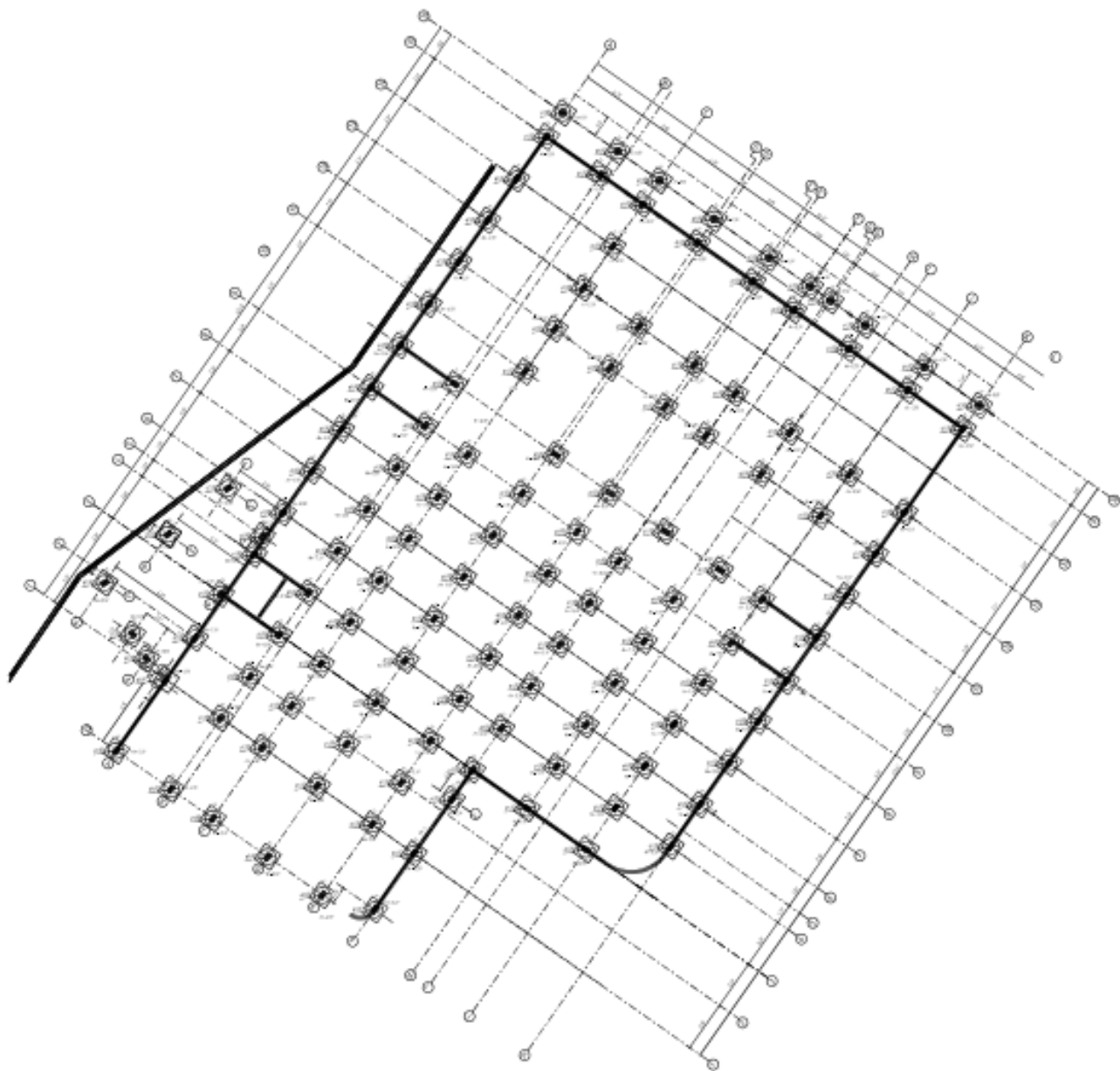


Annexe 1.4 : Etage 1



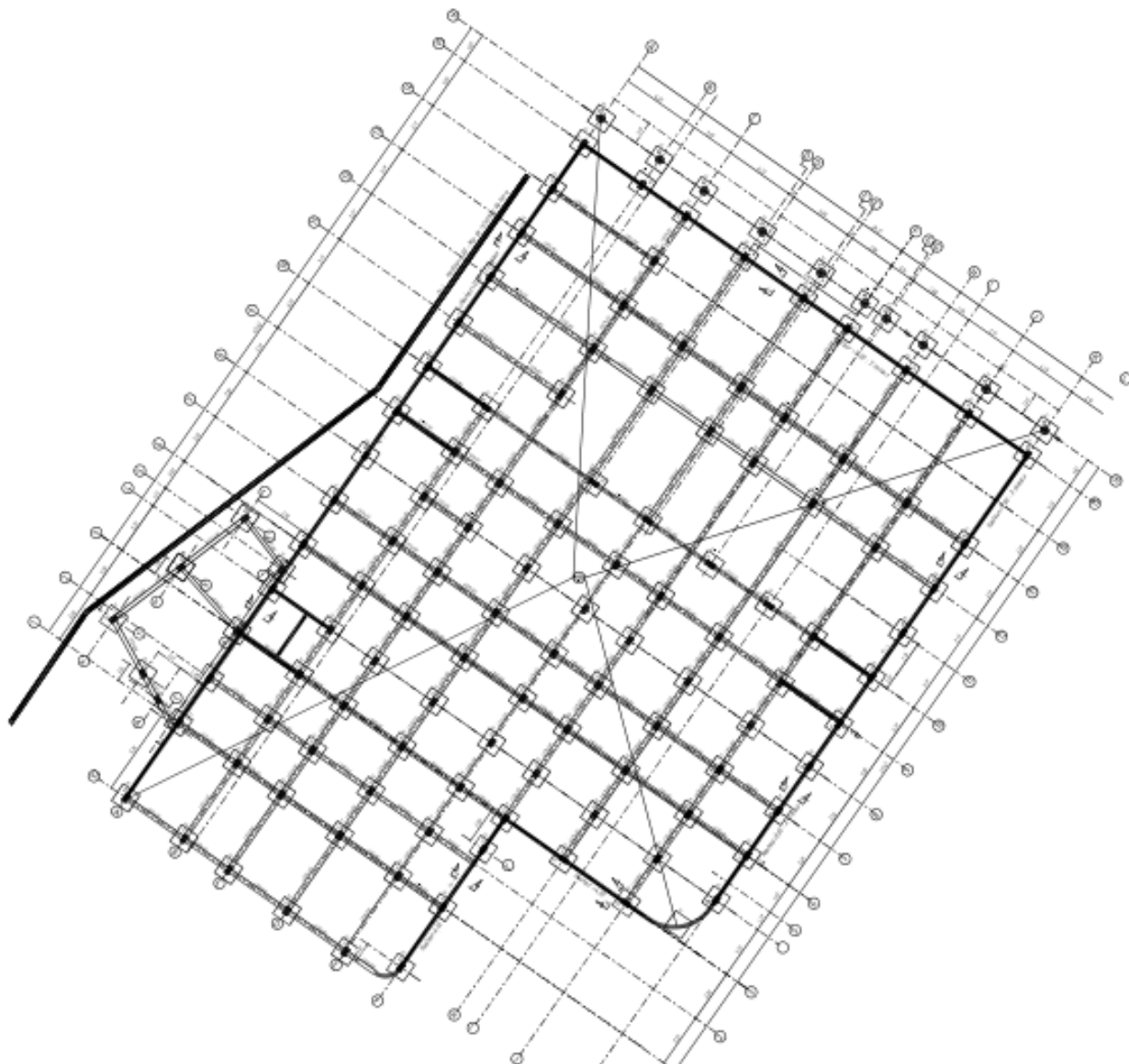
Annexe 1.5 : Plan étages courant 2eme, 3eme, 4eme, 5eme, 6eme

Annexe 2 : Plans de fondations

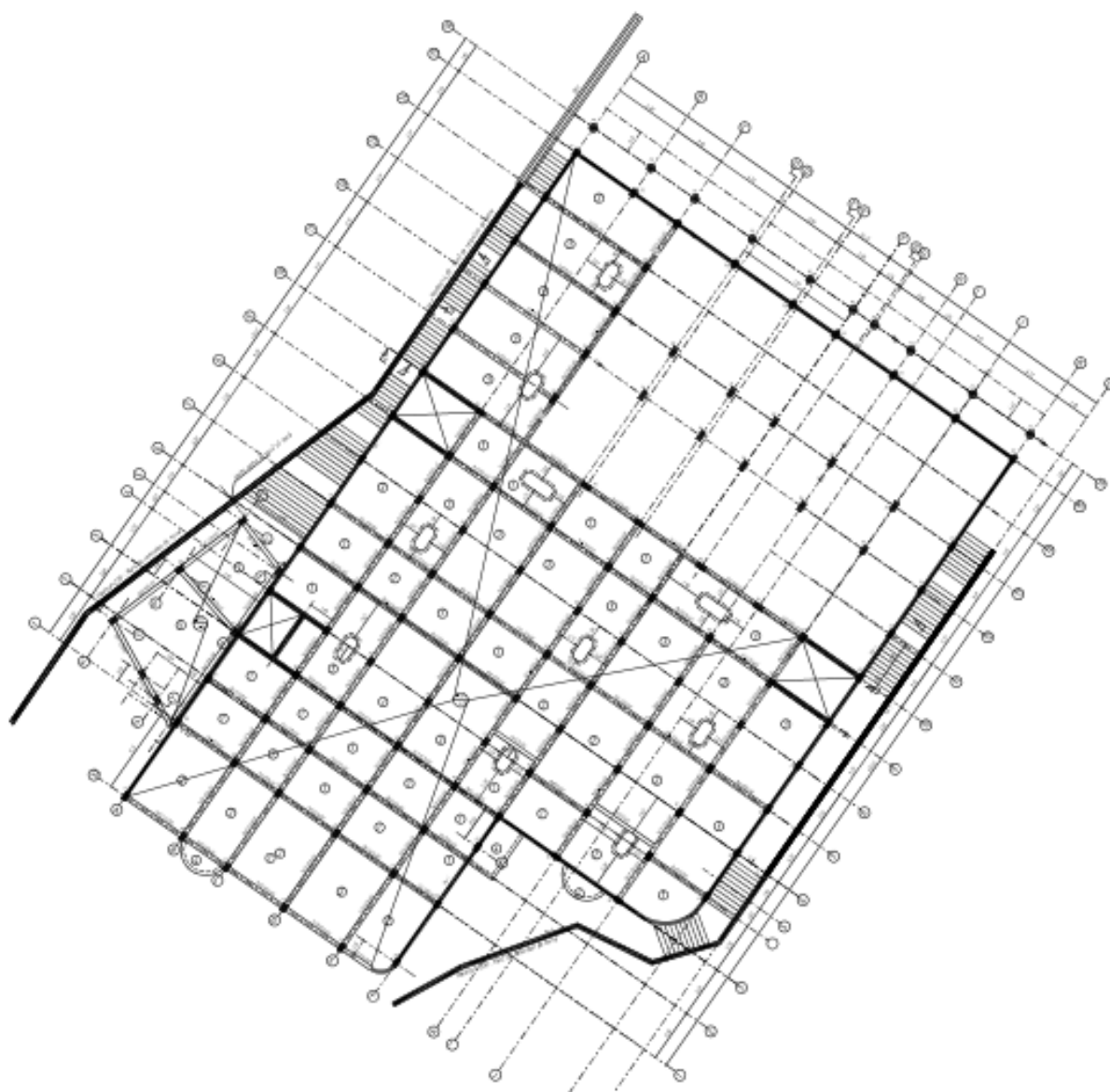


Annexe 2 : Plan de fondations

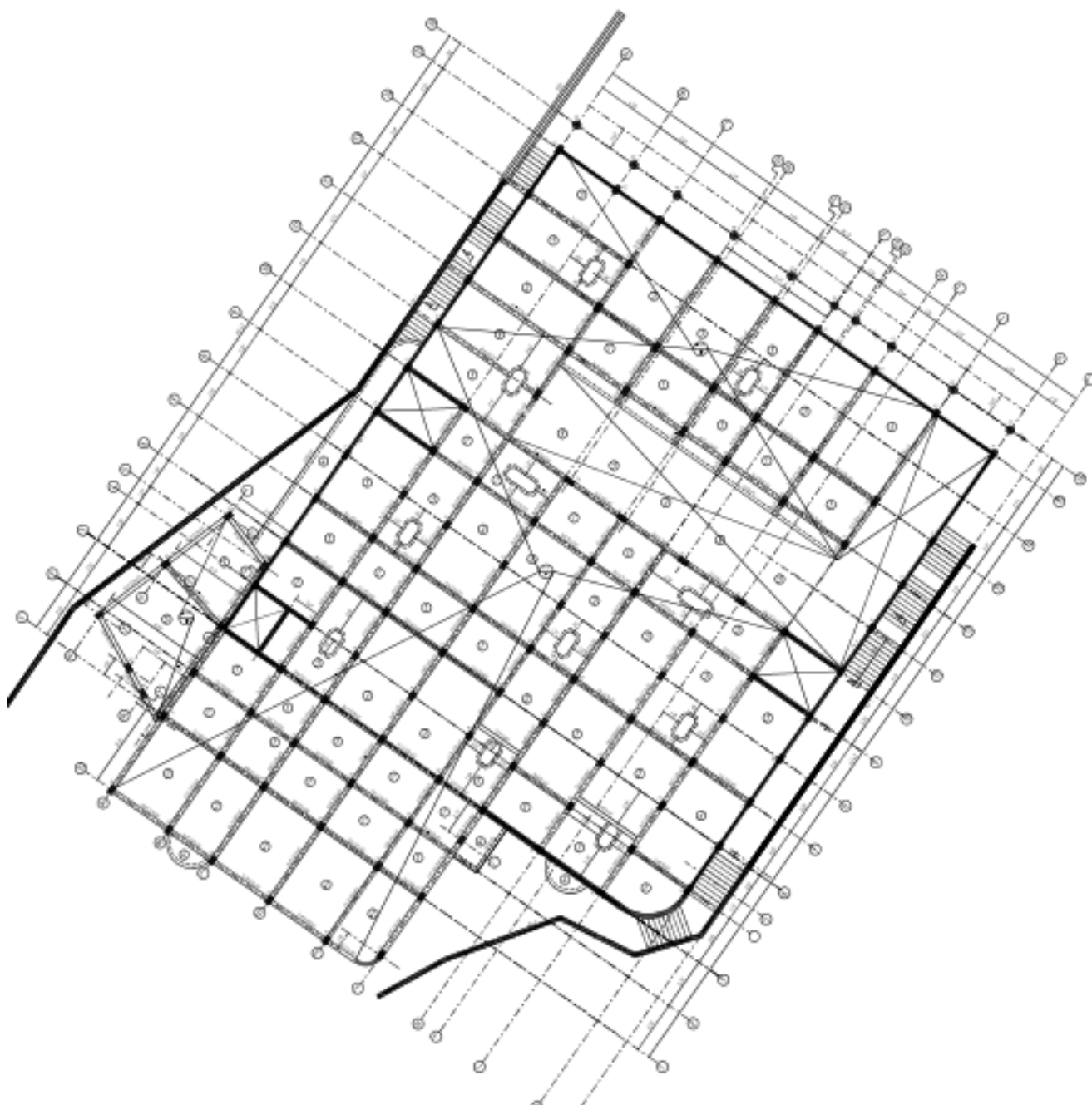
Annexe 3 : Plans de coffrage



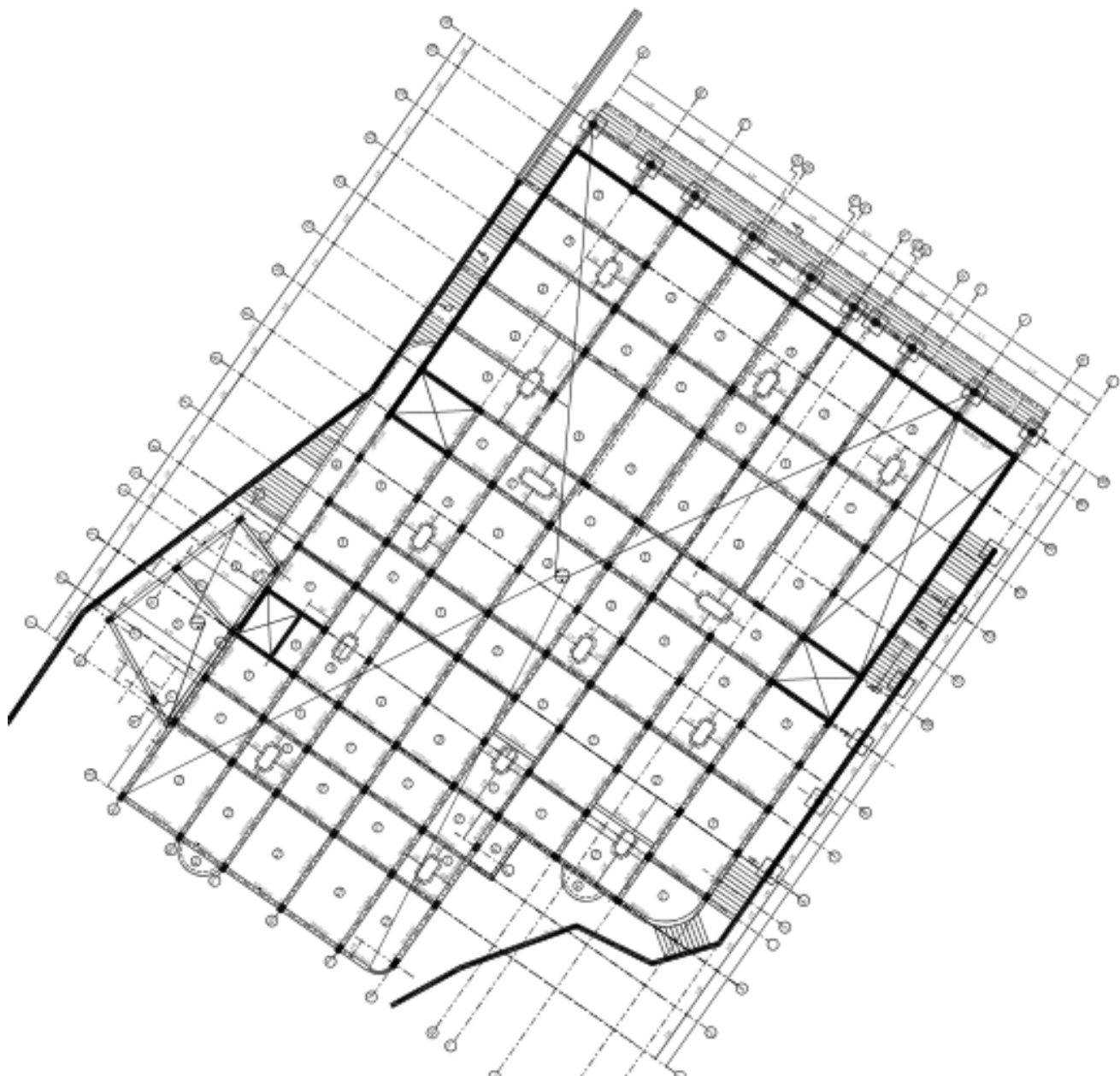
Annexe 3.1 : Plan de coffrage RDC



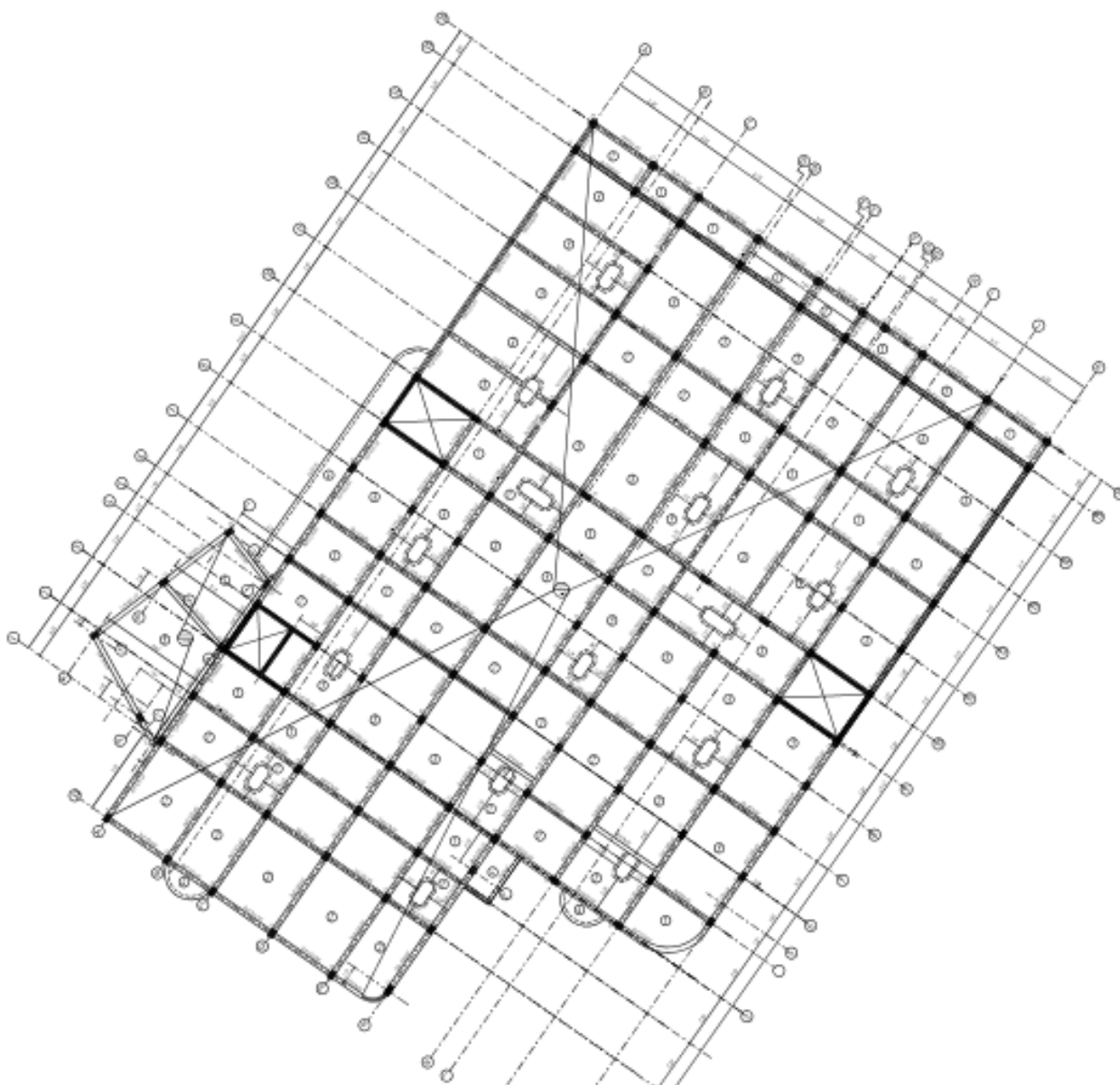
Annexe 3.2 : Plan de coffrage sous-sols 3



Annexe 3.3 : Plan de coffrage sous-sols 2

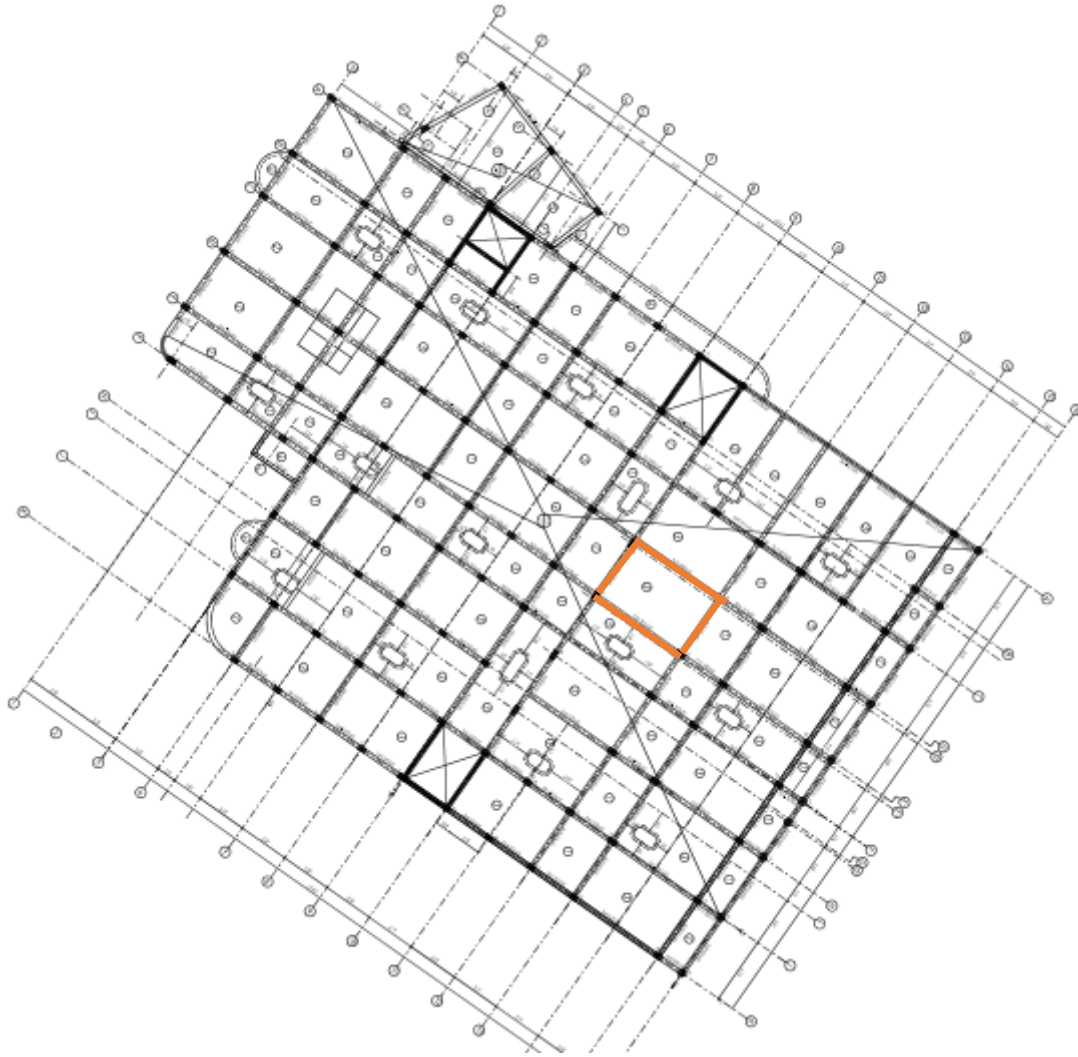


Annexe 3.4 : Plan de coffrage sous-sols 1



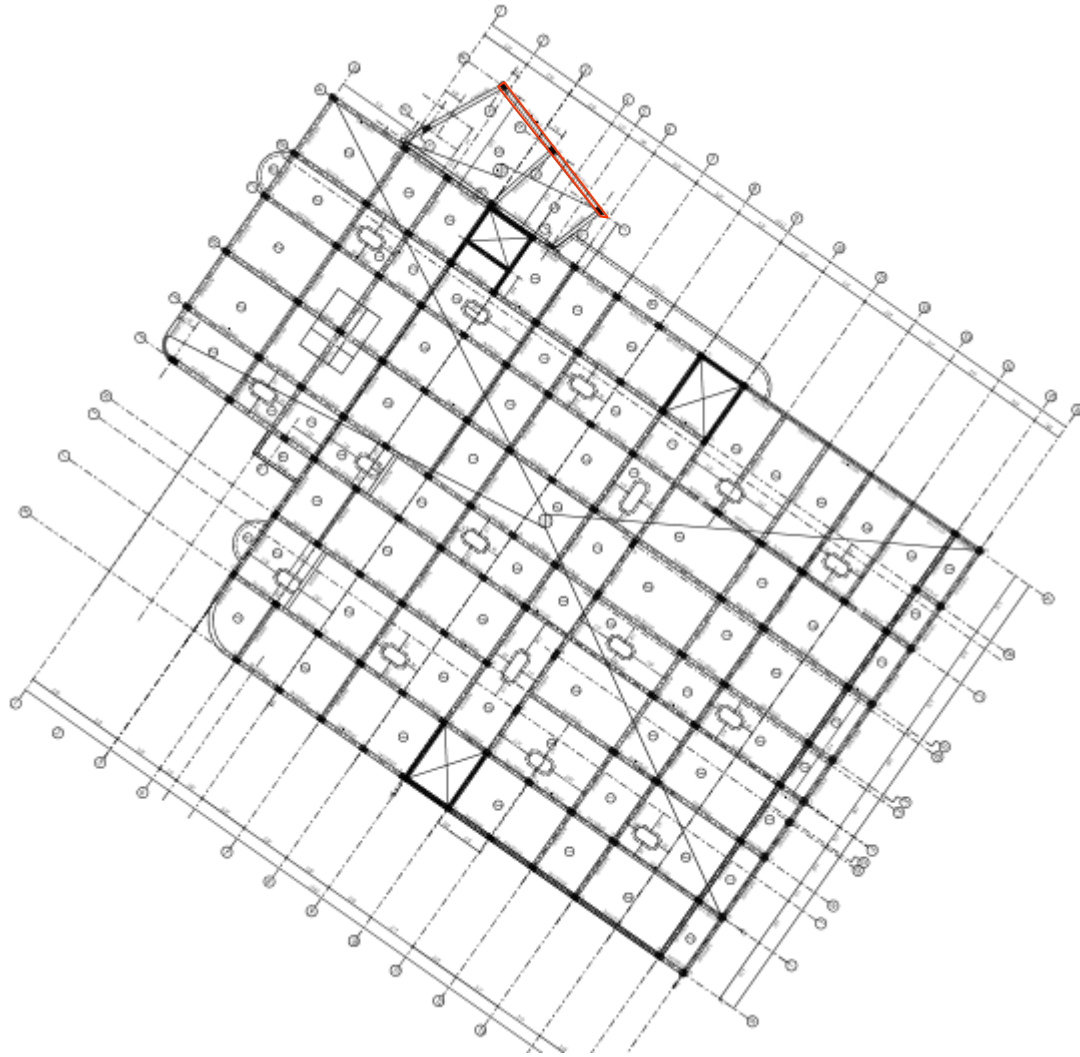
Annexe 3.5 : Plans de coffrages RDC et étages courants

Annexe 4 : Panneau de Dalle



Annexe 4 : Panneau de dalle à dimensionner

Annexe 5 : Poutre hyperstatique

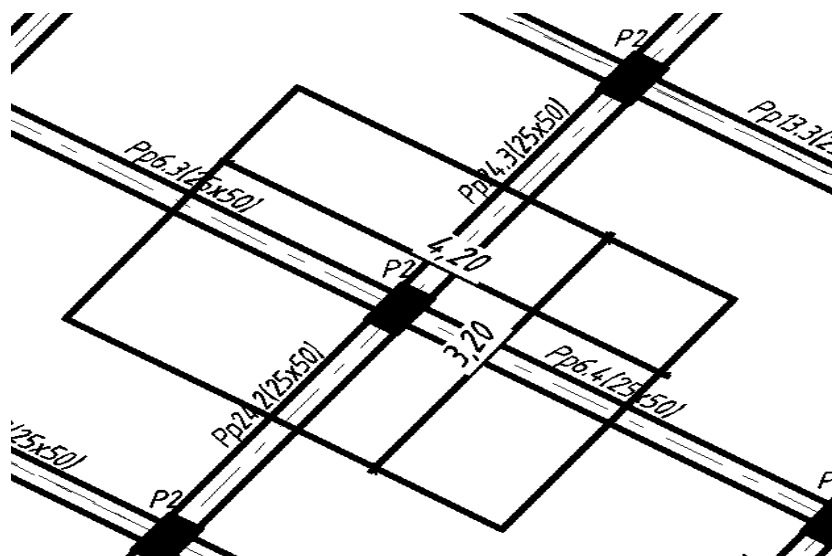


Annexe 5 : Poutre PP20

Annexe 6 : Repérage poteaux P2



Annexe 6.1 : Repérage poteau P2



Annexe 6.2 : Surface d'influence autour du poteau P2

Annexe 7 : Descente de charge sur poteau P2

Annexe 7 : détail du calcul de descente de charges

N°	Eléments	LONG(m)	larg(m)	Hauteur(m)	Poids volumique (KN/m³)	Poids Surfaccique (KN/m²)	Charges G(KN)	Charge Q(KN)
N1	Plancher terrasse	4,20	3,20			6,75	90,72	33,60
	Poutre transversale	4,2	0,25	0,50	25,00		13,13	
	Poutre longitudinale	3,2	0,25	0,50	25,00		10,00	
	Poids propre du poteau	0,00	0,00	0,00	25,00		0,00	
	Murs					2,90	0,00	
	Charge d'exploitation	4,20	3,2			2,50		
Total1							113,85	33,60
N2	Venant du N1						113,85	33,60
	Plancher courant	4,20	3,2			7,50	100,80	33,60
	Poutre transversale	4,20	0,25	0,50	25,00		13,13	
	Poutre longitudinale	3,20	0,25	0,50	25,00		10,00	
	Poids propre du poteau	0,50	0,30	4,00	25,00		15,00	
	Murs					2,90	0,00	
	Charge d'exploitation	4,20	3,2			2,50		
Total2							252,77	67,20
N3	Venant du N2						252,77	67,20
	Plancher courant	4,20	3,2			7,50	100,80	33,60
	Poutre transversale	4,20	0,25	0,50	25,00		13,13	
	Poutre longitudinale	3,20	0,25	0,5	25,00		10,00	
	Poids propre du poteau	0,50	0,30	4,00	25,00		15,00	
	Murs					2,90	0,00	
	Charge d'exploitation	4,20	3,2			2,50		
Total3							391,70	100,80

ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE D'UN BATIMENT R+6 AVEC 3 SOUS-SOLS

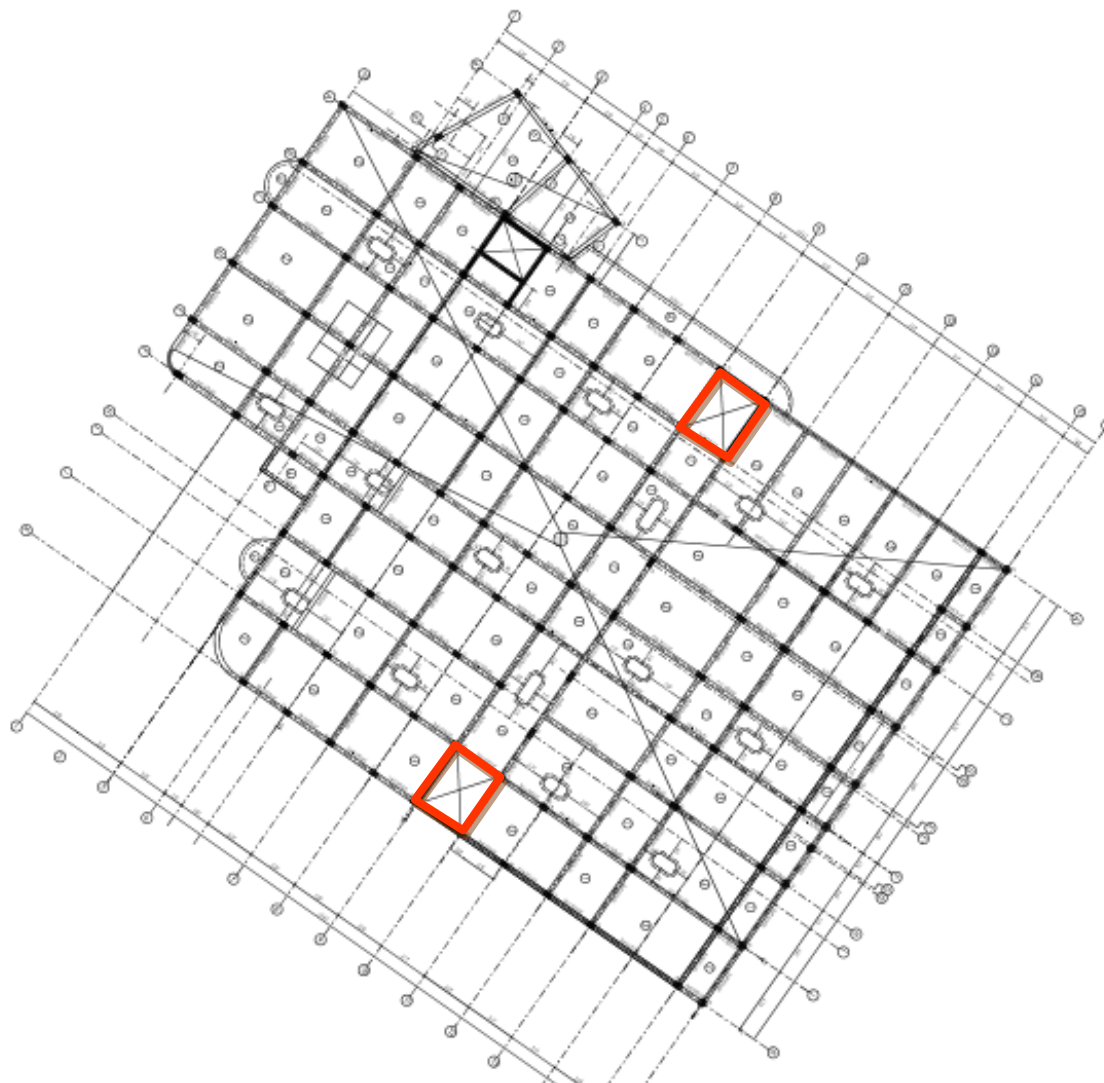
N4	Venant du N3						391,70	100,80
	Plancher courant	4,20	3,2			7,5	100,80	33,60
	Poutre transversale	4,20	0,25	0,50	25,00		13,13	
	Poutre longitudinale	3,20	0,25	0,50	25,00		10,00	
	Poids propre du poteau	0,50	0,30	4,00	25,00		15,00	
	Murs					2,90	0,00	
Charge d'exploitation		4,20	3,2			2,50		
Total4							530,62	134,40
N5	Venant du N4						530,62	134,40
	Plancher courant	4,20	3,2			7,50	100,80	33,60
	Poutre transversale	4,20	0,25	0,50	25,00		13,13	
	Poutre longitudinale	3,20	0,25	0,50	25,00		10,00	
	Poids propre du poteau	0,50	0,30	4,00	25,00		15,00	
	Murs					2,90	0,00	
Charge d'exploitation		4,20	3,2			2,50		
Total5							669,55	168,00
N6	Venant du N5						669,55	168,00
	Plancher courant	4,20	3,2			7,50	100,80	33,60
	Poutre transversale	4,20	0,25	0,50	25,00		13,13	
	Poutre longitudinale	3,20	0,25	0,50	25,00		10,00	
	Poids propre du poteau	0,50	0,30	4,00	25,00		15,00	
	Murs					2,90	0,00	
Charge d'exploitation		4,20	3,2			2,50		
Total6							808,47	201,60
N7	Venant du N6						808,47	201,60
	Plancher courant	4,20	3,2			7,50	100,80	33,60
	Poutre transversale	4,20	0,25	0,50	25,00		13,13	
	Poutre longitudinale	3,20	0,25	0,50	25,00		10,00	
	Poids propre du poteau	0,50	0,30	4,00	25,00		15,00	
	Murs					2,90	0,00	
Charge d'exploitation		4,20	3,2			2,50		
Total7							947,40	235,20

N8	Venant du N7						947,40	235,20
	Plancher courant	4,20	3,2			7,50	100,80	33,60
	Poutre transversale	4,20	0,25	0,50	25,00		13,13	
	Poutre longitudinale	3,20	0,25	0,50	25,00		10,00	
	Poids propre du poteau	0,50	0,30	4,00	25,00		15,00	
	Murs			4,00		2,90	0,00	
Charge d'exploitation		4,20	3,2			2,50		
Total8							1086,32	268,80
N9	Venant du N8						1086,32	268,80
	Plancher courant	4,20	3,2			7,50	100,80	33,60
	Poutre transversale	4,20	0,25	0,50	25,00		13,13	
	Poutre longitudinale	3,20	0,25	0,50	25,00		10,00	
	Poids propre du poteau	0,50	0,30	4,00	25,00		15,00	
	Murs					2,90	0,00	
Charge d'exploitation		4,20	3,2			2,50		
Total9							1225,25	302,40

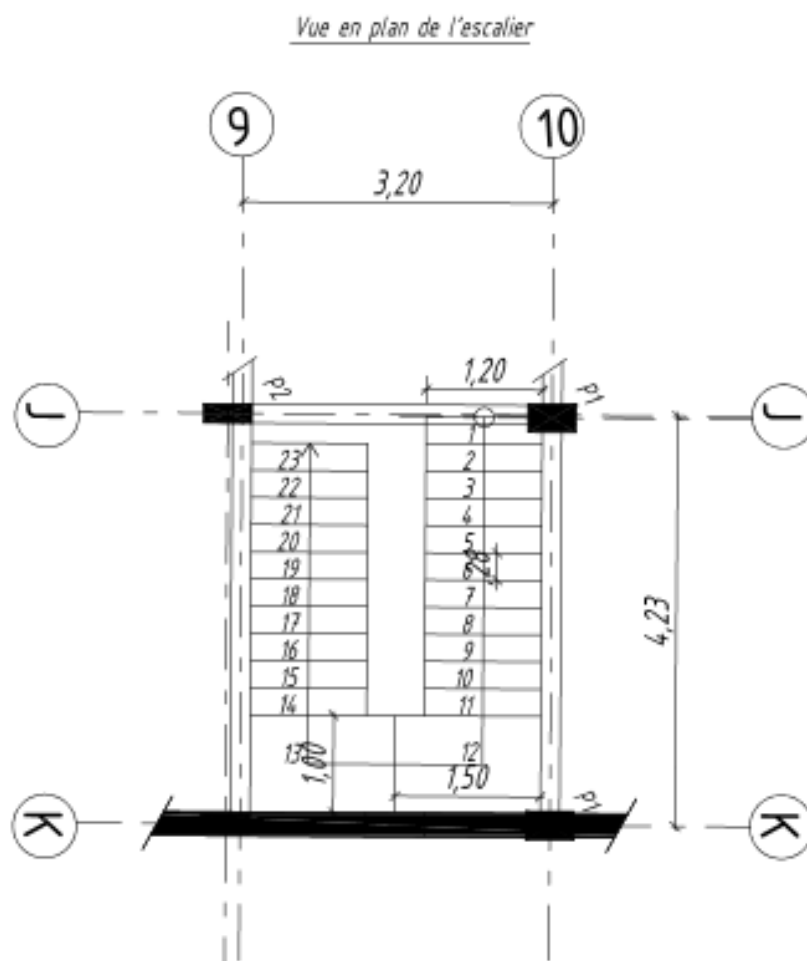
ETUDE TECHNIQUE DETAILLEE D'UN BATIMENT R+6 AVEC 3 SOUS-SOLS

N10	Venant du N9						1225,25	302,40
	Plancher courant	4,20	3,2			7,5	100,80	33,60
	Poutre transversale	4,20	0,25	0,50	25,00		13,13	
	Poutre longitudinale	3,20	0,25	0,50	25,00		10,00	
	Poids propre du poteau	0,50	0,30	4,00	25,00		15,00	
	Murs					2,90	0,00	
	Charge d'exploitation	4,20	3,2			2,50		
Total10							1364,17	336,00
N11	Venant du N10						1364,17	336,00
	Plancher courant	4,20	3,2			7,5	100,80	33,60
	Longrine transversale	4,20	0,25	0,50	25,00		13,13	
	Longrine longitudinale	3,20	0,25	0,50	25,00		10,00	
	Poids propre du poteau	0,50	0,30	4,00	25,00		15,00	
	Murs					2,90	0,00	
	Charge d'exploitation	4,20	3,2			2,5		
Total11							1503,10	369,60

Annexe 8 : Repérage escalier

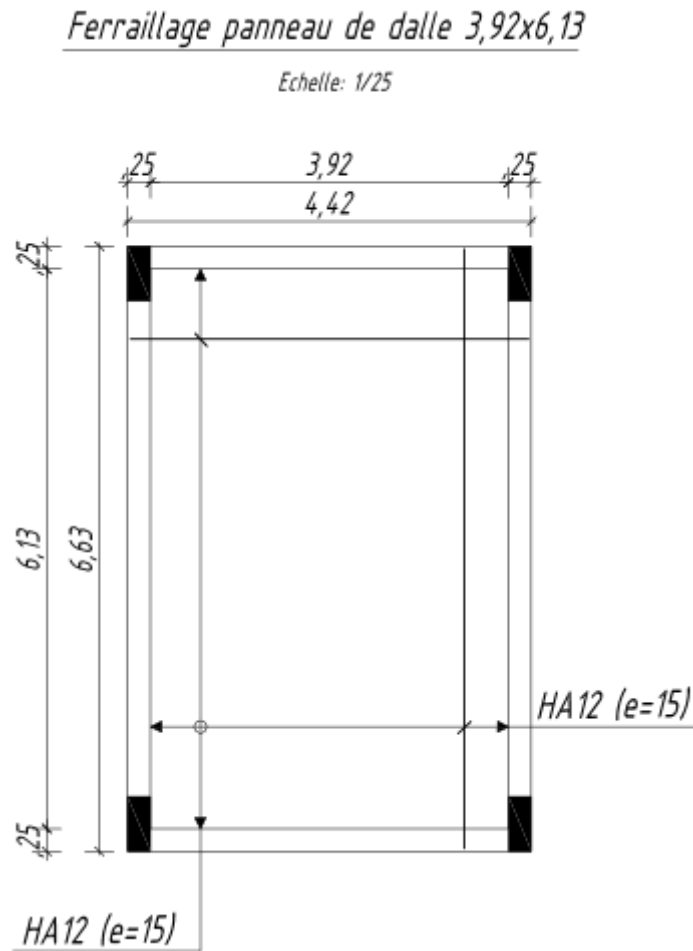


Annexe 8.1 : Repérage escalier



Annexe 8.2 : Vue de l'escalier

Annexe 9 : Ferrailage Dalle



Annexe 9 : ferrailage panneau de dalle

Annexe 10 : Calcul et ferrailage Poutre PP20

Récapitulatif des charges sur la poutre PP20 :

- Maçonnerie : $2.90 \text{ kN/m}^2 \times 3.84 \text{ m} = 11.14 \text{ kN/m}$
- Chape: $22 \text{ kN/m}^3 \times 0.02 \times 3.84 \text{ m} = 1.70 \text{ kN/m}$
- Poids dalle : $4 \text{ kN/m}^2 \times 9.75 \text{ m} = 39 \text{ kN/m}$
- Poids propre poutre : $25 \text{ kN/m}^3 \times 0.25 \text{ m} \times 0.4 \text{ m} = 2.5 \text{ kN/m}$

Charges permanentes (G) = 54.34 kN/m

Charges d'exploitations (Q) = $2.5 \text{ kN/m}^2 \times 9.75 \text{ m} = 24.38 \text{ kN/m}$

Combinaison d'actions :

ELU : $P_u = 1.35G + 1.50Q = 1.35 \times 54.34 + 1.50 \times 24.38 = 109.93 \text{ kN/m}$

ELS : $P_{ser} = G + Q = 54.34 + 24.38 = 78.72 \text{ kN/m}$

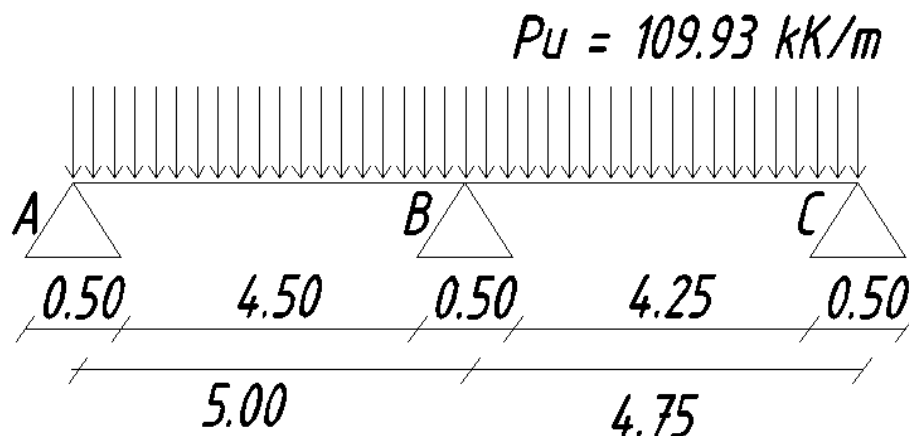


Figure 8 : Schéma statique de la poutre

Calcul des sollicitations internes :

Pour le calcul des sollicitations nous utiliserons la méthode dit des trois moments avec une simulation de différents cas de charges, puis nous calculerons les efforts tranchants.

Cas de charge 1

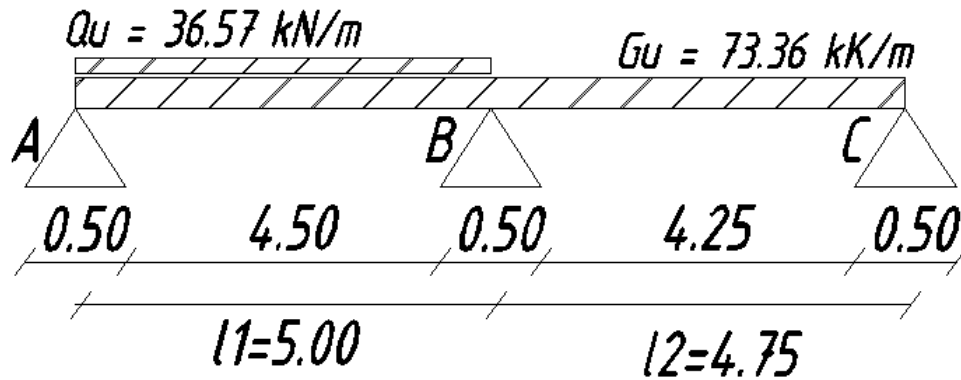


Figure 9 : Cas de charge 1 de la poutre

- Calcul des moments sur appui :

Appui A :

$$2 \times L1 \times M_A + L1 \times M_B = 6EI(\varphi_{gA} - \varphi_{dA})$$

$$2 \times L1 \times M_A + L1 \times M_B = 6EI\left(-\frac{Pu \times L1^3}{24EI}\right)$$

$$2 \times 5 \times M_A + 5 \times M_B = \left(\frac{109,93 \times 5^3}{4}\right)$$

$$10M_A + 5M_B = 3435,31$$

Appui B :

$$M_A \times L1 + 2(L1+L2)M_B + L2 \times M_C = 6EI(\varphi_{gB} - \varphi_{dB})$$

$$M_A \times L1 + 2(L1+L2)M_B + L2 \times M_C = 6EI\left(\frac{Pu \times L1^3}{24EI} - \frac{Gu \times L2^3}{24EI}\right)$$

$$5M_A + 2(5+4,75)M_B + 4,75M_C = 6EI\left(\frac{109,93 \times 5^3}{24EI} - \frac{73,39 \times 4,75^3}{24EI}\right)$$

$$5M_A + 19,5M_B + 4,75M_C = (3435,31 + 1965,53)$$

$$5M_A + 19,5M_B + 4,75M_C = 5400,84$$

Appui C :

$$L2 \times M_B + 2 \times L2 \times M_C = 6EI(\varphi_{gC} - \varphi_{dC})$$

$$L2 \times M_B + 2 \times L2 \times M_C = 6EI\left(\frac{Gu \times L2^3}{24EI}\right)$$

$$4,75M_B + 2 \times 4,75 M_C = \left(\frac{73,36 \times 4,75^3}{4} \right)$$

$$4,75M_B + 9,5M_C = 1965,53$$

Nous obtenons ainsi trois (03) équations à trois (03) inconnus :

$$10M_A + 5 M_B = 3435,31$$

$$5M_A + 19,5M_B + 4,75M_C = 5400,84$$

$$4,75M_B + 9,5M_C = 1965,53$$

La résolution de cette équation nous donne les résultats suivants :

$$M_A = 302.99 \text{ kN.m}$$

$$M_B = 81.08 \text{ kN.m}$$

$$M_C = 166.36 \text{ kN.m}$$

- Calcul des moments en travée

Travée AB

$$M_x = M_{0x} + M_{1x}$$

M_{0x} : moment isostatique et M_{1x} : moment hyperstatique

$$M_{0x} = \frac{Pu}{2}X^2 - \frac{PuL_1}{2}X$$

$$M_{1x} = M_A + \frac{M_B - M_A}{L_1}X$$

$$M_x = \frac{Pu}{2}X^2 - \frac{PuL_1}{2}X + M_A + \frac{M_B - M_A}{L_1}X$$

$$M_x = \frac{109,93}{2}X^2 - \frac{109,93 \times 5}{2}X + 302,99 + \frac{81,08 - 166,36}{5}X$$

$$M_x = 54,97x^2 - 294.89x + 302.99$$

Calcul de l'effort tranchant T_x :

$$T_x = \frac{d(Mx)}{dx} \Rightarrow T_x = 109,93x - 291,89$$

Le moment est maximum lorsque l'effort tranchant est nul

$$0 = 109,93x - 291,89$$

$$x = 2,66$$

$$M_{2,66} = - 84.49 \text{ kN.m}$$

Travée BC

$$M_x = M_{0x} + M_{1x}$$

$$M_{0x} = \frac{Gu}{2}x^2 - \frac{GuL}{2}x$$

$$M_{1x} = M_B + \frac{M_C - M_B}{L}x$$

$$M_x = \frac{Gu}{2}x^2 - \frac{GuL}{2}x + M_B + \frac{M_C - M_B}{L}x$$

$$M_x = \frac{73,36}{2}x^2 - \frac{73,36 \times 4,75}{2}x + 81,08 + \frac{166,36 - 81,08}{4,75}x$$

$$M_x = 36,68x^2 - 156,28x + 81,08$$

Calcul de l'effort tranchant T_x :

$$T_x = \frac{d(Mx)}{dx} \Rightarrow T_x = 73,36x - 156,28$$

Le moment est maximum lorsque l'effort tranchant est nul

$$0 = 73,36x - 156,28$$

$$x = 2,13$$

$$M_{2,13} = - 85.38 \text{ kN.m}$$

Cas de charge 2

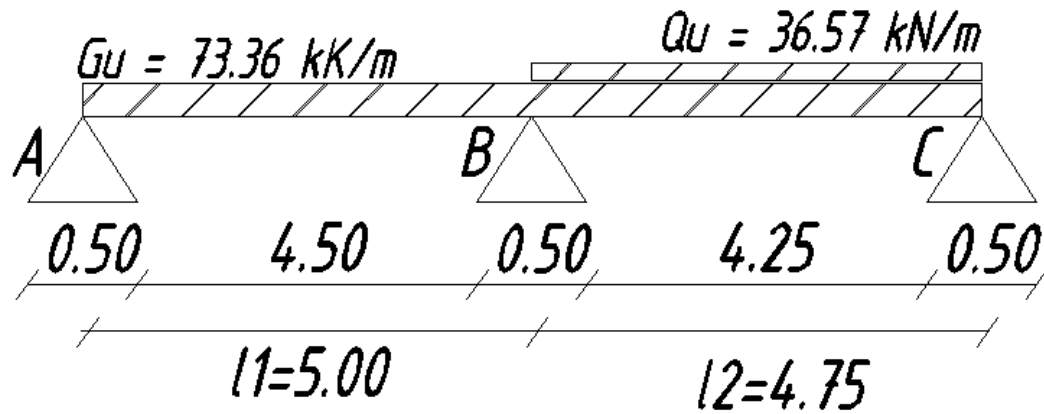


Figure 10 : Cas de charge 2 de la poutre

- Calcul des moments sur appui :

Appui A :

$$2 \times L1 \times M_A + L1 \times M_B = 6EI(\varphi_{gA} - \varphi_{dA})$$

$$2 \times L1 \times M_A + L1 \times M_B = 6EI\left(-\frac{Gu \times L1^3}{24EI}\right)$$

$$2 \times 5 \times M_A + 5 \times M_B = \left(\frac{73,36 \times 5^3}{4}\right)$$

$$10M_A + 5M_B = 2292.5$$

Appui B :

$$M_A \times L1 + 2(L1+L2) M_B + L2 \times M_C = 6EI(\varphi_{gB} - \varphi_{dB})$$

$$M_A \times L1 + 2(L1+L2) M_B + L2 \times M_C = 6EI\left(\frac{Gu \times L1^3}{24EI} - \frac{Pu \times L2^3}{24EI}\right)$$

$$M_A \times 5 + 2(5+4,75) M_B + 4,75 \times M_C = 6EI\left(\frac{73,36 \times 5^3}{24EI} - \frac{-109,93 \times 4,75^3}{24EI}\right)$$

$$5M_A + 19,5M_B + 4,75M_C = 5237,85$$

Appui C :

$$L2 \times M_B + 2 \times L2 \times M_C = 6EI(\varphi_{gC} - \varphi_{dC})$$

$$L2 \times M_B + 2 \times L2 \times M_C = 6EI \left(\frac{P_u \times L2^3}{24EI} \right)$$

$$4,75 \times M_B + 2 \times 4,75 \times M_C = 6EI \left(\frac{109,93 \times 4,75^3}{24EI} \right)$$

$$4,75 M_B + 9,5M_C = 2945.35$$

Nous obtenons ainsi trois (03) équations à trois (03) inconnus :

$$10M_A + 5M_B = 2292.5$$

$$5M_A + 19,5M_B + 4,75M_C = 5237,85$$

$$4,75 M_B + 9,5M_C = 2945.35$$

La résolution de cette équation nous donne les résultats suivant :

$$M_A = 139.68 \text{ kN.m}$$

$$M_B = 179.14 \text{ kN.m}$$

$$M_C = 220.46 \text{ kN.m}$$

- Calcul des moments en travée :

Travée AB :

$$M_x = M_{0x} + M_{1x}$$

$$M_{0x} = \frac{Gu}{2}X^2 - \frac{GuL1}{2}X$$

$$M_{1x} = M_A + \frac{M_B - M_A}{L1}X$$

$$M_x = \frac{Gu}{2}X^2 - \frac{GuL1}{2}X + M_A + \frac{M_B - M_A}{L1}X$$

$$M_x = \frac{73,36}{2}X^2 - \frac{73,36 \times 5}{2}X + 139,68 + \frac{179,14 - 139,68}{5}X$$

$$M_x = 36,68x^2 - 175,51x + 139,68$$

Calcul de l'effort tranchant T_x :

$$T_x = \frac{d(MX)}{dX} \Rightarrow T_x = 73.36x - 175.51$$

Le moment est maximum lorsque l'effort tranchant est nul

$$0 = 73.36x - 175.51$$

$$x = 2.39$$

$$M_{2.39} = - 70.27 \text{ kN.m}$$

Travée BC :

$$M_x = M_{0x} + M_{1x}$$

$$M_{0x} = \frac{Pu}{2}X^2 - \frac{PuL_2}{2}X$$

$$M_{1x} = M_B + \frac{M_C - M_B}{L_2}X$$

$$M_x = \frac{Pu}{2}X^2 - \frac{PuL_2}{2}X + M_B + \frac{M_C - M_B}{L_2}X$$

$$M_x = \frac{109,93}{2}X^2 - \frac{109,93 \times 4,75}{2}X + 179,14 + \frac{220,46 - 179,14}{4,75}X$$

$$M_x = \frac{109,93}{2}X^2 - \frac{109,93 \times 4,75}{2}X + 179,14 + \frac{220,46 - 179,14}{4,75}X$$

$$M_x = 54,97X^2 - 252,38X + 179,14$$

Calcul de l'effort tranchant T_x :

$$T_x = \frac{d(MX)}{dX} \Rightarrow T_x = 109.93x - 252.38$$

Le moment est maximum lorsque l'effort tranchant est nul

$$0 = 109.93x - 252.38$$

$$x = 2.35$$

$$M_{2.39} = - 110.38 \text{ kN.m}$$

Cas de charge 3

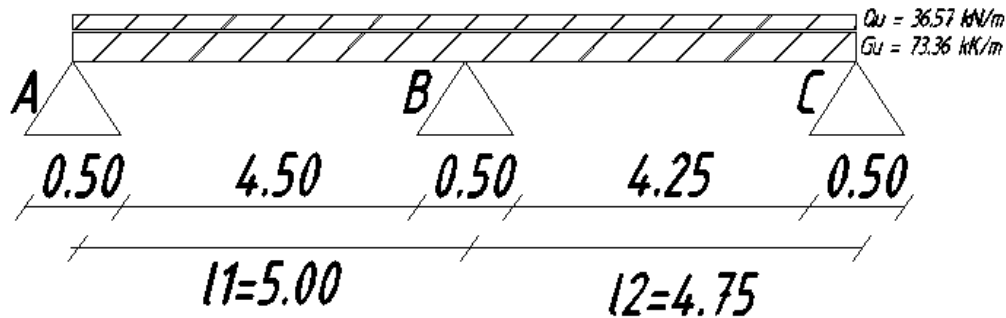


Figure 11 : Cas de charge 3 de la poutre

- Calcul des moments sur appui :

Appui A :

$$2 \times L_1 \times M_A + L_1 \times M_B = 6EI(\varphi_{gA} - \varphi_{dA})$$

$$2 \times L_1 \times M_A + L_1 \times M_B = 6EI\left(-\frac{P_u \times L_1^3}{24EI}\right)$$

$$2 \times 5 \times M_A + 5 \times M_B = \left(\frac{109,93 \times 5^3}{4}\right)$$

$$10M_A + 5M_B = (3435,31)$$

Appui B :

$$L_1 \times M_A + 2(L_1 + L_2) M_B + L_2 \times M_C = 6EI(\varphi_{gB} - \varphi_{dB})$$

$$L_1 \times M_A + 2(L_1 + L_2) M_B + L_2 \times M_C = 6EI\left(\frac{P_u \times L_1^3}{24EI} - \frac{-P_u \times L_2^3}{24EI}\right)$$

$$5 \times M_A + 2(5 + 4,75) M_B + 4,75 \times M_C = 6EI\left(\frac{109,93 \times 5^3}{24EI} - \frac{-109,93 \times 4,75^3}{24EI}\right)$$

$$5M_A + 19,5M_B + 4,75M_C = 6380,66$$

Appui C :

$$L2 \times M_B + 2 \times L2 \times M_C = 6EI(\varphi_{gC} - \varphi_{dC})$$

$$L2 \times M_B + 2 \times L2 \times M_C = 6EI\left(\frac{Pu \times L2^3}{24EI}\right)$$

$$4,75 \times M_B + 2 \times 4,75 \times M_C = 6EI\left(\frac{109,93 \times 4,75^3}{24EI}\right)$$

$$4,75 M_B + 9,5M_C = (2945,35)$$

Nous obtenons ainsi trois (03) équations à trois (03) inconnus :

$$10M_A + 5 M_B = 3435.31$$

$$5M_A + 19,5M_B + 4,75M_C = 6380.66$$

$$4,75 M_B + 9,5M_C = 2945.35$$

La résolution de cette équation nous donne les résultats suivant :

$$M_A = 234.77 \text{ kN.m}$$

$$M_B = 217.53 \text{ kN.m}$$

$$M_C = 201.28 \text{ kN.m}$$

- Calcul des moments en travée :

Travée AB :

$$M_x = M_{0x} + M_{1x}$$

$$M_{0x} = \frac{Pu}{2}X^2 - \frac{PuL1}{2}X$$

$$M_{1x} = M_A + \frac{M_B - M_A}{L1}X$$

$$M_x = \frac{Pu}{2}X^2 - \frac{PuL1}{2}X + M_A + \frac{M_B - M_A}{L1}X$$

$$M_x = \frac{109,93}{2}X^2 - \frac{109,93 \times 5}{2}X + 234,77 + \frac{217,53 - 234,77}{5}X$$

$$M_x = 54,97X^2 - 278,28X + 234,77$$

Calcul de l'effort tranchant T_x :

$$T_x = \frac{d(MX)}{dX} \Rightarrow T_x = 109,93x - 278,28$$

Le moment est maximum lorsque l'effort tranchant est nul

$$0 = 109,93x - 278,28$$

$$x = 2,53$$

$$M_{2,53} = - 117,42 \text{ kN.m}$$

Travée BC :

$$M_x = M_{0x} + M_{1x}$$

$$M_{0x} = \frac{Pu}{2}X^2 - \frac{PuL_2}{2}X$$

$$M_{1x} = M_B + \frac{M_C - M_B}{L_2}X$$

$$M_x = \frac{Pu}{2}X^2 - \frac{PuL_2}{2}X + M_B + \frac{M_C - M_B}{L_2}X$$

$$M_x = \frac{109,93}{2}X^2 - \frac{109,93 \times 4,75}{2}X + 217,53 + \frac{201,28 - 217,53}{5}X$$

$$M_x = 54,97X^2 - 264,33X + 217,53$$

Calcul de l'effort tranchant T_x :

$$T_x = \frac{d(MX)}{dX} \Rightarrow T_x = 109,93x - 264,33$$

Le moment est maximum lorsque l'effort tranchant est nul

$$0 = 109,93x - 264,33$$

$$x = 2,40$$

$$M_{2,4} = - 100,23 \text{ kN.m}$$

- Calcul des armatures :

Pour le calcul des armatures, nous utiliserons le moment maximum à ELU des trois cas de charges. C'est le moment de l'appui A dans le cas de charge 1 et le moment en travé AB dans le cas de charge 2.

$$M_u = 302.9 \text{ kN.m}$$

- Calcul du moment réduit μ_u

$$\mu_u = \frac{M_u}{b \times d^2 \times f_{bu}}$$

Avec $d = 0.9 \times h = 0.9 \times 0.4 = 0.36 \text{ m}$, $b = 0.2 \text{ m}$

$$f_{bu} = \frac{0.85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_b}$$

Avec $\theta = 1$ car la durée d'application des charges est supérieure à 24 heures

$$f_{bu} = \frac{0.85 \times 25}{1 \times 1.5}$$

$$f_{bu} = 14.17 \text{ MPa}$$

$$\mu_u = \frac{0.117}{0.2 \times 0.36^2 \times 14.17}$$

$$\mu_u = 0.11$$

Calcul du paramètre de déformation α et du bras de levier z

$$\alpha = 1.25 (1 - \sqrt{1 - 2\mu_u})$$

$$\alpha = 1.25 (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.11})$$

$$\alpha = 0.14$$

$$Z = d (1 - 0.4 \times \alpha)$$

$$Z = 0.36 (1 - 0.4 \times 0.14)$$

$$Z = 0,34 \text{ m}$$

- Calcul de la section d'armatures longitudinales :

$$A_s = \frac{Mu}{Z \times f_{su}}$$

$$A_s = \frac{0,117}{0,34 \times 347,83}$$

$$A_s = 9,89 \text{ cm}^2$$

6HA14 et 2HA12 Totalisant 9,96 cm²

- Armatures transversales Øt :

$$\phi t < \min\left(\frac{H}{35}; \phi l; \frac{B}{10}\right)$$

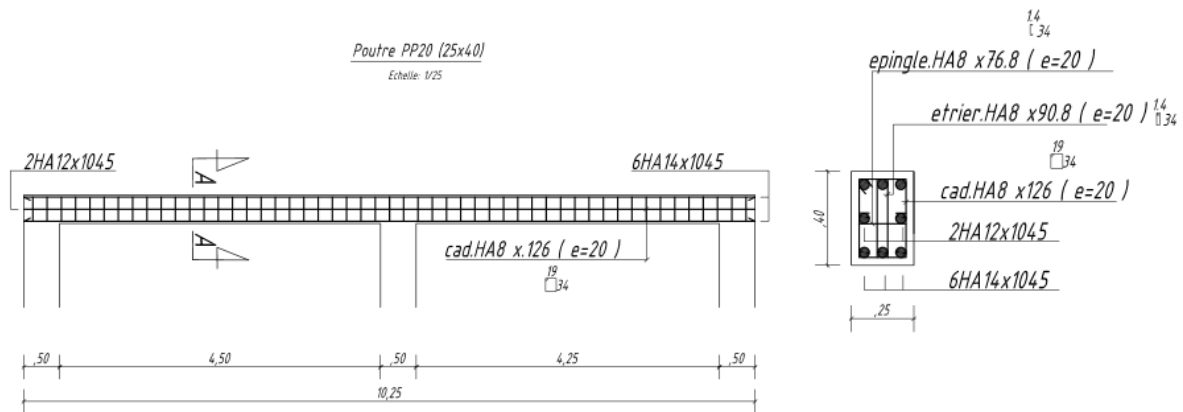
$$\phi t < \min\left(\frac{40}{35} \text{ cm}; 2,5 \text{ cm}; \frac{20}{10} \text{ cm}\right)$$

$$\phi t < \min(1,14 \text{ cm}; 2,5 \text{ cm}; 2 \text{ cm})$$

Nous optons pour :

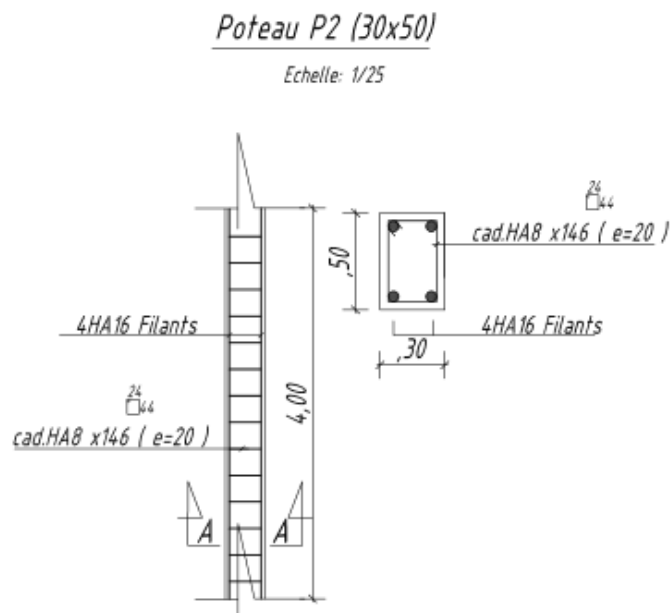
$$\phi t = 8 \text{ mm}$$

Remarque: le ferrailage de la poutre PP20 se trouve en Annexe 6



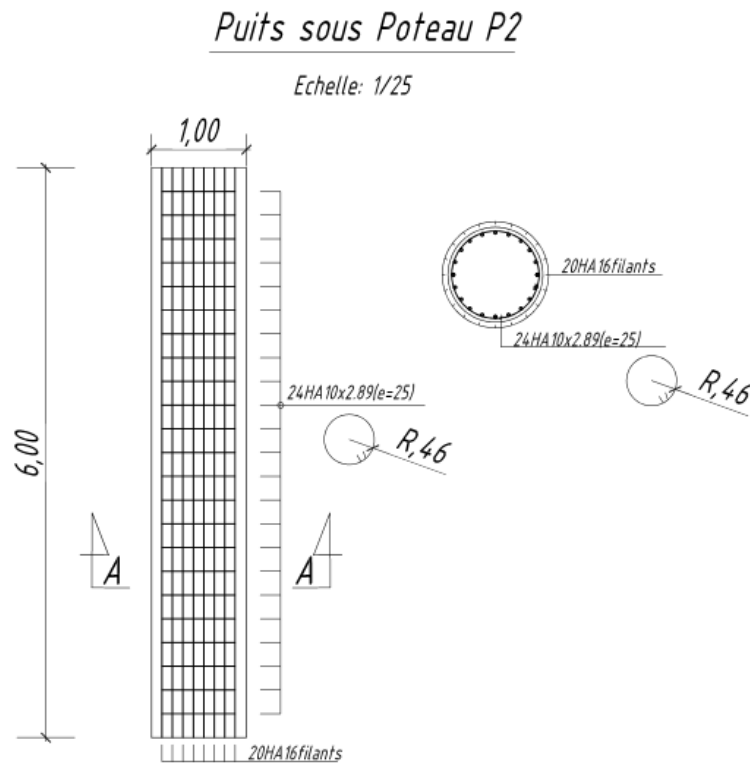
Annexe 10 : Ferrailage poutre PP20

Annexe 11 : Ferrailage Poteau P2

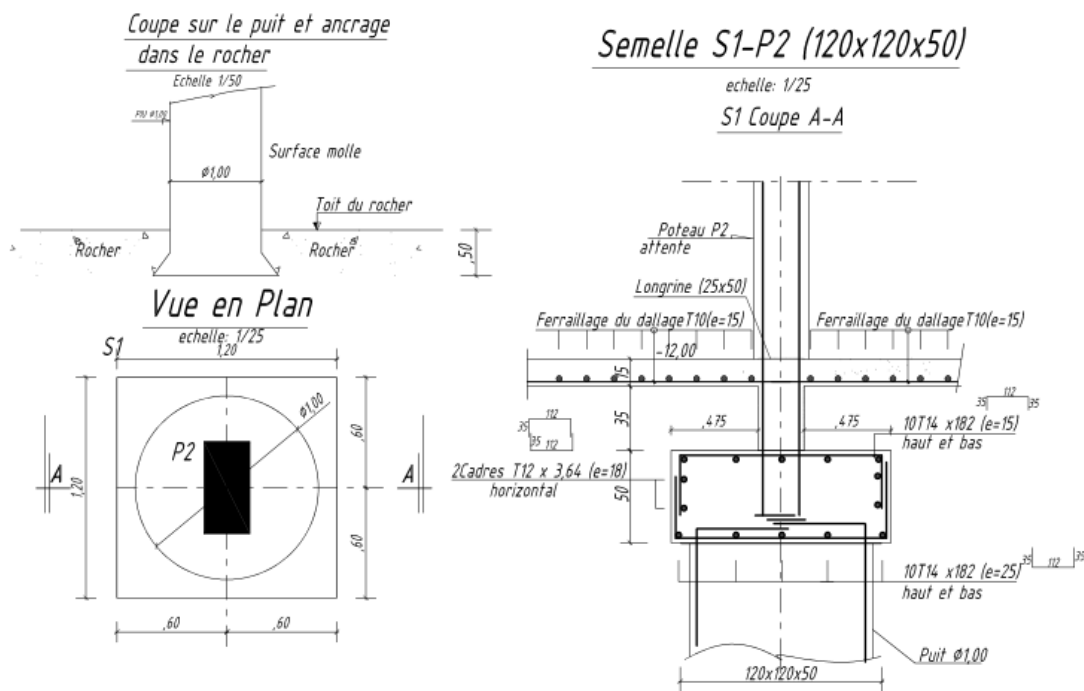


Annexe 11 : Ferrailage poteau P2

Annexe 12 : Ferrailage Puits



Annexe 12.1 : Ferrailage Puits

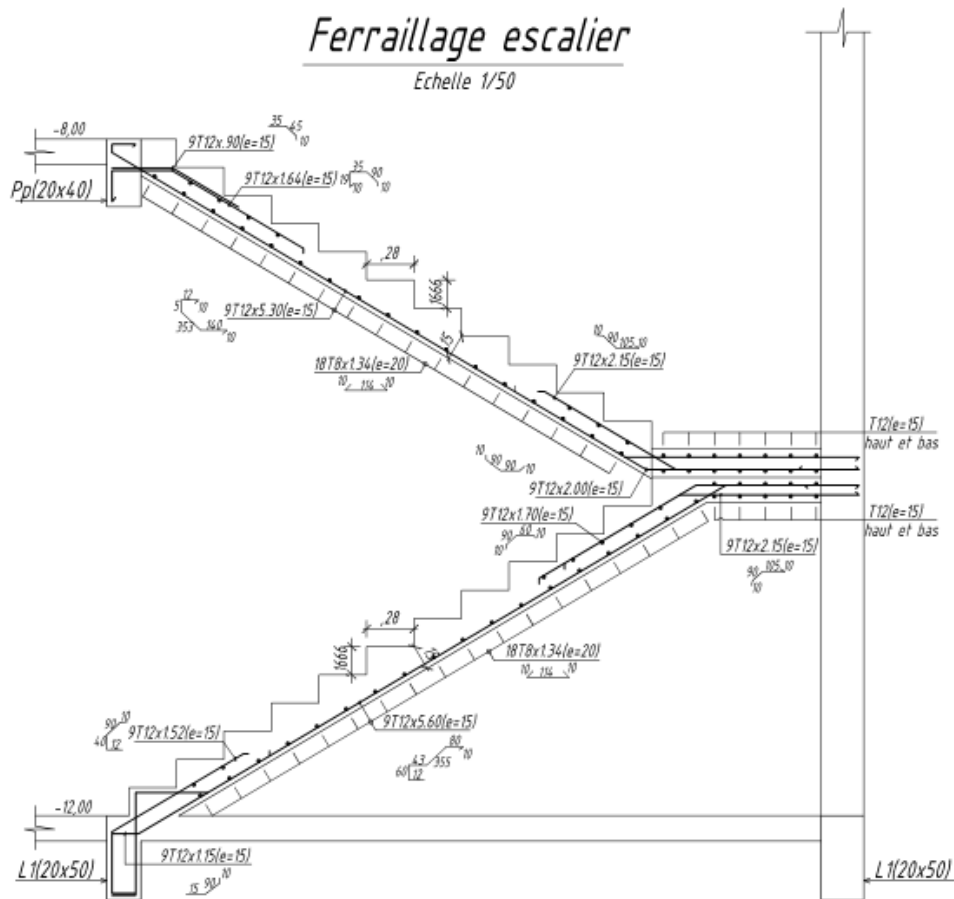


Annexe 12.2 : Fondation sous poteau P2

Annexe 13 : Descente de charge et ferrailage Escalier

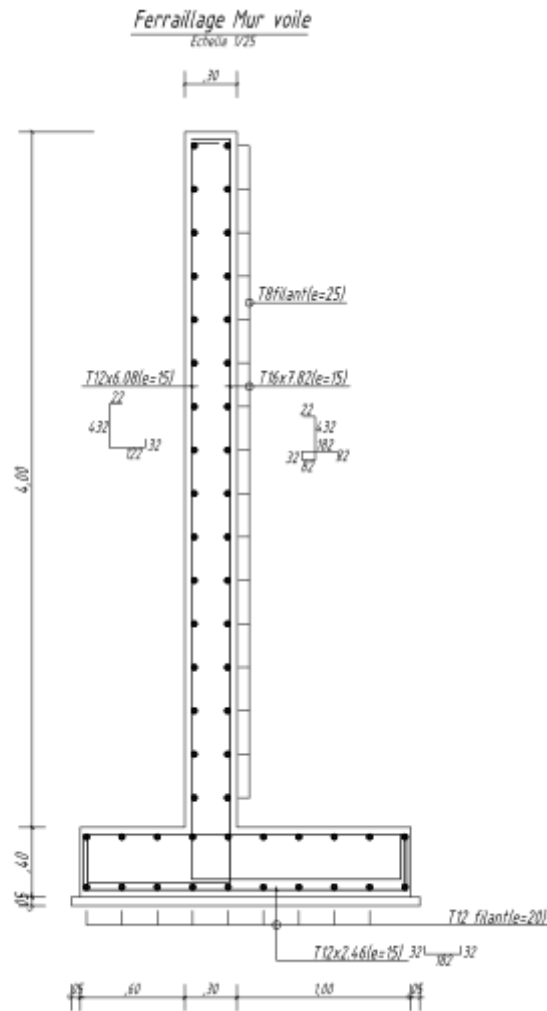
Palier				
Eléments	Epaisseur(m)	Poids volumique (KN/m^3)	Charges (KN/m^2)	
Carrelage	0,02	22	0,44	
Mortier de pose	0,02	20	0,4	
Lit de sable	0,02	18	0,36	
Dalle pleine en Béton	0,15	25	3,75	
Enduit en platre	0,02	10	0,2	
Charges permanentes totale (G)			5,15	
Charges d'exploitation (Q)			2,50	
Volée(paillase)				
Eléments	Epaisseur(m)	Poids volumique (KN/m^3)	Charges (KN/m^2)	
Carrelage	0,02	22	0,44	
Mortier de pose	0,02	20	0,4	
poids des marches	0,02	22	0,44	
Paillasse	0,16	25	3,4	
Enduit en platre	0,02	10	0,2	
Garde corps			0,15	
Charges permanentes totale (G)			5,03	
Charges d'exploitation (Q)			2,50	

Annexe 13.1 : Descente de charge sur escalier



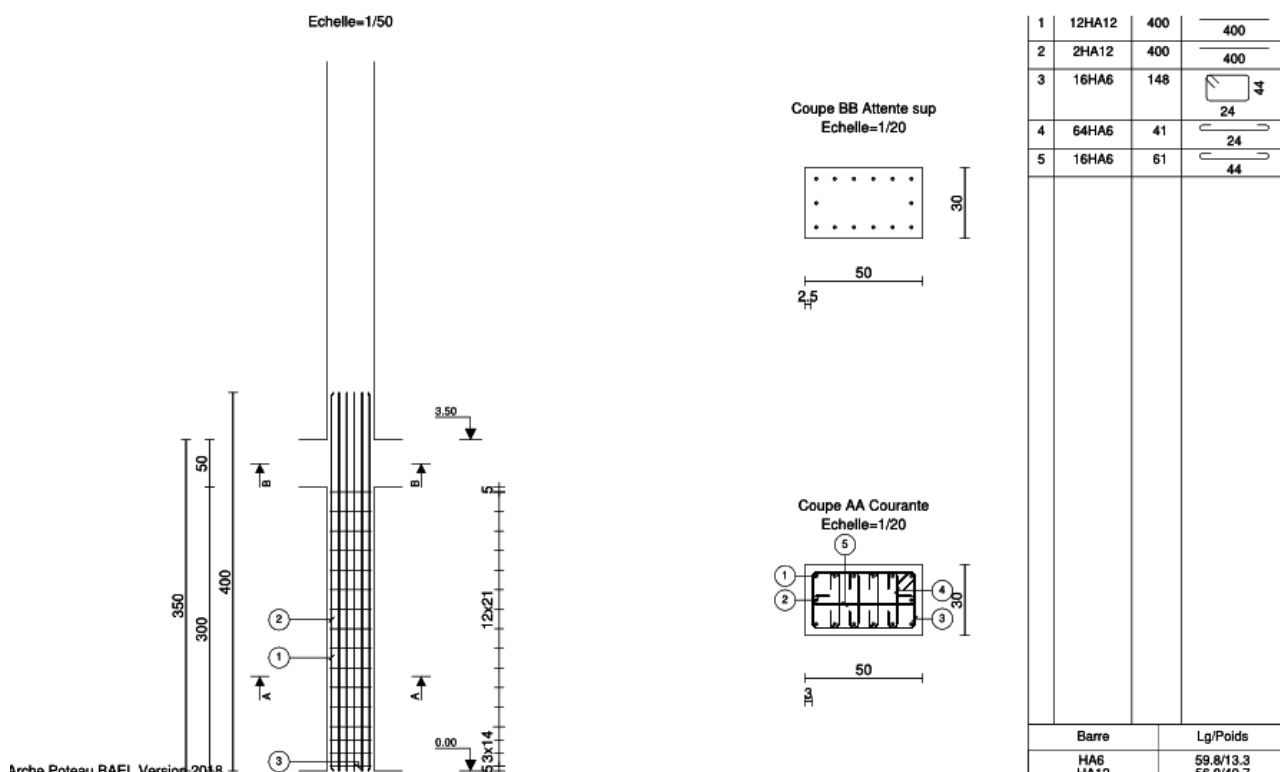
Annexe 13.2 : Ferrailage escalier

Annexe 14 : Ferrailage Voile

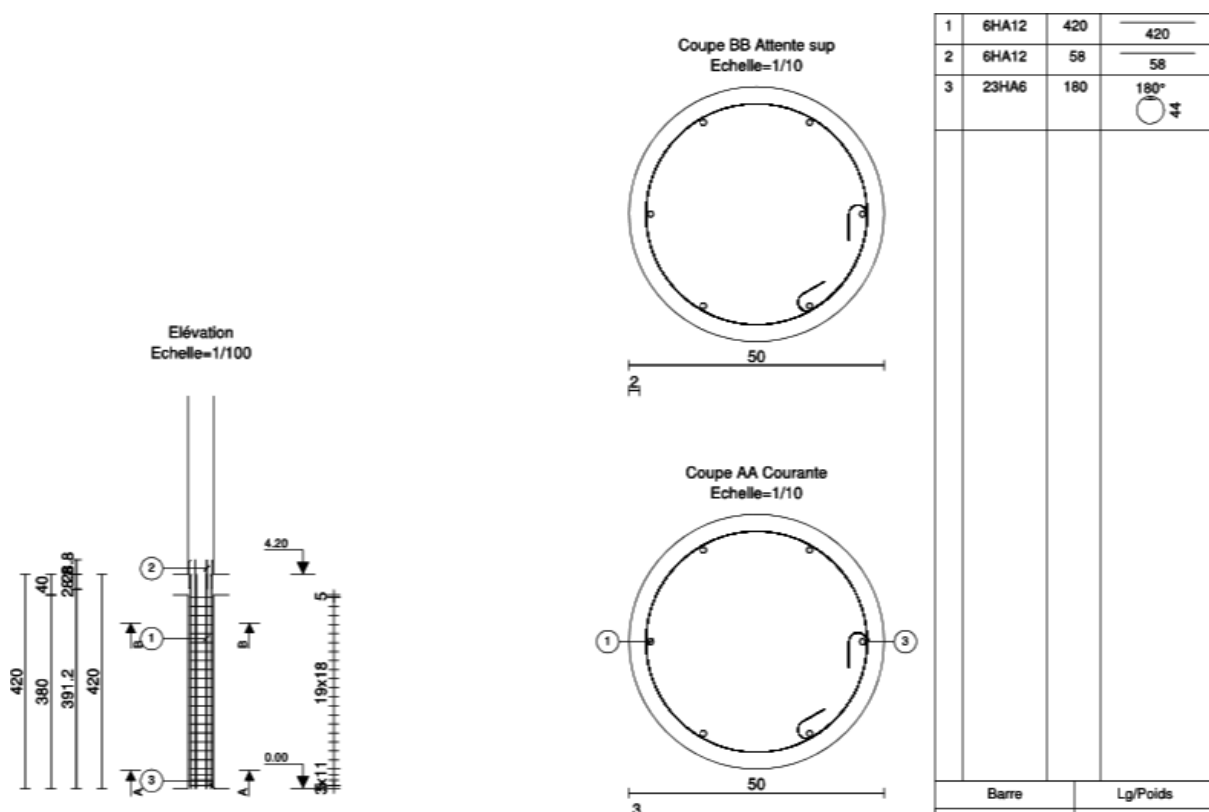


Annexe 14.1 : Ferrailage mur voile

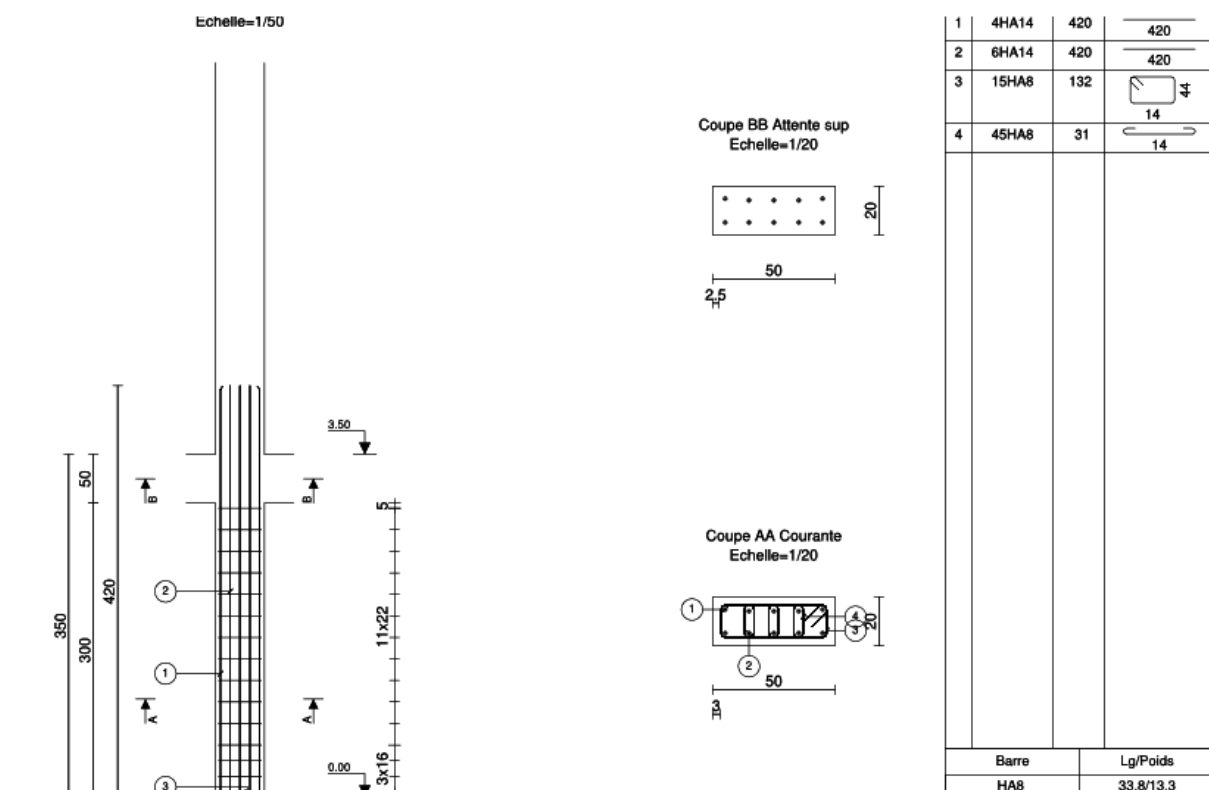
Annexe 15 : Ferrailage issu de la modélisation



Annexe 2: Ferrailage P1, P2, P5



Annexe 3: ferrailage P3



Annexe 4 : Ferrailage P4

1	14HA14	420	420
2	2HA14	420	420
3	12HA8	172	 24
4	60HA8	41	 24
5	12HA8	71	 54
Barre		Lg/Poids	
HA8		53,9/21.3	

[illegible]

Annexe 6 : Exemple Ferrailage poutre 20x50

Annexe16 : Etude d'Impact Environnemental et Sociale

I. CATEGORISATION DU PROJET :

L'ouvrage faisant l'objet de la présente étude est un bâtiment en béton armé de six (06) étages et trois (03) sous-sols, appelé projet « WAGUE » du nom de son promoteur. Destiné en partie à un usage commercial, le 3eme sous-sol étant aménagé en place de parking, le 2eme sous-sol au 1er étage comporte des magasins et des appartements. Les étages supérieurs ne comportent que des appartements. Afin de mener une évaluation environnementale il est tout d'abord important de catégoriser notre projet. Chaque projet est classé dans une des quatre catégories qui existent. Les projets de la catégorie A sont soumis à une Etude d'Impact Environnementale et Sociale détaillée (EIES), ceux en B sont soumis à une Etude d'Impact Environnementale simplifiée ou Notice d'Impact Environnementale et Sociale (NIES). Les projets en C et D ne sont soumis à aucune étude. La catégorisation du projet nous amène donc au choix de la **catégorie A**, il s'agit de l'activité de construction et d'un bâtiment à usage de commerce et d'habitation. Ainsi donc une Etude d'Impact Environnementale détaillée (EIES) sera réalisée.

II. ETAT INITIAL DU SITE :

Le site devant abriter le projet de construction de notre bâtiment se situe dans la ville de Libreville au **Gabon**, en zone urbaine, son implantation est prévue dans la zone dit d'AKEBE dans le 3eme arrondissement de la commune de Libreville.

Le bâtiment présente une hauteur totale hors sol de 28m, une longueur de 49.10m et une largeur de 32.21m. Le terrain est bordé d'infrastructures existantes dont des commerces et des habitations. Sur le site se trouve une petite végétation existante nécessitant un léger défrichement.

III. IDENTIFICATION DES IMPACTS :

Afin d'identifier les différents impacts qu'auront notre projet sur l'environnement nous utiliserons la matrice de **Léopold**.

Tableau 16: Matrice de Léopold

Phase du projet	Activités Sources d'impacts	Eau	Air	Sol	Faune	Flore	Santé humaine	Infrastructure	Activités économique
Construction	Etude de sol	O	O	O	O	O	O	O	O
	Terrassement	O	N	N	N	N	N	P	N
	Implantation du chantier	O	N	O	O	O	O	O	O
	Fouilles	O	N	N	O	O	N	P	O
	Fondation	O	O	O	O	O	O	O	O
	assainissement	P	O	O	O	O	P	O	O
	Dalle, poutre, poteau	O	O	O	O	O	P	P	O
	Elévation des murs	O	O	O	O	O	O	P	O
	Installation électrique	O	O	O	O	O	O	P	O
	sanitaire	O	O	O	O	O	P	P	O
Exploitation	Déchets ménagers	O	N	N	N	N	N	O	N
	Eaux usées	N	N	N	N	N	N	O	N

N : effet négatif

P : effet positif

O : effet neutre

IV. EVALUATION DES IMPACTS :

Une fois les impacts générés par les différentes activités du projet descellés, il s'agira maintenant dans cette étape de passé à leur évaluation dans le but de déterminer leur importance. Pour se faire nous utiliserons la matrice de **Fecteau**.

Tableau 17:Matrice de Fecteau

Activités Sources d'impacts	Impacts	Critère			Importance
		Intensité	Portée	Durée	
Etude de sol	-défraichir	-faible	-ponctuelle	-long terme	-mineur
Terrassement	-pollution de l'air	-fort	-ponctuelle	-court terme	-mineur
	-déplacement de terre	-fort	-ponctuelle	-court terme	-mineur
	-destruction de végétaux	-fort	-ponctuelle	-long terme	-mineur
	-bonne préparation du terrain	-fort	-ponctuelle	-long terme	-mineur
	-inhalation de poussières	-moyen	-ponctuelle	-court terme	-mineur
	-perturbation activités économique au tour	-moyen	-ponctuelle	-court terme	-mineur
Implantation du chantier	-pollution de l'air	-faible	-ponctuelle	-court terme	-mineur
Fouilles	-pollution de l'air	-faible	-ponctuelle	-court terme	-mineur
	-déplacement de terre	-faible	-ponctuelle	-court terme	-mineur
	-bien implanter les fondation	-moyen	-ponctuelle	-court terme	-mineur
Fondation	-bonne assise bâtiment	-fort	-ponctuelle	-long terme	-mineur
assainissement	-réduction pollution eaux souterraines	-moyen	-ponctuelle	-long terme	-mineur
	-réduction risque sanitaire	-moyen	-ponctuelle	-long terme	-mineur
Dalle, poutre, poteau	-stabilité du bâtiment	-fort	-ponctuelle	-long terme	-mineur

Elévation des murs	-confort thermique du bâtiment	-moyen	-ponctuelle	-long terme	-mineur
Installation électrique	-électrification du bâtiment	-fort	-ponctuelle	-long terme	-mineur
sanitaire	-réduction risque sanitaire	-moyen	-ponctuelle	-long terme	-mineur
Déchets ménagers	-risque de maladie	-moyen	-ponctuelle	-long terme	-mineur
Eaux usées	-risque de pollution	-fort	-ponctuelle	-long terme	-mineur

V. DESCRIPTION DES IMPACTS :

1. IMPACT SUR LE MILIEU BIOPHYSIQUE :

Il s'agira ici de décrire les impacts engendrés par nos activités sur l'eau, l'air, le sol, la faune, la flore.

a. IMPACTS NEGATIFS :

✓ Terrassement

Lors des travaux de terrassement, de grand mouvement de terre sont observés et peuvent générer beaucoup de poussière à l'instant même qui va perturber le voisinage, également une pollution atmosphérique du au pot d'échappement des engins qui dégagent du CO₂. Mais vu que cette activité ne va pas durer très longtemps nous n'aurons pas d'impact à long terme.

✓ Fouilles

Petits travaux de mouvement de terre, génèrent de la poussière mais de façon très faible et à court terme.

✓ Déchets ménagers

La production des déchets ménagers est susceptible d'être un danger de pollution pour l'environnement immédiat du bâtiment, Ces déchets constituent un risque à long terme.

✓ Eaux usées

Les eaux usées produits constituent un danger pour les eaux souterraines si elles ne sont pas canalisées. Ces eaux sont un risque à long terme si elles ne sont pas bien prises en charge.

b. IMPACTS POSITIFS :

✓ Assainissement

Un bon système d'assainissement permet de réduire considérablement les risque de pollution sur l'environnement immédiat autour du bâtiment à long terme.

2. IMPACTS SUR LE MILIEU HUMAIN :

Il s'agira ici de décrire les impacts engendrés par nos activités sur la santé humaine, les infrastructures, les activités économiques.

a. IMPACTS NEGATIFS :

✓ Terrassement

Le terrassement est un danger pour l'Homme car la poussière soulevée et le CO2 produit par les engins peuvent engendrés de grave problème respiratoire ou même de vision, même si l'activité ne dur que pendant une période bien déterminée, ses répercutions peuvent se faire ressentir sur le long terme.

✓ Fouilles

Petits travaux de mouvement de terre, génèrent de la poussière mais de façon très faible et à court terme.

✓ Déchets ménagers

La production des déchets ménagers sont susceptible d'être un risque d'infection et de maladie pour les occupants du bâtiment mais aussi le voisinage immédiat, Ces déchets constituent un risque à long terme.

✓ Eaux usées

Les eaux usées produits constituent un risque d'infection et de maladie pour le personnel, les

patients, les autres occupants du bâtiment mais aussi le voisinage immédiat si elles ne sont pas canalisées. Ces eaux sont un risque à long terme si elles ne sont pas bien prises en charge.

b. IMPACT POSITIF :

✓ Fondation

De bonnes fondation supporte le bâtiment et le rendre plus stable et plus solide donc plus sécurisant pour ses occupants. Ses effets sont à long terme.

✓ Assainissement

Un bon système d'assainissement permet de réduire considérablement les risque d'infection et de maladie sur la population dans et autour du bâtiment à long terme.

✓ Dalles, poutres, poteaux

Ce sont les éléments de la structure du bâtiment, participent à sa stabilité en reprenant les charges jusqu'aux fondation, ils rendent le bâtiment plus sûr pour ses occupants sur le long terme.

✓ Installation électrique

Le branchement électrique du bâtiment permettra de meilleurs services en ce qui concerne la clinique mais aussi un meilleur confort car les occupant pourront disposer d'appareils électriques indispensables et cela sur le long terme.

✓ Sanitaire

Le fait de disposer d'installation sanitaire dans le bâtiment permettra à la population de faire ses besoins dans des conditions descente et réduit considérablement les risque de propagation de maladie sur le long terme.

✓ Traitement acoustique

Le traitement acoustique à base de liège est non agressif pour les occupants et procure un confort acoustique pour les populations sur le long terme.

VI. PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTAL ET SOCIALE :

Le plan de gestion environnementale et sociale (**PGES**) est conçu comme un cadre de gestion des activités pour une mise en œuvre efficace et efficiente des différentes mesures proposées. Il décrit les mesures requises pour prévenir, minimiser, atténuer, bonifier ou compenser les impacts environnementaux et sociaux négatif ou pour accroître les impacts positifs. Il consiste à faire respecter les engagements environnementaux du projet. Il contribue à renforcer de façon effective l'apport du projet dans le développement socio-économique durable des zones cibles.

Le PGES définit le cadre de suivi et de surveillance ainsi que les dispositions institutionnelles à prendre durant la mise en œuvre du projet et la réalisation des activités pour atténuer les impacts environnementaux et sociaux défavorables, les supprimer ou les réduire des niveaux acceptables.

VII. MESURES D'ATTENUATION ET DE BONIFICATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

Ces mesures permettent d'atténuer ou de bonifier les impacts négatifs et de les compenser en mettant en exergue les impacts positifs.

c) Mesure d'atténuation sur le milieu biophysique

- Nous proposons afin de réduire les effets sur le sol, le sous-sol et les eaux, d'isoler les eaux pluviales, de ruissellement et les eaux usées, d'isoler les hydrocarbures et tous produits dangereux du site, et de mettre en place des procédures spécifiques en cas d'accident.
- Comme mesures d'atténuation sur l'air, nous proposons un arrosage du site pendant la période de réalisation, puis une collecte des ordures en fonction de leur provenance pour être évacuées selon le type de déchets aussi en période de réalisation ou après.

d) Mesure d'atténuation sur le milieu humain

- Equiper le personnel sur le chantier des équipements de protection individuels adapter à l'activité exécuté.
- Effectuer les taches provoquant des nuisances sonores à des heures appropriées

1. SURVEILLANCE ET SUIVI ENVIRONNEMENTALE :

Il s'agit d'un plan de surveillance simple pour permettre au maître d'ouvrage ainsi qu'aux autorités et à l'entrepreneur de s'assurer de la bonne application de la gestion de l'environnement et des mesures d'atténuation, de bonification et de détecter les écarts et les lacunes dans les meilleurs délais.

Ce plan de suivi qui doit comporter de façon claire les mesures de gestion et d'atténuation vise à s'assurer que les mesures d'atténuation et de bonification sont mises en œuvre, qu'elles produisent les résultats anticipés et qu'elles sont modifiées, interrompues ou remplacées si elles s'avéraient inadéquates. De plus, il permet d'évaluer la conformité aux politiques et aux normes environnementales et sociales.

Le suivi du **PGES** sera assuré par une commission mise sur pied par le maître d'œuvre de concert avec les autres acteurs. Ce programme de suivi comporte deux parties à savoir la **surveillance** et les **activités de suivi**.

a. ACTIVITES DE SURVEILLANCE :

La surveillance environnementale a pour but de s'assurer du respect :

- Des mesures d'atténuation de compensation et/ou de bonification ;
- Des conditions fixées dans la loi cadre sur l'environnement et ses décrets d'application ;
- Des engagements des maîtres d'ouvrages et maîtres d'œuvre ;
- Des exigences relatives aux lois et règlements pertinents.

b. ACTIVITES DE SUIVI :

Le suivi environnemental permet de vérifier, sur le terrain, la justesse de l'évaluation de certains impacts et l'efficacité de certaines mesures d'atténuation ou de bonification prévues par le **PGES**, et pour lesquelles subsiste une incertitude. Les connaissances acquises avec le suivi environnemental permettront de corriger les mesures d'atténuation et éventuellement de réviser certaines normes de protection de l'environnement.

Le Programme de suivi décrit :

- Les éléments devant faire l'objet d'un suivi ;
- Les méthodes/dispositifs de suivi ;
- Les responsabilités de suivi.

Tableau 18 : Tableau de suivis

Phase	Quoi (Quel paramètre doit être contrôlé ?)	Où (le paramètre doit-il être contrôlé ?)	Comment (le paramètre doit-il être contrôlé ?)	Quand (Définir la fréquence la /ou le caractère continu ?)	Pourquoi (Le paramètre doit-il être contrôlé ?)	Qui (est responsable du contrôle ?)
Pendant la préparation de l'activité	-Accès au site gestion du trafic -Disponibilité des installations d'élimination des déchets -Inventaire des déchets dangereux -Contrôle de la qualité des matériaux de construction (Ex. Peintures / solvants)	-Sur le site -Sur le site -Dans le voisinage du site sur place -Stockage du contracteur / Cour de construction	-Vérifier si la conception et la planification du projet prévoient des procédures diligentes -Visuel / analytique en cas de doute - Visuel / analytique en cas de doute -Recherche visuelle / recherche dans les bases de données sur les matériaux toxiques	-Avant le lancement de la construction -Avant le début des travaux -tout au long des travaux -Avant l'approbation d'utiliser du matériel	-Sécurité publique et du personnel	-Contracteur, Ingénieur
Pendant la mise en œuvre de l'activité	-Génération de poussière -Émissions de bruit -Types de déchets et d'eaux usées, qualité et volumes -La solidité du drainage de surface	-Sur le site et dans le voisinage immédiat, près des résidents potentiellement affectés -Aux points de décharge ou aux installations de stockage	-Visuel Consultation des locaux -Visuel, analytique si suspect Nombre de transport de déchets hors site, vérification des débits et des routes de ruissellement pour les eaux usées	-Quotidien -Quotidien / continu	-Éviter les nuisances publiques -Assurer une gestion et élimination appropriées des déchets -Éviter les impacts négatifs sur les eaux de surface et de surface	-Contracteur, Ingénieur

c. INDICATEURS DE SUIVI :

Le tableau suivant présente les indicateurs de suivi :

Tableau 19: Indicateurs de suivi

Activités	Indicateurs Objectivement Vérifiables
Distribution du matériel d'épandage et d'équipement de protection	Nombre de bénéficiaires
Procéder à un nettoyage des lieux et évacuation des déchets solides à la décharge autorisée	- nombre de sites nettoyés après chantier - nombre de dépôts sauvages
Avoir l'adhésion des populations riveraines (occupation de terrain ; utilisation de points d'eau, etc.)	- programmes de sensibilisation
Informier et sensibiliser le personnel de chantier	- nombre d'ouvriers sensibilisés
Privilégier l'utilisation de la main d'œuvre locale	- % d'ouvriers recrutés localement
Mettre en place un dispositif de signalisation des travaux	- nombre et nature des panneaux installés - nombre de ralentisseurs réalisés
Equiper EPI du personnel de chantier	- nombre d'ouvriers équipés
Décaper et nettoyer les endroits à la fin des travaux	- nombre de sites nettoyés
Assurer le suivi environnemental du PGES	- Dispositif de suivi environnemental mis en place
IEC, VIH/SIDA campagnes	Nombre de séances et de bénéficiaires
Renforcement sécurité sur chantier	Nombre d'accidents corporels et contraventions

d. COUT :

Le Plan de Gestion Environnementale et Sociale englobe plusieurs volets qui occasionnent des coûts quant à leurs mises en œuvre. Une somme de 10 000 000 Fcfa est mis à disposition pour ses activités.

Annexe 17 : Devis quantitatif et estimatif