



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

oooooooooooooooooooo

INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR D'ANTSIRABE VAKINANKARATRA

oooooooooooooooooooo

MENTION GENIE CIVIL

oooooooooooooooooooo

BATIMENTS ET TRAVAUX PUBLICS

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention de diplôme de

LICENCE

**ETUDE DE PROJET DE CONSTRUCTION D'UNE MAISON D'HABITATION R+3 SIS A
AMBALAKISOA-BEMASOANDRO**



Présenté par : ANDRIANTAHINA Alphonse Ricco

Soutenu le : 22 novembre 2021

Président de jury : Mr Pr RAJAONARISON Eddie Franck

Examineur : Mr Dr RANOARISON Hardy

Mr RAKOTANANDRASANA Franck

Encadré par : Mr RAKOTONDRAVOHITRA Rinah Masinandrianina

Année universitaire : 2019-2020



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO

oooooooooooooooooooo

INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR D'ANTSIRABE VAKINANKARATRA

oooooooooooooooooooo

MENTION GENIE CIVIL

oooooooooooooooooooo

BATIMENTS ET TRAVAUX PUBLICS

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention de diplôme de

LICENCE

**ETUDE DE PROJET DE CONSTRUCTION D'UNE MAISON D'HABITATION R+3
SIS A AMBALAKISOA-BEMASOANDRO**



Présenté par : ANDRIANTAHINA Alphonse Ricco

Soutenu le : 22 novembre 2021

Président de jury : Mr Pr RAJAONARISON Eddie Franck

Examineur : Mr Dr RANOARISON Hardy

Mr RAKOTANANDRASANA Franck

Encadré par : Mr RAKOTONDRAVOHITRA Rinah Masinandrianina

Année universitaire : 2019-2020

REMERCIEMENTS

Le présent mémoire n'a pu être mis au point sans l'aide de notre Dieu, à qui je rends grâce pour la santé, la force et les bénédictions qu'il m'a accordées.

J'adresse aussi mes sincères reconnaissances et mes vifs remerciements à :

Monsieur RAJAONARISON Eddie Franck Directeur de l'Institut Enseignement Supérieur d'Antsirabe-Vakinankaratra, qui veille au fonctionnement de l'Ecole

Monsieur RANDRIANARIVELO Lanja Responsable de la Mention Bâtiment et Travaux Publics.

Monsieur RAKOTONDRAVOHITRA Rinah Masinandrianina qui a bien voulu m'encadrer dans ce projet, et pour ses conseils, son soutien constant et sa disponibilité, malgré ses responsabilités, tout au long de ce travail.

Tous les membres de jury qui ont eu l'amabilité d'examiner le présent travail ;

Tous les Enseignants ainsi que le Personnel de l'Institut d'Enseignement Supérieur d'Antsirabe-Vakinankaratra;

Toute ma famille et mes amis pour leur amour et leur soutien durant ces années d'études ;

Tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à l'accomplissement de ce travail.

<<Laisse tes rêves changer la réalité mais ne laisse pas la réalité changer tes rêves >>

SOMMAIRE

REMERCIEMENT

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ANNEXES

LISTE DES NOTIONS ET EBREVIATION

INTRODUCTION

PREMIER PARTIE : Cadre général du projet

Chapitre I : généralité sur le lieu d'implantation du projet

Chapitre II : Justification du projet

Chapitre III : Conception architectural du bâtiment

Chapitre IV : Confort et sécurité du bâtiment

DEUXIEME PARTIE : Etudes technique

Chapitre V : Pré dimensionnement des éléments structuraux

Chapitre VI : Descente de charge

Chapitre VII: Etudes de structure

Chapitre VIII: Etudes de la superstructure

Chapitre IX : Etudes de l'infrastructure

TROISIEME PARTIE : L'évaluation financière et planification du projet

Chapitre X : Devis descriptif

Chapitre XI : Détail quantitatif et estimatif

Chapitre XII : Etudes de planification

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

WEBOGRAPHIE

ANNEXES

TABLE DE MATIERE

LISTE DES FIGURES

Figure 1 température.....	4
Figure 2 pluviométrie	5
Figure 3 carte d'antsirabe.....	7
Figure 4: Lieu du projet.....	14
Figure 5: Esquisse de RDC.....	16
Figure 6: Esquisse 1er et 2em étages.....	16
Figure 7: Esquisse de 3em étage	17
Figure 8: Modélisation de bâtiment.....	31
Figure 9: Distance entre les poteaux et l'origine	39
Figure 10: Distance entre le centre de gravité G et chaque poteau	40
Figure 11: Poutre à plusieurs travées.....	45
Figure 12: schéma de système de l'effort tranchant.....	46
Figure 13: Répartition des charges apportées par la dalle	48
Figure 14: Charges appliquées à la structure à l'ELU pour la file D [KN/m]	50
Figure 15: Charges appliquées à la structure à l'ELS pour la file D [KN/m].....	51
Figure 16: Numérotation des panneaux des dalles des étages.....	71
Figure 17: Moment au centre de la dalle	71
Figure 18: Modèle de l'espacement de treille soudé.....	78
Figure 19: Plan de l'escalier.....	79
Figure 20: Plan de coupe de l'escalier	79
Figure 21: conception des paillasse de l'escalier. –coupe	81
Figure 22: types des systèmes d'appuis 1er paillasse	81
Figure 23: schéma de 1ere poutre.....	82
Figure 24: types de système 2eme appuis	82
Figure 25: chargement de 1ère volée.....	84
Figure 26: Chargement de 2em volée.....	84
Figure 27: Diagramme de moment ELU de paillasse1.....	85
Figure 28: Diagramme d'effort tranchant ELU de paillasse1	85
Figure 29: Diagramme de moment ELU de paillasse2.....	86
Figure 30: Diagramme d'effort tranchant ELU de paillasse2.....	86
Figure 31: Organigramme de réseau PERT, source auteur	126

Figure 32: Planning flèche..... 127

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: les grandes industries de la ville Antsirabe I	9
Tableau 2: nombre des élèves par établissement.....	11
Tableau 3: Surface de chaque pièce	19
Tableau 4: Valeur de section des poteaux intermédiaires	26
Tableau 5: Valeur de section des poteaux de rive	26
Tableau 6: Valeur de la charge permanent vertical	29
Tableau 7: Les valeurs de ces surcharges sont indiquées ci-après selon la norme NFP 06-00130	
Tableau 8: Modèle de calcul de descente de charge P3.....	31
Tableau 9: Modèle de calcul de descente de charge P1	33
Tableau 10: Récapitulation de charge permanente.....	34
Tableau 11: Récapitulation de charge d'exploitation.....	34
Tableau 12: Valeurs du coefficient relatif à l'effet du site.....	37
Tableau 13: Valeurs de la pression dynamique de base [KN/m ²]	38
Tableau 14: Section des poteaux [cm ²]	39
Tableau 15: Position du centre de gravité G.....	39
Tableau 16: Distance di des poteaux par rapport au centre de gravité et leur moment d'inertie	40
Tableau 17: Valeur de u pour chaque niveau	41
Tableau 18: Valeur de Fi pour chaque niveau [KN]	41
Tableau 19: Récapitulation des charges pour les poteaux [KN]	42
Tableau 20: Répartition des charges.....	47
Tableau 21: Evaluation des charges de la toiture pour la file D. [KN/m]	48
Tableau 22: Evaluation des charges des étages pour le fil D [KN/m].....	49
Tableau 23: Récapitulation des charges verticales et horizontales sur la file D [kN/m].....	50
Tableau 24: Vérification des conditions.....	51
Tableau 25: calcul de l'élanement.....	67
Tableau 26: Calcul des charges sur le dalle.....	73
Tableau 27: extrait de treille soude ADETS.....	77
Tableau 28: Type de contrainte de sol.....	94
Tableau 29: Section de la semelle	95
Tableau 30: Devis descriptif.....	100
Tableau 31: Calcul du coefficient de déboursés.....	110

Tableau 32: prix unitaire pour Fouille pour 1m3	111
Tableau 33: prix unitaire de Béton dosé 200kg/m3 pour 1m3	112
Tableau 34: Prix unitaire de Béton dosé 350kg/m3 pour 1m3	113
Tableau 35: Prix unitaire de Maçonnerie de moellon pour 1m3	114
Tableau 36: Prix unitaire de Maçonnerie de brique pour 1m3	115
Tableau 37: Prix unitaire de Ferrailage pour 1kg d'acier	116
Tableau 38: Prix unitaire de Coffrage pour 1m2 de bois de coffrage	117
Tableau 39: Prix unitaire de Enduit dosé 300kg/m3 pour 1m3	118
Tableau 40: Détail quantitatif et estimatif	119
Tableau 41: Récapitulation du devis estimatif	121
Tableau 42: Détermination du nombre de jour, de semaine et le nombre d'effectif, source auteur	124
Tableau 43: Relation d'antériorité, source auteur	125

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : EFFET DU VENT

ANNEXE 2 : DESCENT DE CHARGE

ANNEXE 3 : COURBE ENVELOPPE

ANNEXE 4 : DIMENSIONNEMENT DE LA SUPERSTRUCTURE

ANNEXE 5 : PLAN DE FERRAILLAGE

ANNEXE 6 : PLAN DE FOSSE SEPTIQUE

ANNEXE 7 : PLAN D'ARCHITECTURE

LISTE DES NOTATIONS ET ABREVIATIONS

1. ABREVIATIONS

***RN* : Route National**

***RDC* : Rez-de-chaussée**

***Ch* : Chambre**

***BA* : Béton Armé**

***BAEL* : Béton Armé aux Etats Limites**

***CEM*: Ciment**

***RPA* : Règle de parasismique Algérien**

***ELS* : Etat Limite de Service**

***ELU* : Etat Limite Ultime**

***HA*: Haute adhérence**

***TTC* : Toutes Taxes Comprises**

***WC* : Water Closet**

***EPI*:EPI : Equipement de Protection Individuel**

***NV*: Neige et Vent**

***AFNORD*: Association Française de Normalisation**

***AR* : Ariary**

***EP* : : Eaux Pluviales**

***EU* : Eaux Usées**

EV: Eaux Vannes

GCNT : Grave Concassée Non Traitée

TVA : Taxe sur la Valeur Ajoutée

NFP : Norme Française P

PVC : Polychlorure de Vinyle

2. NOTATIONS

a. Notations en minuscule romaine

a : Petite dimension d'un poteau

b : Largeur, grande dimension du poteau

b_0 : Epaisseur brute de l'âme d'une poutre

c : Enrobage

d : Hauteur utile

h : Epaisseur

f_{bu} : Résistance de calcul en compression à l'ELU

f_e : Limite d'élasticité de l'acier

f_{ed} : Résistance de calcul des aciers à l'ELU

f_{c28} : Résistance caractéristique à la compression du béton à 28 jours d'âge

f_{t28} : Résistance caractéristique à la traction du béton à 28 jours d'âge

g : Largeur de la marche d'escalier ;

k : Coefficient

l : Largeur ou portée

l_r : Longueur de recouvrement

l_f : Longueur de flambement

l_0 : Longueur libre

l_s : Longueur de scellement

l_x : Plus petite portée d'une dalle

l_y : Plus grande portée d'une dalle

n : Nombre de niveau

v : Vitesse

p_u , p_{ser} : Charge

q : Charge variable unitaire

q_d : Pression dynamique

z : Bras de levier

b. Notations en majuscule romaine

S_t : Espacement

S_{t0} : Espacement initial

X_G : Abscisse du centre de gravité

L : Longueur ou portée

A : Aire d'une section des armatures

B : Aire d'une section de béton

W : Action du vent

V : Effort tranchant

F : Force

V : Effort normal de compression

I_G : Moment d'inertie en général

M_u : Moment de calcul ultime

M : Moment en général

M_0 : Moment isostatique

M_t : Moment en travée

G : Action ou charge permanent

H : Hauteur de construction à partir du niveau zéro du sol

Q : Action ou charge variable

S : Surface ou section

PU : Prix Unitaire

R : Rendement pour une activité donnée

U : Unité

D : Déboursés

c. Notations en minuscule grecque

max : Maximal

min : Minimal

b : Béton

t : Traction

g : Gauche

d : Droite

ser : Service

c : Compression

α : Coefficient sans dimension

β : Coefficient sans dimension

η : Coefficient de fissuration relatif à une armature

$\overline{\sigma}_{bc}$: Contrainte de compression du béton

γ : Coefficient de sécurité sans dimension

d. Notations en majuscule grecque

δ : Effet de dimension

θ : Coefficient sans dimension

λ : Elancement mécanique d'une pièce

τ : Contrainte tangente

μ : *Coefficient sans dimension*

μ_{lu} : Moment fléchissant limite réduit à l'ELU

μ_{bu} : *Moment fléchissant agissant réduit à l'ELU*

σ : Contrainte normal en général

σ_{bc} : *Contrainte de compression du béton*

γ_b : Coefficient de sécurité du béton **γ_s** : Coefficient partiel de sécurité

\emptyset_L : Diamètre des armatures longitudinales;

\emptyset_t : Diamètre des armatures transversales.

3. Unités

cm: Centimètre

daN: Déca Newton

KN: Kilo Newton

MN: Méga Newton

Kg: Kilogramme

m : Mètre

MPa : Méga pascal

AR: Ariary

***Ha* : Hectare**

***Hab* : Habitant**

INTRODUCTION

Actuellement, le programme gouvernemental pour le développement rapide et durable dépend non seulement des producteurs économiques, mais aussi des entrepreneurs et des constructeurs. Ces derniers ont une très grande responsabilité pour répondre aux besoins en infrastructures de la population et embellir la ville.

Ainsi, le secteur immobilier attire de plus en plus les producteurs et devient actuellement la zone la plus exploitée.

En outre, le concept de logement est lié à la distinction économique, sociale et culturelle d'un pays. Pour notre situation, les constructions illégales constituent actuellement le principal logement pour la majorité de la population. De plus, les normes d'habitabilité obligatoires ne correspondent pas aux cas actuels.

Dans cette optique, nous présentons le projet de construction d'un immeuble de 3 étages à usage d'habitation dans la Commune d'Antsirabe, intitulé : « ETUDES DE PROJET DE CONSTRUCTION D'UNE MAISON D'HABITATION R+3 SIS A AMBALAKISOA-BEMASOANDRO », pour lequel nous respecterons les normes requises, les règles de l'art et les techniques en vigueur. Nous chercherons à obtenir un bon rapport qualité-prix tout en étant aussi économiques que possible.

Pour cela, nous allons entamer notre étude,

Premièrement, le cadre général du bâtiment

Deuxièmement, on aura les études techniques

Troisièmement, nous verrons l'évaluation financière et la planification du projet

PREMIERE PARTIE : Cadre général du projet

Chapitre I : Généralité sur le lieu d'implantation de projet

1. Localisation de la ville

La ville d'Antsirabe se trouve dans la région du Vakinankaratra, au centre de Madagascar. Elle est située à une altitude de 1540 mètres et est géographiquement localisée aux coordonnées suivantes : 47°04 de longitude est et 19°52 de latitude sud. Antsirabe est le chef-lieu de la région du Vakinankaratra, qui s'étend de Betafo au sud à Antanifotsy au nord.

La Commune Urbaine d'Antsirabe est entourée de plusieurs communes rurales.

À l'est, on trouve la commune rurale d'Ambohidranandriana,

À l'ouest les communes rurales d'Antanimandry et de Belazao,

Au nord la commune rurale d'Andranomanelatra,

Au nord-ouest la commune rurale d'Ambano-Alakamisy,

Au sud la commune rurale de Vinaninkarena.

2. Climat

2.1. Température

La ville d'Antsirabe connaît une saison chaude d'une durée de 6,1 mois, allant du 29 septembre au 3 avril, avec une température quotidienne moyenne maximale supérieure à 25°C. Le mois le plus chaud de l'année à Antsirabe est décembre, avec une température moyenne maximale de 25°C et minimale de 15°C.

En revanche, la saison fraîche dure 2,2 mois, du 6 juin au 12 août, avec une température quotidienne maximale inférieure à 20°C. Le mois le plus froid de l'année à Antsirabe est juillet, avec une température moyenne minimale de 8°C et maximale de 19°C.

Température maximal et minimal à Antsirabe

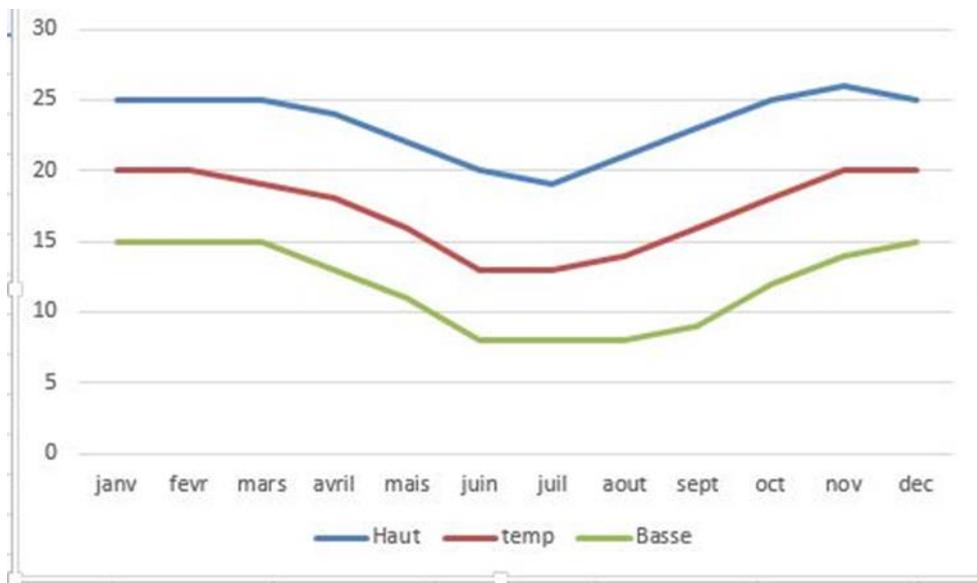


Figure 1 température

Moyenne	janv	fevr	mars	avril	mais	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec
Haut	25°C	25°C	25°C	24°C	22°C	20°C	19°C	21°C	23°C	25°C	26°C	25°C
temp	20°C	20°C	19°C	18°C	16°C	13°C	13°C	14°C	16°C	18°C	20°C	20°C
Basse	15°C	15°C	15°C	13°C	11°C	8°C	8°C	8°C	9°C	12°C	14°C	15°C

Source: Météorologie

2.2.Pluviométrie

La pluviométrie à Antsirabe varie d'une année à l'autre. Pendant une journée de précipitations, on observe une accumulation d'eau d'au moins un millimètre. La saison la plus pluvieuse durée de 5,2 mois, du 28 octobre au 5 avril, avec une probabilité de précipitations quotidiennes supérieure à 45%.

Le mois ayant le plus grand nombre de jours de précipitations à Antsirabe est janvier, avec une moyenne de 25,2 jours ayant au moins un millimètre de précipitation. En revanche, la saison la plus sèche dure 6,7 mois, du 5 avril au 28 octobre. Le mois ayant le moins de jours de précipitations à Antsirabe est août, avec une moyenne de 2,4 jours ayant au moins un millimètre de précipitation.

Probabilité de précipitation quotidienne Antsirabe

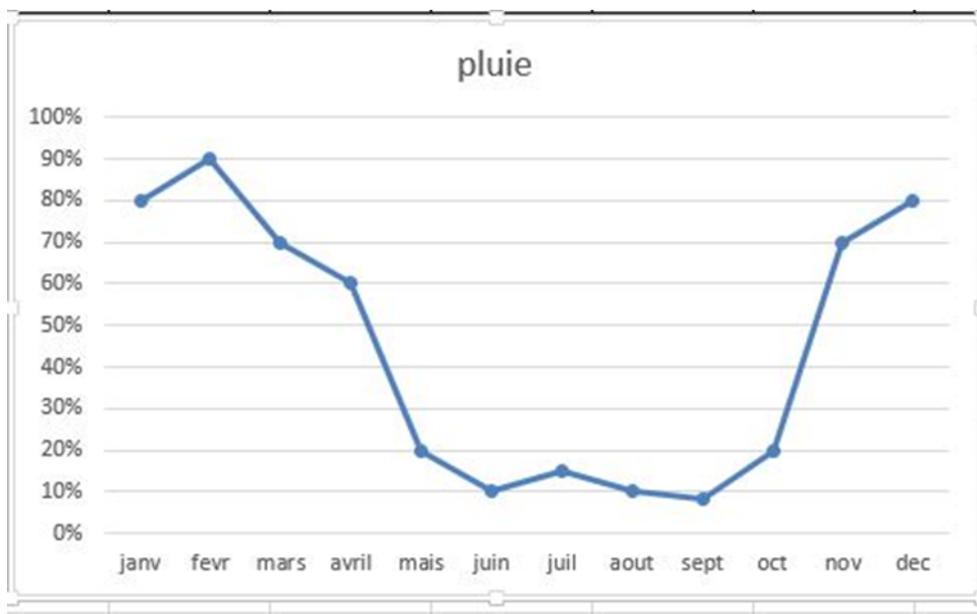


Figure 2 pluviométrie

Moyenne	janv	fevr	mars	avril	mais	juin	juil	aout	sept	oct	nov	dec
Haut	25°C	25°C	25°C	24°C	22°C	20°C	19°C	21°C	23°C	25°C	26°C	25°C
temp	20°C	20°C	19°C	18°C	16°C	13°C	13°C	14°C	16°C	18°C	20°C	20°C
Basse	15°C	15°C	15°C	13°C	11°C	8°C	8°C	8°C	9°C	12°C	14°C	15°C

Source: Météorologie

Antsirabe est un arrondissement divisé en plusieurs villages, traversé par les routes nationales RN34 et RN7, tandis que entouré quatre communes rurales.

3. Situation démographique

3.1. Population

La situation démographique de la commune urbaine d'Antsirabe est en constante évolution.

Les chiffres de la population ont connu une augmentation au fil des années :

En 2014, selon les chiffres de la commune, Antsirabe I comptait 272 115 habitants.

En 2022, d'après les données de la commune, le nombre de population est estimé à 340 864 habitants. La Commune Urbaine d'Antsirabe est organisée en 60 Fokontany répartis dans 06 arrondissements.

Carte de la commune Antsirabe I

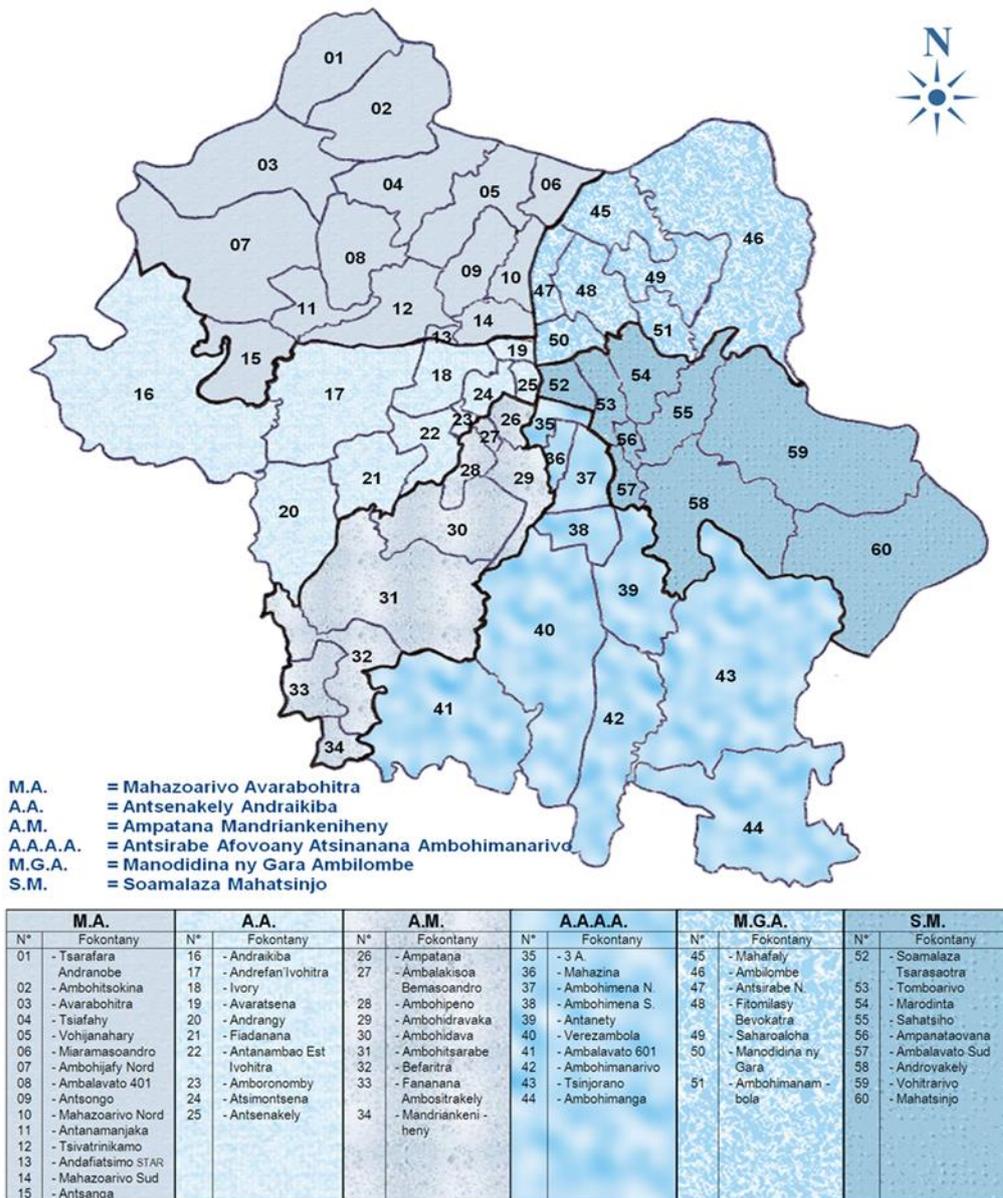


Figure 3 carte d'antsirabe

Source : commune Antsirabe

La population d'Antsirabe est caractérisée par une diversité d'origines et de moyens de subsistance. Les habitants de la ville proviennent de différentes régions de Madagascar et ont des activités économiques variées.

3.2. Activité de la population

Comme dans toutes les grandes villes de Madagascar, l'emploi dans la ville d'Antsirabe est dominé par le secteur informel avec 61,9 % de l'ensemble de l'emploi existant.

Un secteur informel qui se caractérise par une grande précarité des conditions d'activité. Moins de 10 % des unités de production informelle disposent d'un local spécifique d'activité (ateliers, boutiques, postes fixes sur les marchés publics), 35 % exercent à domicile et 55 % ne possèdent pas de local. Avec la privatisation de la RNCFM, il n'y a plus d'entreprise publique à Antsirabe. Les commerces et la restauration sont les branches d'activité où l'on trouve les plus forts contingents d'activités non localisées.

Compte tenu des potentialités agricoles de la ville, l'agriculture et l'élevage sont sous-exploités dans la ville. Le commerce et l'industrie constituent les deux pôles importants au niveau de l'emploi avec les zones franches et le commerce informel.

2.3.3 Migrations vers la ville Antsirabe

L'accroissement du nombre d'habitants de la ville d'Antsirabe n'est pas seulement dû au simple fait démographique. Par sa place dans la région et sa situation économique, la ville attire une migration économique et de proximité.

En considérant un taux moyen d'accroissement démographique annuel de 4,8 % et une taille de ménage de 6 personnes. Cependant, le taux moyen d'accroissement démographique annuel semble sur estimé pour une ville secondaire comme Antsirabe.

Plus spécifiquement, cette migration de l'exode rural est liée à la recherche d'un emploi permanent et de meilleures conditions de vie disponibles dans les centres urbains. Pour Antsirabe, les principaux mouvements sont caractérisés par l'arrivée des personnes originaires de Soanindrariny et d'Antanifotsy qui viennent travailler en tant que tireurs de pousse pousse, par l'arrivée des marchands ambulants d'Antsirabe II et de Betafo pour vendre leurs produits dans les marchés de la ville.

4. Situation agro-écologique

4.1. Secteur économique

4.1.1 Elevage

Pour Antsirabe, on compte 28 997 éleveurs et les effectifs des cheptels s'élèvent à 1566 bovins, 2349 porcins, 17207 volailles et 2675 considérés comme «autres». La commune

urbaine est aussi le deuxième producteur régional de lait après Betafo (près de 5,7 millions de litres produits par an). La surreprésentation de l'élevage de volailles trahit un sentiment d'insécurité grandissant quant à l'élevage de bovins avec la prolifération de vol de zébus qui interviennent depuis Antsirabe (qui reste relativement préservée) jusqu'au Grand Sud.

2.4.1.2 Développement des entreprises locales

Antsirabe est la deuxième ville industrielle du pays, étant aussi, une ville renommée en production agricole qui éprouve un grand besoin en eau. A ces besoins, il faut ajouter l'eau consommée par le secteur tertiaire (bureaux, commerces), et les différents services publics (écoles, hôpitaux, piscines, lavage des rues) qui consomment en quantité importante de l'eau distribuée. En outre, certaines industries utilisent également de l'eau distribuée.

Antsirabe concentre de nombreuses industries et usines de transformation : textiles, boissons gazeuses, transformations agricoles et produits laitiers, tabacs, produits chimiques.

Tableau 1: les grandes industries de la ville Antsirabe I

Activités	Denomination
Brasserie	STAR
Transformation laitière	Socolait
Maltée orge	Malto
Tricotage	Accord knits
Tissage teinture	Cotona
Transformation de produit agricole	Cotona agro
Production de cigarette	Sacimem
Textile	-cotoline -aquarelle - floréal -knitwear -laguna

Source : pudi

4.1.2 Tourisme

La Ville relais entre Antananarivo et le Sud et l'Ouest du pays, Les acteurs publics s'appliquent effectivement à développer son offre touristique afin d'inciter les touristes à prolonger leur séjour dans la ville (de trois jours actuellement à cinq jours). Le tourisme dans les Hautes Terres est caractérisé par un tourisme sportif, nature et thermal : randonnées, activités sportives (canyoning, escalade), visites des lacs et des sources thermales. Les Fêtes pascales sont aussi un moment phare dans l'année attirant de nombreux touristes de part et d'autre du pays, remplissant ainsi les hôtels de la ville. La ville se prévaut d'être l'endroit où venir passer ces quelques jours De festivité, en organisant une fête foraine, des stands loués par les grosses industries de la ville et un concert avec les plus grandes vedettes du pays.

Le nombre de touristes dans la ville est en constante augmentation, à peu près de 20 à 30% par an. On remarque cependant une augmentation de seulement 11% entre 2016 et 2017 avec 22000 touristes en 2016 et 24500 en 2017.

4.2.Secteur Social

4.2.1. Education

D'après la monographie de la région de 2018 (DREP), il existe trois universités publiques fonctionnelles à Antsirabe : la CRAC, CNTEMAD et IES-AV. Plus généralement, la région aussi connu une évolution récente en matière d'enseignement supérieur privé. On compte dix universités privée : l'UPRIM, ESSVA, ASJA, l'IESTIME, IFT, FTS, ESPRIT, l'UAZ et BOOST, Ravelonjaona

La ville d'Antsirabe compte cinquante-trois écoles publiques primaires (EPP), six collèges publics, deux lycées publics et deux établissements techniques publics. Dans l'école privées : 122 préscolaire, 150 école primaire, 93 collège ,40 lycée et 33 techniques privées à Antsirabe I. On estimé à 68% le taux d'accroissement de scolarisation pour la circonscription d'Antsirabe I.

Tableau 2: nombre des élèves par établissement

	Primaire et préscolaire		secondaire		lycée		technique		universités	
	Privé	public	privé	public	privé	public	privé	public	privée	public
Nombre des élèves	27 358	19 336	1410 9	5615	633 7	283 1	660 0	1200	3600	460 0

Source : Cisco Antsirabe I

4.2.2. Santé

La ville d'Antsirabe compte un centre hospitalier de référence régionale en charge des hospitalisations avec 25 bâtiments, 378 salles et 3 024 lits et six centres de santé de base (CSB II) publics. L'offre privée est plus importante avec six centres hospitaliers et vingt-trois CSB II. Des dysfonctionnements généraux sont à noter pour le Centre hospitalier référence régional (CHRR) et les CSB II publics de la ville : problème d'alimentation en eau courante et assainissement.

La zone d'étude se concentre sur la ville d'Antsirabe, située dans la région du Vakinankaratra à Madagascar. La ville est entourée de communes rurales et bénéficie d'un climat avec une saison chaude et une saison fraîche. Sa population est en constante évolution. Les activités économiques sont dominées par le secteur informel, mais l'agriculture, l'élevage, le commerce et l'industrie jouent également un rôle important. La ville est un centre touristique avec des attractions axées sur les activités sportives, la nature et les sources thermales. Sur le plan social, Antsirabe compte des établissements d'enseignement supérieur, des écoles primaires, des collèges, des lycées, un centre hospitalier de référence régionale et des centres de santé. Ces informations contextuelles fournissent un aperçu global de la zone d'étude et sont essentielles pour l'étude de l'approvisionnement en eau potable dans la commune urbaine d'Antsirabe.

Chapitre II : Justification du projet

1. Contexte actuel des logements à Antsirabe

Le concept de construction est caractérisé par les aspects économiques, sociaux et culturels d'une région.

Dans la région d'Antsirabe, on trouve actuellement différents types de logements :

- Les "villas" : ce sont des immeubles modernes indépendants offrant un niveau de confort moderne.
- Les "appartements" : ce sont des unités d'habitation comportant plusieurs pièces, occupant une partie d'un immeuble et généralement situées en ville. Ils peuvent être habités par leur propriétaire ou des membres de sa famille.
- Les "studios" : logements composés d'une pièce principale unique avec des locaux accessoires tels que salle de bains et cuisine. La salle de bains est toujours séparée, mais pas nécessairement la cuisine, sinon on parle de F1.
- Les "chambres ou pièces sans dépendances" : pièces servant à la fois de chambre à coucher et de séjour, sans commodités, souvent partageant les toilettes et la cuisine avec d'autres occupants.
- Les "maisons individuelles" : bâtiments à usage d'habitation comprenant au maximum deux logements superposés ou disposant d'une seule porte d'entrée.
- Les "maisons traditionnelles" : immeubles indépendants isolés sur une parcelle, habités exclusivement par un ménage, avec un minimum de confort et d'installations sanitaires.
- Les "logements superposés" : des logements sont considérés comme superposés lorsque la surface de leurs parois mitoyennes horizontales dépasse 15 m².
- Les "autres" : structures qui ne peuvent pas être identifiées dans les catégories mentionnées.

2. Statut d'occupation

Le statut d'occupation des logements est défini en trois parties :

- Hébergé
- Locataire
- Propriétaire

La construction d'un bâtiment d'habitation dans la commune pourrait véritablement contribuer à son développement et à la résolution des problèmes socioéconomiques.

3. Analyse du projet :

Notre projet consiste à construire un bâtiment à usage d'habitation.

3.1.Présentation du site :

Notre projet est situé dans la région du Vakinankaratra, district d'Antsirabe 1, dans la commune urbaine d'Antsirabe, Fonkotany Ambalakisoa-bemasoandro. La propriété sur laquelle le présent projet sera implanté est un terrain d'une superficie totale de 4000m².



Figure 4: Lieu du projet

Chapitre III : Conception architecturale du bâtiment

1. Généralité :

Le présent projet vise la construction d'un immeuble à usage d'habitation. La réalisation sera effectuée en respectant scrupuleusement les règles de l'art et les normes en vigueur, notamment les prescriptions de conception proposées par Ernest NEUFERT dans son ouvrage "Les éléments de projet de construction" ainsi que les règles de construction à Madagascar, telles que le TBM (Texte sur les Bâtiments et les Monuments), les règles d'urbanisme et de protection de l'environnement.

1.1 Perspectives

Notre construction adopte une forme rectangulaire et se compose de quatre niveaux, le rez-de-chaussée et trois étages. Les hauteurs entre les planchers sont de 3,2 m pour chaque niveau. Les dimensions du rez-de-chaussée sont de 20,45 m de long sur 15,50 m de large, et les trois étages ont les mêmes dimensions. Du terrain naturel, la hauteur totale de la construction atteint 14,51 m. La toiture est une toiture terrasse.

1.2 Façades

La façade principale correspond à celle où se trouve l'entrée principale du bâtiment. Elle représente la peau extérieure du bâtiment, jouant un rôle essentiel dans la transition entre l'intérieur et l'extérieur. Dans notre cas, les façades se caractérisent par la présence de balcons pour chaque étage.

1.3 Esquisse

Comme mentionné précédemment, notre bâtiment compte quatre niveaux, du rez-de-chaussée au troisième étage, et est destiné à un usage résidentiel. Voici une esquisse de chaque niveau :

Rez-de-chaussée :

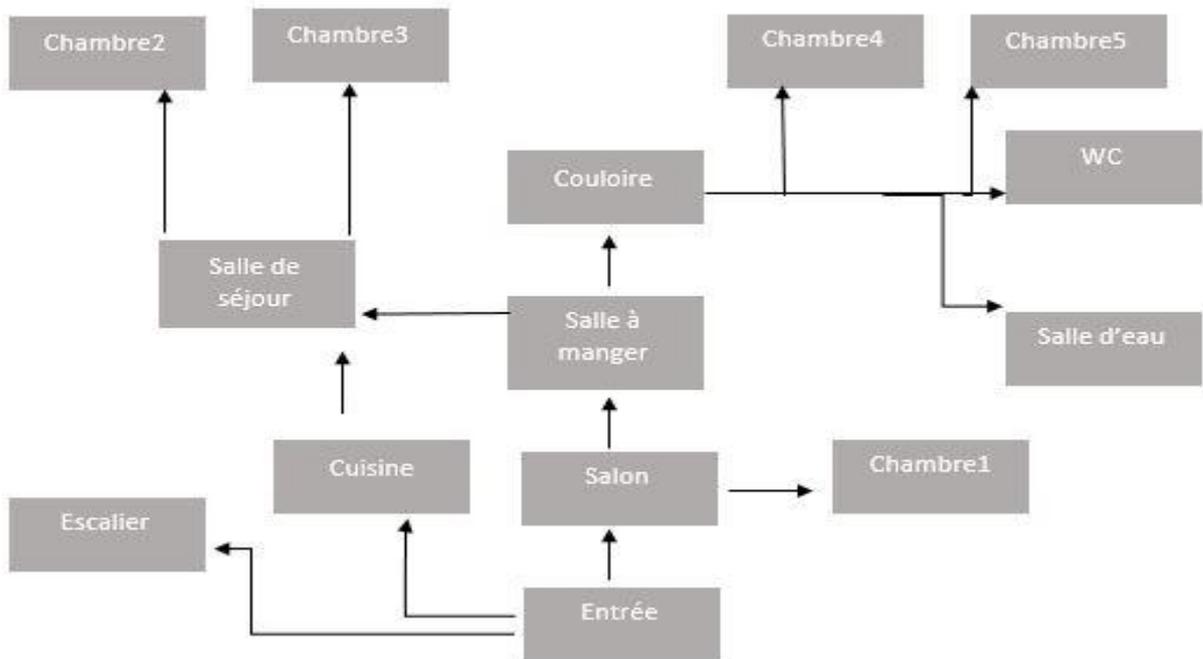


Figure 5: Esquisse de RDC

Première et Deuxième étage :

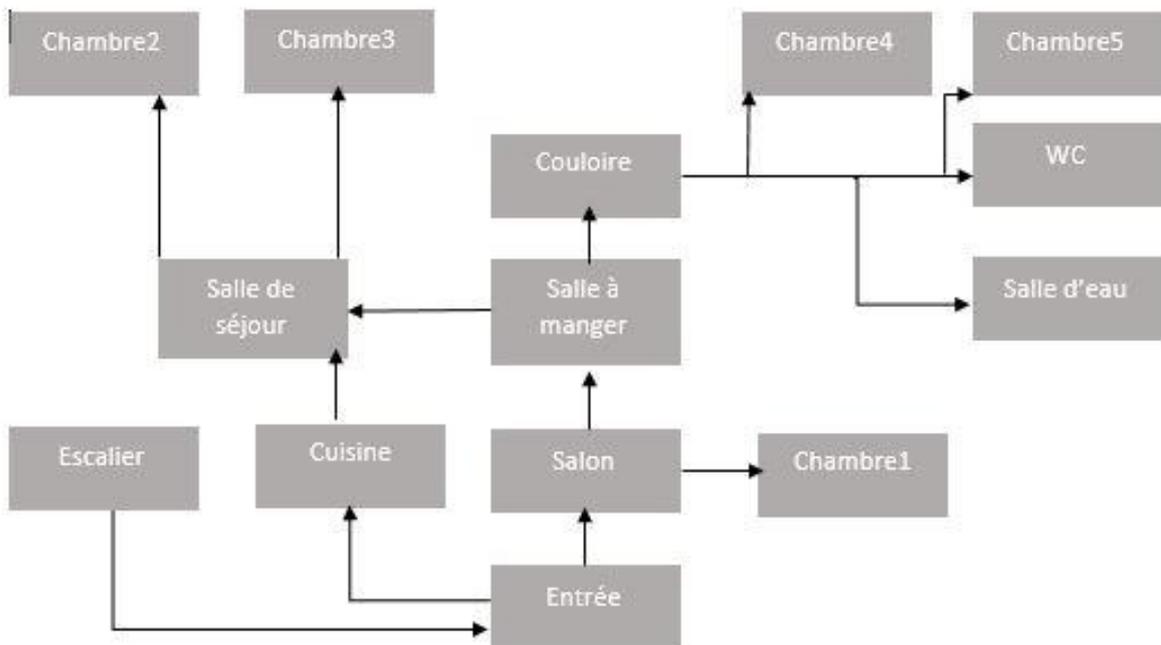


Figure 6: Esquisse 1er et 2em étages

Troisième étage :

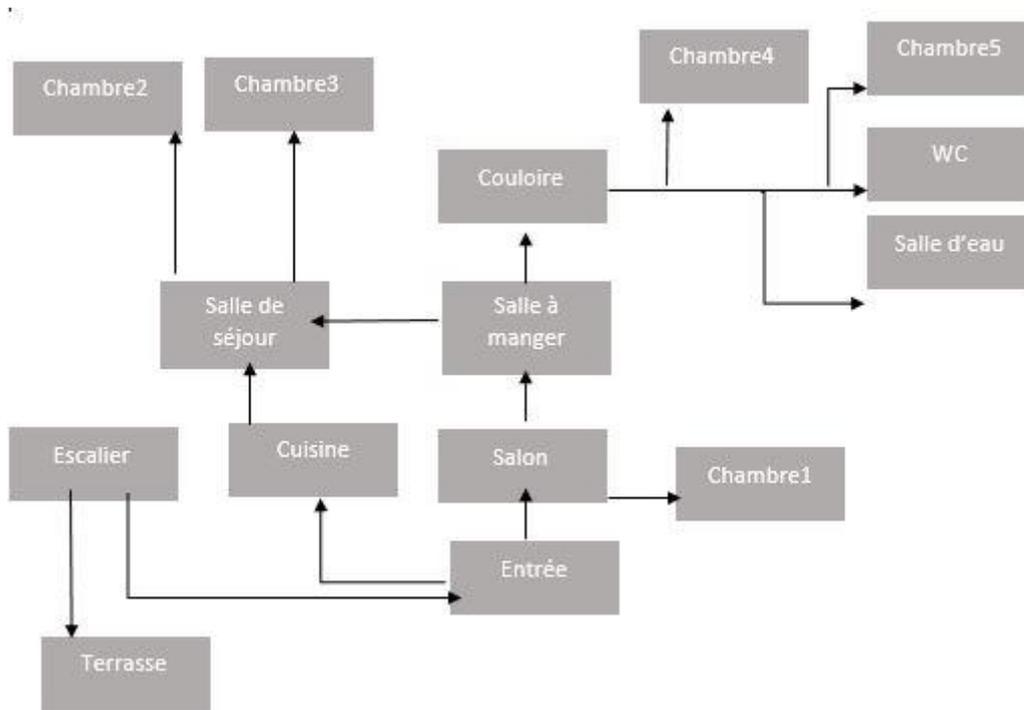


Figure 7: Esquisse de 3em étage

2. Les éléments structurels :

2.1 Toitures

Notre toiture est de type terrasse, conçue pour empêcher le passage de l'eau et du vent, et résister aux chocs et aux contraintes diverses. Elle est composée

- D'une anticyclonale de 50 cm de hauteur,
- D'une couverture en plusieurs couches d'étanchéité,
- D'une dalle en béton armé dosé à 350 kg/m³,
- D'un faux plafond d'épaisseur de 3 cm.

2.2 Ossatures

L'ossature du bâtiment est un élément essentiel pour sa stabilité, supportant les forces verticales, horizontales et vibratoires et assurant leur transmission aux fondations. Nous avons opté pour une structure en béton armé, matériau largement utilisé dans notre région pour sa résistance au feu et sa grande robustesse. Les éléments résistants de l'ossature sont les poutres et les poteaux, tous deux en béton armé, assurant la solidité de l'ensemble du bâtiment.

2.3 Murs et cloisons intérieurs

Tous les murs et cloisons remplissent un rôle de séparation et de compartimentation. Nous avons choisi la brique en terre cuite de 22 cm d'épaisseur finie comme matériau de remplissage des murs. Pour obtenir des surfaces planes, nous appliquerons des enduits de ciment de 1,5 cm d'épaisseur sur chaque face des murs et cloisons, les rendant étanches et résistants au feu pour assurer la sécurité du bâtiment.

2.4 Façades

Les murs de façades sont réalisés en brique cuite de type remplissage, utilisée pour les trumeaux, les allèges, les murs gouttereaux et les murs de coins. Ces murs de façades ont pour rôle de séparer l'intérieur du bâtiment du monde extérieur et de protéger l'intérieur contre les intempéries.

2.5 Les ouvertures

Les ouvertures permettent la circulation de la lumière, de l'air et de la vue à l'intérieur des pièces. Nous distinguons deux types d'ouvertures : les portes et les fenêtres.

2.5.1 Portes

Les portes sont des ouvertures pratiquées dans les murs pour permettre le franchissement d'une pièce à une autre. Nous utiliserons des portes en bois dont les dimensions varient en fonction de leur destination :

- Entrée principale et entrée auvent : portes en bois massif à deux vantaux ;
- Pièces de vie : portes en bois massif à un vantail ;
- Pièces secondaires : portes en bois massif à un vantail.

2.5.2 Fenêtres

Les fenêtres sont des ouvertures permettant d'apporter lumière, air et vue dans les pièces concernées.

2.5.3 Escalier

Les escaliers sont des structures qui permettent la circulation verticale dans l'immeuble. Notre bâtiment comporte quatre escaliers de dimensions identiques :

- Hauteur de marche : 18 cm
- Nombre de marches : 18
- Giron : 25 cm

Le premier escalier relie le rez-de-chaussée au premier étage, le deuxième escalier relie le premier étage au deuxième étage, le troisième escalier relie le deuxième étage au troisième étage et le quatrième escalier relie le troisième étage à la terrasse.

3. Aménagements intérieurs :

3.1 Exigence d'habitabilité

Pour un bâtiment à usage d'habitation, les dimensions minimales requises pour chaque pièce sont les suivantes :

- Chambres ; 9m² ;
- Séjours, salle à manger : 12m² ;
- Cuisine : 5m² ;
- WC : 1m².

3.2 Etage courant et Rez- de- chaussée

Le rez-de-chaussée et chaque étage comportent les mêmes caractéristiques :

Pour le RDC et chaque étage comporte :

Tableau 3: Surface de chaque pièce

Locaux	Surface (m ²)	Nombre	Surface total (m ²)
Chambre1	27	1	27
Chambre2	16	1	16
Chambre3	16	1	16
Chambre4	14,32	1	14,32
Chambre5	14,32	1	14,32
Salle à manger	18,17	1	18,17
Salon	25	1	25
Salle de séjour	30	1	30
Salle d'eau	16	1	16
WC1	1,8	1	1,8
WC2	1,8	1	1,8
Cuisine	12,25	1	12,5
Cage d'escalier	24,5	1	24,5
Couloire	26,4	1	26,4

Chapitre IV : Confort et sécurité du bâtiment

Le respect des règles de l'art et l'application des techniques actuelles garantissent un niveau de confort et de sécurité élevé pour la construction d'un bâtiment destiné à l'habitation.

1. Confort :

Le confort, à la fois à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment d'habitation, est un facteur essentiel pour attirer les locataires. Il assure le bien-être des occupants et leur permet de vivre dans des conditions optimales.

2. Aération :

Les ouvertures, notamment dans les chambres, ainsi que la surface et la hauteur sous plafond, favorisent une circulation d'air normale, répondant aux besoins en oxygène des habitants et facilitant la ventilation. Les volumes d'air dans les chambres sont suffisants pour assurer un taux de gaz carbonique réduit, garantissant une atmosphère saine.

3. Hygrométrie :

Pour un confort hygrométrique optimal, le taux d'humidité doit être maintenu entre 50 et 60%. Dans notre bâtiment, la production de vapeur d'eau due aux occupants est réduite grâce aux volumes spacieux des pièces et à la présence de fenêtres.

4. Acoustique :

Du haut vers le bas, le plancher hourdis et le plafond offrent une bonne isolation acoustique. De plus, étant située dans un endroit assez calme, la construction bénéficie d'une bonne isolation acoustique assurée par les murs de façade, limitant ainsi les nuisances sonores extérieures.

5. Vision:

L'emplacement des fenêtres, judicieusement positionnées dans les pièces et de taille suffisante, ainsi que l'intégration harmonieuse du bâtiment dans son environnement, créent

une ambiance agréable pour les occupants, favorisant le bien-être grâce à une pénétration adéquate de la lumière naturelle dans chaque pièce.

6. Sécurité:

La sécurité est une préoccupation majeure pour les personnes. Notre projet s'efforce donc d'assurer un niveau de sécurité optimal. Cela signifie mettre en place des mesures pour éliminer tout danger potentiel pour la santé, la valeur et les biens matériels.

7. Sécurité des éléments structurels:

La sécurité des éléments structurels concerne à la fois la structure elle-même et les personnes qui fréquentent le bâtiment. Tout dommage causé aux éléments structurels présente un risque de sécurité, car il peut entraîner l'effondrement du bâtiment et mettre en danger les occupants. Pour assurer la sécurité de la structure, des mesures préventives doivent être prises, notamment le choix judicieux des matériaux, une conception appropriée par des calculs précis, et une mise en œuvre de qualité avec des matériaux conformes aux règles de l'art.

Résumé :

Cette partie a présenté tout d'abord la ville d'Antsirabe, ses habitants, ses environnements naturels et les emplois dans la région. Ensuite, elle a mis en évidence l'augmentation du nombre de nouvelles constructions récentes et l'emplacement de notre projet de construction. Nous avons également exposé notre projet dans un contexte général, en listant les matériaux qui seront utilisés pour les éléments structurels avec leurs caractéristiques, et dimensionné toutes les pièces de la future maison. Enfin, nous avons évoqué les aménagements qui garantiront le confort et la sécurité des futurs occupants. Nous allons à présent passer à la prochaine partie, qui est l'étude technique.

DEUXIEME PARTIE : Études techniques

Chapitre V : Pré dimensionnement des éléments structuraux

1. Introduction :

Pour garantir la stabilité optimale de l'ouvrage, il est essentiel que tous les éléments de la structure (poteaux, poutres) soient pré-dimensionnés de manière à résister aux différentes sollicitations, telles que les charges permanentes, les surcharges verticales et les sollicitations horizontales dues aux séismes. Le pré-dimensionnement de la structure est réalisé en conformité avec les règles B.A.E.L 91 (Béton Armé aux États Limites) et RPA 99 version 2003 (Règlement Parallèle aux Actions).

2. Les poutres :

En général, les poutres sont des éléments horizontaux porteurs. On distingue deux types de poutres :

➤ Les poutres principales :

Elles reçoivent les charges transmises par les solives (poutrelles) et les redistribuent aux poteaux sur lesquelles elles reposent. Elles assurent également la liaison entre les poteaux et supportent la dalle du bâtiment.

➤ Les poutres secondaires (Chaînages) :

Elles assurent la liaison entre les différents portiques pour éviter le basculement de la structure.

2.1. Les poutres principales :

D'après les règles de B.A.E.L 91 on a :

$$L/18 \leq h \leq L/14 \quad \text{Pour une poutre continue}$$

$$L/15 \leq h \leq L/10 \quad \text{Pour une poutre isostatique}$$

Avec :

- L : distance entre les axes des poteaux et on choisit la plus grande portée.

- h : hauteur de la poutre.

$$L = 5m$$

On considère que dans notre cas toutes les poutres sont continuées.

Donc :

$$500cm/18 \leq h \leq 500cm/14$$

$$27,7cm \leq h \leq 36cm$$

On prend : h= 35 cm

On a aussi :

$$h/5 \leq b \leq h/2$$

Avec :

b : Base de la poutre

$$35/5 \leq b \leq 35/2$$

$$7cm \leq b \leq 17,5cm \quad \text{on prend le minimal de R.P.A : } b= 22 \text{ cm}$$

D'après le R.P.A 99 version 2003 :

$$b \geq 20cm \Rightarrow 22 \text{ cm} > 20 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$h \geq 30cm \Rightarrow 35cm > 30 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

$$\frac{h}{b} \leq 4 \Rightarrow 1,67 \leq 4 \dots\dots\dots \text{OK}$$

Prenons comme la dimension de la poutre $22 \times 35cm^2$ suivant le sens transversal et longitudinal

2.2. Les poutres secondaires :

Reliant les portiques entre eux pour ne pas basculer.

Mais dans notre projet il n'y a que de poutre principale alors on n'en a pas besoins

3. Les poteaux :

Les poteaux doivent remplir la condition de non flambement $\frac{l_f}{a} \leq 14,4$ pour une section rectangulaire,

Où l_f : est la longueur de flambement du poteau ;

Et $l_f = 0,7l_0$: le poteau est encastré à ses extrémités,

l_0 : La longueur libre du poteau

En fixant la valeur de a, la petite dimension du poteau égale à la largeur de la poutre, à l'étage,

$$a = 0,22m ; l_0 = 4,4m$$

Alors

$$l_f = 3,08m$$

$$\frac{l_f}{a} = 14 \leq 14,2$$

Pour le pré dimensionnement du poteau, on pose les hypothèses suivantes :

- les poteaux travaillent en compression centrée,
- les efforts verticaux sont équilibrés par la section réduite du béton,

La section du poteau sera alors déterminée par la relation

$$B \geq \frac{N}{\sigma_b}$$

Ou $B = a \times b$; section de poteau,

$$N = n \times q \times S$$

Avec :

- n : nombre de niveau assuré par le poteau,
- q : charge supportée par le plancher d'étage comprise entre 1 et 1,5 T/m²,
- S : l'aire de chargement du poteau étudié,
- σ_b : contrainte de compression du béton égale,

$$\overline{\sigma_b} \geq \frac{0,85}{\theta \times \gamma_b} f_{c28}$$

Avec f_{c28} : résistance à la compression du béton à 28 jours d'âge et $\theta = 1$

Comme le poteau est en béton dosé à 350 kg/m^3 et contrôle strict avec ciment CPA 45, alors

$f_{c28} : 25\text{Mpa}$

Et $\gamma_b=1,5$ autres cas que le cas accidentel

$\bar{\sigma}_b = 14,2\text{Mpa}$

Comme nous avons fixé la valeur de a, la formule précédant devient

$$b \geq \frac{N}{a \times \sigma_b}$$

Ici nous prendrons $q = 1,5\text{t/m}^2$,

Tableau 4: Valeur de section des poteaux intermédiaires

Type de poteau	Poteau	Surface (m ²)	a (cm)	b (cm)
Intérieur	D2	26	22	40

Alors pour les autres poteaux à l'intérieur, on prend la section de poteaux D2 comme une référence $22 \times 40 \text{ cm}^2$

Tableau 5: Valeur de section des poteaux de rive

Type de poteau	Poteau	Surface (m ²)	a (cm)	b (cm)
Rive	D1	12,5	22	22

Alors pour les autres poteaux de rive, on prend la section de poteaux D1 comme une référence $22 \times 22 \text{ cm}^2$

4. La dalle

Le plancher haut du rez-de-chaussée du bâtiment sera construit en béton armé dosé à 350kg de CPA /m³. Cette dalle de béton sera une dalle pleine continue. L'épaisseur du plancher sera déterminée par la convention :

$$h_0 \geq \frac{l_x}{25} \quad \text{Si } \alpha \leq 0,40$$

$$h_0 \geq \frac{l_x}{40} \quad \text{Si } \alpha \geq 0,40$$

Ou $\alpha = \frac{l_x}{l_y}$

La dalle à étudier sera le plancher de la chambre1. Cette chambre aura une forme rectangulaire de 5m de largeur l_x et 5,5m de longueur l_y

D'où $\alpha = \frac{5}{5,5} = 0,909$

$$\alpha = 0,909$$

Donc $\alpha \geq 0,40$

On pourra prendre la deuxième convention c'est-à-dire

$$h_0 \geq \frac{l_x}{40} = \frac{500}{40} = 12,5$$

Donc $h_0 \geq 12,5\text{cm}$

Alors ; prenons un plancher d'une hauteur totale de $h_0 = 20\text{cm}$ comportant :

- Une épaisseur de 5cm de revêtement et plafonnage
- Une dalle de compression de 15cm.

Résumé

Le pré-dimensionnement des éléments de la structure constitue la fondation de l'étude technique. Il permet de déterminer les dimensions des éléments clés du bâtiment, tels que les poteaux, les poutres et les planchers. Par la suite, l'étude se concentrera sur la détermination des charges qui agissent sur la structure, procédant ainsi à la "descente des charges".

Chapitre VI : Descente de charge

1. Généralités

1.1. But et Principe

La descente des charges consiste à évaluer les forces gravitationnelles permanentes et variables qui agissent sur le bâtiment et à cumuler ces charges du niveau supérieur au niveau inférieur jusqu'à la fondation. Le calcul englobe les charges verticales et horizontales, et les résultats servent à dimensionner les poteaux et leurs fondations.

1.2. Démarche de calcul

- Recenser les charges appliquées sur la superstructure ;
- Calculer les charges sur chaque surface soutenue par chaque poteau ;
- Évaluer et accumuler les charges pour chaque niveau ;
- Suivre les normes en vigueur pour le calcul des charges ;
- Connaître les poids volumiques, surfaciques et linéaires des matériaux ;
- Déterminer les surcharges d'exploitation de chaque local.

1.3. Hypothèses de calcul

Effectuer le calcul des charges permanentes peut être délicat en raison de la continuité de la structure. On peut prendre en compte les moments de continuité pour le calcul des poutres, mais cela rallonge les calculs. Une approche plus pratique et rapide consiste à utiliser une majoration forfaitaire en considérant les poteaux comme des appuis simples pour les poutres.

Le calcul pratique se fait en multipliant les valeurs obtenues par des coefficients liés à la disposition de chaque poteau et à la structure du bâtiment :

- Pour les poteaux centraux, on majore de 15% la réaction d'appui ;
- Pour les poteaux en bordure, la réaction d'appui est minorée de 10%.

Le calcul de la descente des charges sera effectué pour les poteaux de l'axe D, qui sont des poteaux courants et semblent être les plus chargés.

2. Descente des charges dues aux charges verticales

2.1. Charges permanentes

Elles résultent du poids volumique des matériaux mis en œuvre, du poids au m² et mètre linéaire des différents éléments. Ces sont des poteaux courants et semblent les plus chargés

Tableau 6: Valeur de la charge permanent vertical

Elément de la structure	Désignations	Charges	Unité
Toiture terrasse	Revêtement e = 3 cm	0,027	KN/m ²
	Etanchéité sur la toiture	0,3	KN/m ²
	Béton sous forme de pente	2,4	KN/m ²
	Dalle en BA e = 15cm	5	KN/m ²
	Plafond de plâtre e = 2cm	0,18	KN/m ²
	Total	7,907	KN/m ²
Chéneau	Chéneau en B.A.	8,75	KN/m ²
	Etanchéité	0,5	KN/m ²
	Total	9,25	KN/m ²
Poutre	Poutre 22*35	1,95ml	KN/ml
	Total	1,95	KN/ml
Poteaux	Poteaux 22*22	1,21	KN/ml
	Poteaux 22*40	2,2	KN/ml
Plancher	Dalle pleine en BA e = 15 cm	3,75	KN/m ²
	Revêtement e = 3cm	0,027	KN/m ²
	Plafond de plâtre e = 2cm	0,0018	KN/m ²
	Total	3,7788	KN/m ²
Mur de façade	Brique cuite de remplissage e = 22 cm	3,96	KN/m ²
	Enduit extérieur e = 1,5 cm	0,0033	KN/m ²
	Enduit intérieur e = 1,5 cm	0,0033	KN/m ²
	Total	3,9663	KN/m ²
Mur de cloison	Brique cuit remplissage e = 11 cm	1,98	KN/m ²
	Enduit extérieur e = 1,5 cm	0,027	KN/m ²
	Enduit intérieur e = 1,5 cm	0,027	KN/m ²
	Total	1,9854	KN/m ²
Escalier	Palier de repos e = 15cm	3,75	KN/m ²
	Revêtement e = 3cm	0,0027	KN/m ²
	Total	3,7527	KN/m ²
	Paillasse e = 20cm	5	KN/m ²
	Marche h = 18 cm	4,5	KN/m ²
	Revêtement e = 3cm	0,0027	KN/m ²
	Total	9,5027	KN/m ²

2.2.Surcharges d'exploitation

Elles résultent de l'exploitation envisagée par les maîtres d'ouvrage pour la construction considérée. Les charges d'exploitation correspondent aux charges qui résultent d'un usage normal du bâtiment.

Elles comprennent :

- Les surcharges statiques : le matériel, le mobilier, les équipements et machines fixes ;
- Les surcharges dynamiques : personnes, appareils mobiles, circulation ou le parcage des véhicules.

Tableau 7: Les valeurs de ces surcharges sont indiquées ci-après selon la norme NFP 06-001

Elément de la structure	Désignation	Charge	Unité
Bâtiment à usage d'habitation	Chambres	1,5	KN/m ²
	Cuisines	1,5	KN/m ²
	Sanitaire	1,5	KN/m ²
	Salle à manger	1,5	KN/m ²
	Séjour	1,5	KN/m ²
	Dégagement	1,5	KN/m ²
	Couloire	2,5	KN/m ²
Toiture	Entretien	1	KN/m ²
	Poussière	0,02	KN/m ²
	Climat	1	KN/m ²

3. Présentation de l'axe à étudier et démarche de calcul

Nous allons choisir pour notre étude l'axe D car elle est supposée être la plus chargée d'après les surfaces et les éléments tels que les poteaux.

- Faire l'inventaire des charges qui s'appliquent sur la superstructure ;
- Calculer la surface du plancher supporté par chaque poteau ;
- Evaluer les charges qui s'appliquent sur chaque surface et pour chaque niveau et les cumuler ;
- Se baser sur la norme en vigueur pour le calcul des charges.

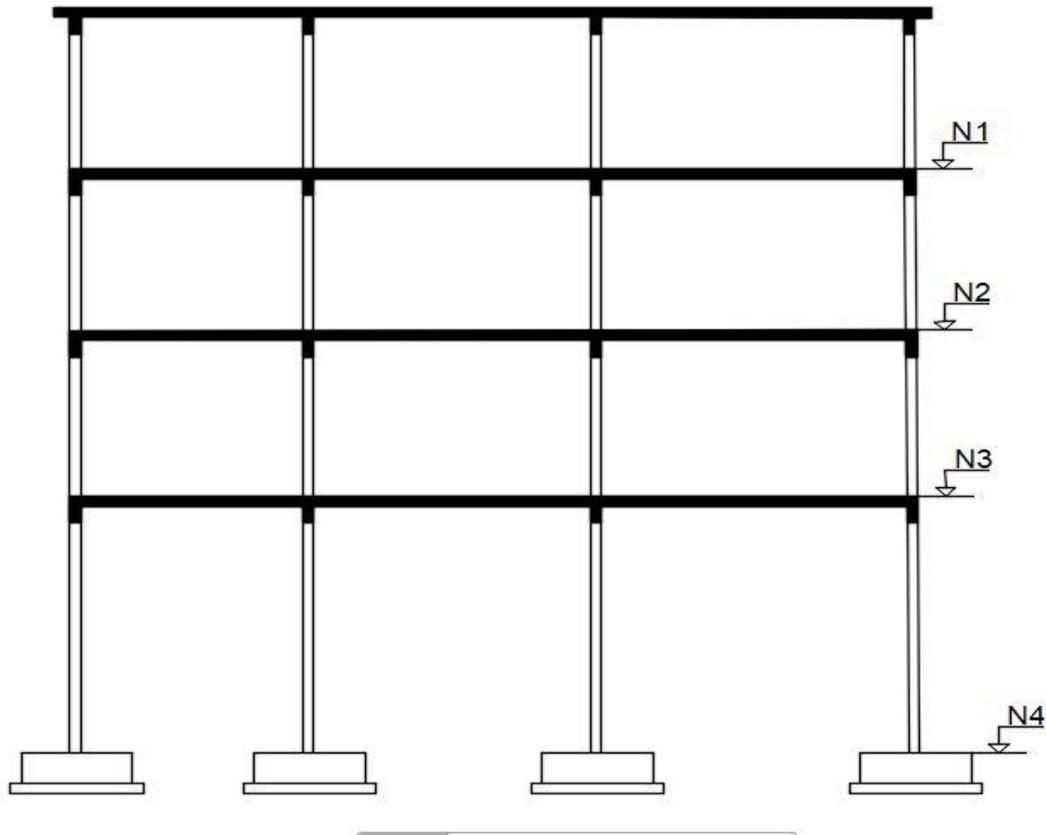


Figure 8: Modélisation de bâtiment

Tableau 8: Modèle de calcul de descente de charge P3

Niveau x	désignatio n	G						Q			
		L (m)	l (m)	H (m)	S ou V	P U (KN)	Total	L (m)	L (m)	PU (KN)	Total
N1	Chape	5,305	5,22	0,03	0,831	0,2	0,17				
	Toiture terrasse	5,305	5,22	0,15	4,154	25	103,8 5				
	Plafond de plâtre	5,305	4,78 4		25,38	0,09	2,29				
	Poutre	10,53	0,22	0,35	0,811	25	20,28				
	Poteaux	0,3	0,22	3,22	0,213	25	5,33				
	Linteaux	2,6	0,22	0,2	0,115	25	2,875				
	Mure	11,93	0,22	2,85	4,13	18	74,34				
	Enduit	11,93	3,2	0,03	1,146	22	25,21 2				
	Terrasse accessible							5,30 5	5,22	1,5	41,54
	Climat							5,30 5	5,22	1	27,69
	Entretien							5,30 5	5,22	1	27,69

	TOTAL						234,35				96,82
N2	Carreau +pose	5,305	4,784		25,38	0,9	22,9				
	Dalle	5,305	5,22	0,15	4,154	25	103,85				
	Plafond de plâtre	5,305	4,784		25,38	0,09	2,29				
	Poutre	10,53	0,22	0,35	0,811	25	20,28				
	Poteaux	0,3	0,22	3,22	0,213	25	5,33				
	Linteaux	2,6	0,22	0,2	0,115	25	2,875				
	Mure	11,93	0,22	2,85	4,13	18	74,34				
	Enduit	11,93	3,2	0,03	1,146	22	25,212				
	WC							2,5	2,5	2,5	15,6
	Chambre							2,5	2,5	1,5	9,38
	Salon							2,77	2,58	2,5	17,87
	Couloire							2,77	2,5	2,5	17,87
	TOTAL						257,08				60,72
N3	Carreau +pose	5,305	4,784		25,38	0,9	22,9				
	Dalle	5,305	5,22	0,15	4,154	25	103,85				
	Plafond de plâtre	5,305	4,784		25,38	0,09	2,29				
	Poutre	10,53	0,22	0,35	0,811	25	20,28				
	Poteaux	0,3	0,22	3,22	0,213	25	5,33				
	Linteaux	2,6	0,22	0,2	0,115	25	2,875				
	Mure	11,93	0,22	2,85	4,13	18	74,34				
	Enduit	11,93	3,2	0,03	1,146	22	25,212				
	WC							2,5	2,5	2,5	15,6
	Chambre							2,5	2,5	1,5	9,38
	Salon							2,77	2,58	2,5	17,87
	Couloire							2,77	2,5	2,5	17,87
	TOTAL						257,08				60,72
N4	Carreau +pose	5,305	4,784		25,38	0,9	22,9				
	Dalle	5,305	5,22	0,15	4,154	25	103,85				
	Plafond de plâtre	5,305	4,784		25,38	0,09	2,29				
	Poutre	10,53	0,22	0,35	0,811	25	20,28				
	Poteaux	0,3	0,22	4,4	0,29	25	7,25				
	TOTAL						156,57				

Tableau 9: Modèle de calcul de descente de charge P1

Niveaux	désignation	G						Q			
		L(m)	l(m)	h(m)	S ou V	P U (KN)	Total	L(m)	l(m)	PU (KN)	Total
N1	Chape	5,22	2,22	0,03	0,35	22	7,65				
	Dalle	5,22	2,62	0,15	2,1	25	52,5				
	Plafond de plâtre	5	2		10	0,09	0,9				
	Poutre	7	0,22	0,35	0,539	25	13,48				
	Poteaux	0,22	0,22	3,22	0,156	25	3,9				
	Linteaux	3,8	0,22	0,2	0,167	25	4,175				
	Mure	17,69	0,22	2,85	7,82	18	146,91				
	Enduit	17,69	3,2	0,03	1,2	22	28,82				
	Terrasse accessible							5,22	2,62	1,5	20,52
	Climat							5,22	2,62	1	13,68
	Entretien							5,22	2,62	1	13,52
	TOTAL						238				47,72
N2	Carreau +pose	5	2		10	0,9	9				
	Dalle	5,22	2,22	0,15	1,74	25	43,5				
	Plafond de plâtre	5	2		10	0,09	0,9				
	Poutre	7	0,22	0,35	0,539	25	13,48				
	Poteaux	0,22	0,22	3,22	0,156	25	3,9				
	Linteaux	3,8	0,22	0,2	0,167	25	4,175				
	Mure	12,47	0,22	2,85	7,82	18	136,57				
	Enduit	12,47	3,2	0,03	1,2	22	26,34				
	Chambre							5,22	2,22	1,5	17,38
	TOTAL						237,87				17,38
N3	Carreau +pose	5	2		10	0,9	9				
	Dalle	5,22	2,22	0,15	1,74	25	43,5				
	Plafond de plâtre	5	2		10	0,09	0,9				
	Poutre	7	0,22	0,35	0,539	25	13,48				
	Poteaux	0,22	0,22	3,22	0,156	25	3,9				
	Linteaux	3,8	0,22	0,2	0,167	25	4,175				
	Mure	12,47	0,22	2,85	7,82	18	136,57				
	Enduit	12,47	3,2	0,03	1,2	22	26,34				
	Chambre							5,22	2,22	1,5	17,38
	TOTAL						237,87				17,38

N4	Carreau +pose	5	2		10	0,9	9				
	Dalle	5,22	2,22	0,15	1,74	25	43,5				
	Plafond de plâtre	5	2		10	0,09	0,9				
	Poutre	7	0,22	0,35	0,539	25	13,48				
	Poteaux	0,22	0,22	4,4	0,213	25	5,33				
	TOTAL						72,21				

Tableau 10: Récapitulation de charge permanente

Niveau	P1(KN)	P2(KN)	P3(KN)	P4(KN)	$\sum P_i = G(KN)$	$H = G/100(KN)$
N1	238	226,1	234,35	178,5	876,95	8,77
N2	237,87	246,4	257,08	179,25	920,6	9,21
N3	237,87	246,4	257,08	179,25	920,6	9,21
N4	72,21	143,2	156,57	85,4	457,38	4,58

Tableau 11: Récapitulation de charge d'exploitation

Niveau	P1(KN)	P2(KN)	P3(KN)	P4(KN)
N1	47,72	86,8	96,82	49,93
N2	17,38	39,54	60,72	23,14
N3	17,38	39,54	60,72	23,14

4. Descente des charges dues aux charges horizontales

4.1. Les surcharges climatiques

Les charges dues au vent entraînent une surcharge sur les poteaux. En effet, ces forces sont transférées par l'ensemble des portiques pour être transmises jusqu'aux fondations. Il est donc nécessaire de calculer cette surcharge.

Pour le calcul des charges dues au vent sur la construction, les règles NV65 sont appliquées, supposant que la direction moyenne du vent est horizontale.

Les règles actuelles ont pour objectif de déterminer les valeurs des charges climatiques (neige et vent) et de fournir les méthodes pour évaluer les forces correspondantes sur l'ensemble d'une construction ou sur ses différentes parties. Ces surcharges climatiques englobent les effets de la neige, du vent et du séisme.

4.2.Effet du vent

L'action exercée par le vent sur la paroi d'un élément est considérée comme normale à cet élément, car c'est le cas le plus défavorable pour un bâtiment. Cette action varie en fonction des éléments suivants :

- La vitesse du vent ;
- La catégorie de la construction et ses proportions globales ;
- L'emplacement de l'élément considéré dans la construction et son orientation par rapport à la direction du vent ;
- Les dimensions de l'élément considéré ;
- La forme de la paroi à laquelle appartient l'élément considéré.

À Madagascar, l'action due à la neige n'est pas prise en compte, et on se limite à l'action du vent, dont l'effet est déterminé par la pression exercée sur les faces exposées au vent, affectée par des coefficients correspondant aux caractéristiques constructives. L'action élémentaire unitaire exercée par le vent est donnée par le produit "c.q".

Dont :

c: Coefficient de pression fonction des dispositions de la construction ;

q: Pression dynamique en fonction des dispositions de la construction.

4.3.Calcul de la pression dynamique de base :

La pression dynamique du vent est fonction de sa vitesse ; elle est également fonction du type de construction et est donnée par la formule :

$$q = \frac{v^2}{16,3}$$

v = vitesse de vent

q = La pression dynamique KN/m²

Selon les règles pour Constructions Paracycloniques, la pression dynamique à prendre en compte pour la région Vakinankaratra est :

Vent normal $q_{10} = 1,24 \text{ KN/m}^2$

Vent extrême $q_{10ex} = 2,17 \text{ KN/m}^2$

❖ Pression dynamique de base corrigée

Elle s'obtient par la relation :

$$q_d = q_{10} \times C_h \times C_s \times C_m \times \delta$$

C_h = Effet de hauteur

C_s = Effet de site

C_m = Effet de masque

δ = Effet de dimension

4.3.1. Effet de hauteur C_h

La vitesse du vent peut varier avec la hauteur H et il en est de même pour la pression dynamique de base. Pour tenir compte de l'effet de hauteur, on applique la relation de base pour une hauteur $\leq 500m$

Compte tenu de l'effet de hauteur, la modification de la pression dynamique de base (selon N.V. 65 RIII 1241) est associée au coefficient.

$$C_h = \frac{q_h}{q_{10}} = 2,5 \times \frac{H + 18}{H + 60}$$

q_h = Pression dynamique à la hauteur H

q_{10} = Pression dynamique à une hauteur de 10 m

H = Hauteur du bâtiment. Dans notre projet, $H = 14,61m$

Alors $C_h = 1,09$

4.3.2. Effet de site C_s

A l'intérieur d'une région à laquelle correspondent des valeurs déterminées par des pressions dynamiques de base, il convient de tenir compte de la nature du site d'implantation de la construction. Les valeurs des pressions dynamiques de base normale et extrême doivent être multipliées par un coefficient de site C_s

Cet effet du site est donné par le tableau suivant :

Tableau 12: Valeurs du coefficient relatif à l'effet du site

Nature	C_s	Exemple
Site protégé	0,8	Fond de cuvettes bordées de collines
Site normal	1	Plaine ou plateau étendu (pente < 10%)
Site exposé	1,2	Au voisinage de la mer

Comme notre projet se situe sur le haut-plateau, c'est-à-dire on a affaire à un site normal, donc $C_s = 1$

4.3.3. Effet de masque C_m

Il y a effet de masque lorsqu'une construction est masquée partiellement ou totalement par d'autres constructions ayant une grande probabilité de durée. Comme notre bâtiment est non masqué, nous allons prendre $C_m = 1$

4.3.4. Effet de dimension δ

Ce coefficient réduit les pressions dynamiques de base dépend de la hauteur et de la plus grande surface du bâtiment offerte au vent. Selon le diagramme N.V. 65 RIII 2, on peut prendre pour Antsirabe une valeur moyenne de $\delta = 0,71$

Après avoir déterminé $C_h; C_s; C_m$ et δ la valeur de la pression dynamique de base est donnée par le tableau suivant :

Tableau 13: Valeurs de la pression dynamique de base [KN/m²]

Pression dynamique de base	$q_{d.n}$	$q_{d.ex}$
Vent normal	0,9596	-
Vent extrême	-	1,6794

Pour le cas défavorable, nous allons prendre le cas de la pression dynamique de base pour le vent extrême, donc $q_d = 1,6794 \text{ KN/m}^2$

4.4.Descente des charges dues au vent

4.4.1. Principe général

Outre les moments de flexion et les efforts tranchants, le vent apporte dans le portique du bâtiment des efforts normaux. Nous considérons les poteaux comme étant une console encastree dans le sol au niveau de la fondation et soumise à ces charges horizontales. L'effort de compression sur le poteau i est donné par la relation suivante :

$$F_i = \frac{M}{I} d_i S_i$$

S_i : Section du poteau au niveau i ;

$\sum S_i d_i^2$: Moment d'inertie de S_i par rapport au centre de l'ensemble des poteaux ;

d_i : Distance de la section du poteau par rapport au centre de gravité de l'ensemble ;

M : Moment fléchissant à équilibrer dans le poteau dû au vent

4.4.2. Position du centre de gravité

Le calcul de la position du centre de gravité suit la règle du barycentre :

$$x_G = \frac{\sum(S_i \times x_i)}{\sum S_i}$$

x_i : L'abscisse de chaque poteau i (c'est-à-dire la distance de chaque poteau par rapport à un repère orthonormé placé arbitrairement) ;

S_i : La section de chaque poteau i ;

$S_t = \sum S_i$: La section totale

Tableau 14: Section des poteaux [cm²]

Poteaux	P1	P2	P3	P4
RDC, R+1, R+2 et R+3	484	880	880	484

Prenons comme origine du repère l'axe du poteau P1

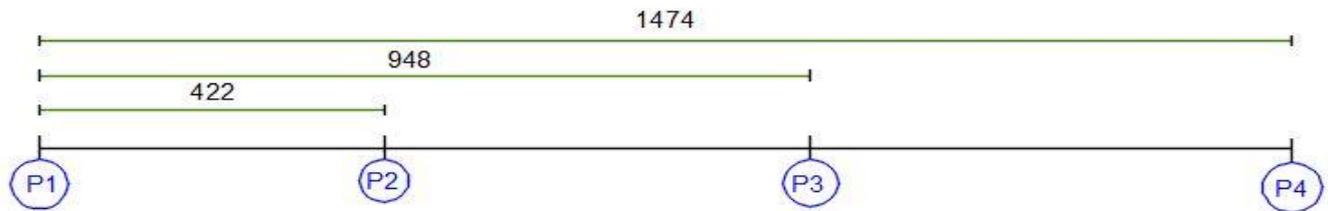


Figure 9: Distance entre les poteaux et l'origine

Donc on a :

$$X_1 = 0,00m$$

$$X_2 = 4,22m$$

$$X_3 = 9,48m$$

$$X_4 = 14,74m$$

Tableau 15: Position du centre de gravité G

	$\sum S_i$ [m ²]	$\sum(X_i \times S_i)$ [m ²]	X_G [m]
Axe	0,2288	1,618100	7,07

Soit d_i la distance de chaque poteau par rapport au centre de gravité de G.

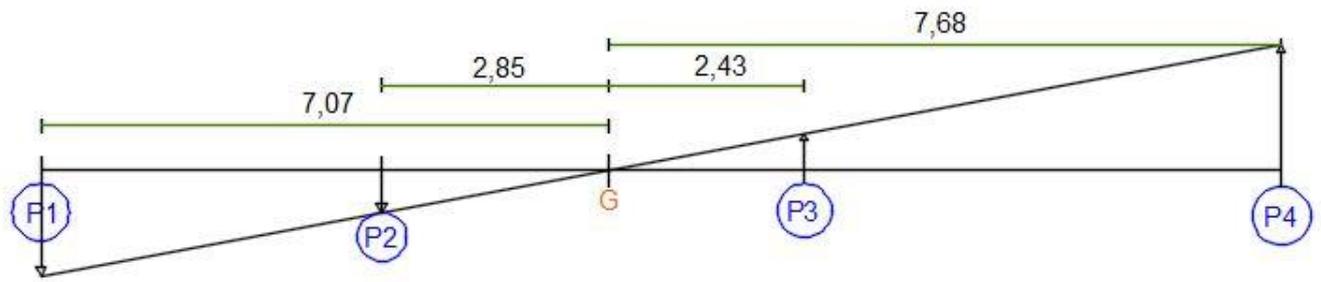


Figure 10: Distance entre le centre de gravité G et chaque poteau

Soit I_G le moment d'inertie des sections des poteaux par rapport au centre de gravité G :

$$I_G = \sum_{i=1}^n (I_{Gi} + d_i S_i^2)$$

Or $I_{Gi} \ll d_i S_i^2$ pour tout i, d'où on peut simplifier la relation par :

$$I_G = \sum_{i=1}^n (d_i S_i^2)$$

Tableau 16: Distance d_i des poteaux par rapport au centre de gravité et leur moment d'inertie

Poteaux	d_1 [m]	d_2 [m]	d_3 [m]	d_4 [m]	I_G [m ²]
Axe D	7,07	2,85	2,43	7,68	6,2

4.4.3. Calcul des efforts F_i dus au vent :

$$F_i = \frac{\mu}{I_G} d_i S_i$$

Avec :

$$\mu = F \times Z$$

$$F = L \times q_D \times H \quad (L = 5,22m)$$

$$Z = \frac{H}{2} \text{ Bras de levier}$$

Tableau 17: Valeur de u pour chaque niveau

Niveaux	H [m]	F [KN.m]	Z [m]	μ (KN.m)
N1	3,4	29,81	1,7	50,677
N2	6,8	59,612	3,4	202,681
N3	10,2	89,418	5,1	456,032
N4	14,82	129,92	7,41	962,71

Tableau 18: Valeur de F_i pour chaque niveau [KN]

Niveaux	F_1 (KN)	F_2 (KN)	F_3 (KN)	F_4 (KN)
N1	2,797	1,391	1,311	3,039
N2	11,186	5,567	5,243	12,152
N3	25,169	12,524	11,797	27,341
N4	53,134	26,44	24,903	57,718
TOTAL	92,286	45,922	20,844	100,25

4.4.4. Récapitulation de toutes les charges appliquées a chaque niveau

Le calcul de ces charges est essentiel pour le dimensionnement de certains éléments de la structure. Dans ce processus, on négligera les effets du séisme par rapport aux autres actions.

Les combinaisons d'actions prises en compte seront les suivantes :

- A l'ELU ou Etat Limite Ultime :

$$1.35G + 1,5Q + W$$

- A l'ELS ou Etat Limite de Service

$$G + Q + 0.77W$$

Avec :

G = Charge permanente (KN)

Q = Charge d'exploitation (KN)

W = Charge au vent (KN)

Tableau 19: Récapitulation des charges pour les poteaux [KN]

Poteaux	G (KN)	Q (KN)	W (KN)	TOTAL		TOTAL Majorée	
				ELU (KN)	ELS (KN)	ELU (KN)	ELS (KN)
P1	786,29	68,96	92,286	1099,96	926,31	989,96	833,68
P2	862,1	165,88	45,922	1458,58	1063,34	1677,37	1222,84
P3	902,08	218,26	20,844	1524,96	1136,39	1753,70	1306,84
P4	622,4	96,21	100,25	1084,81	795,81	976,33	716,23

Résumé

La descente de charges nous a permis d'évaluer les charges supportées par chaque niveau jusqu'à la fondation, et c'est à partir de ces résultats que nous pourrions dimensionner les différents éléments de la construction tels que les poutres, les poteaux, les dalles et les fondations. Dans le chapitre suivant, nous nous concentrerons sur le calcul de la structure, qui constituera l'objet principal de notre travail.

Chapitre VII : Etudes de structure

1. Définition et fonction:

La structure désigne l'ensemble du système porteur principal du bâtiment. Son rôle est d'assurer la résistance de l'ensemble en supportant les différentes forces exercées, telles que les moments fléchissant et les efforts tranchants. L'objectif de ce chapitre est de déterminer ces forces et la manière dont elles s'appliquent dans la construction. Ainsi, nous pourrions dimensionner les armatures de chaque élément de la structure du bâtiment en béton armé pour équilibrer son ossature.

2. Méthodes de calcul

Il existe plusieurs méthodes de calcul des portiques, allant des plus simples aux plus précises. Cependant, en général, plus elles sont simples, moins elles sont précises. Parmi ces méthodes, on peut citer :

- Méthodes rapides : elles consistent à traiter les éléments horizontaux (poutres) et les éléments verticaux (poteaux) de manière indépendante. Les poutres d'un même niveau peuvent être calculées comme des travées d'une poutre continue en négligeant la raideur des poteaux. On peut utiliser les méthodes de Caquot ou Forfaitaire pour cela.
- Méthode de Caquot et Forfaitaire : ces méthodes, initialement conçues pour les poutres continues, ont été étendues au calcul des portiques. Le principe reste le même.
- Méthodes de la "Résistance des Matériaux" : on peut évoquer :
 - La méthode des rotations, qui conduit à n équations à n inconnues (les rotations des nœuds) ;
 - La méthode de Hardy CROSS, qui utilise des approximations successives pour converger vers la valeur exacte.
 - Méthode des éléments finis.

3. Choix de la méthode

Compte tenu de la précision requise pour le calcul, la méthode de calcul choisie est la méthode Forfaitaire, car les poutres sont considérées comme continues. Cette méthode est adaptée aux structures que nous étudions et offre un équilibre entre simplicité et précision.

3.1.Principe de la méthode de Forfaitaire

Pour déterminer les moments sur appui et en travée, il est possible d'utiliser la méthode forfaitaire si les quatre conditions a, b, c et d sont vérifiées.

- a) la méthode s'applique aux constructions courantes, c'est-à-dire lorsque
$$Q \leq 2G \text{ ou } Q \leq 5KN/m^2$$
- b) les sections Transversales de toutes les travées ont la même inertie
- c) Le rapport des portées successives est compris entre $0.8 \leq \frac{L_{n+1}}{L_n} \leq 1.25$ et
$$0.8 \leq \frac{L_n}{L_{n+1}} \leq 1.25$$
- d) La fissuration ne compromet pas la tenue du B.A ni de ses revêtements =>fissuration peu préjudiciable.

3.1.1. Calcul de sollicitation

On exprime le moment maximum en travée et sur appuis en fonction de M_0

3.1.1.1.Règle de moment

Pour chaque travée, on pose :

$$\alpha = \frac{Q}{G+Q} ; k = \frac{1,35G+1,5Q}{G+Q}$$

M_0 : Moment fléchissant isostatique de la travée considère tel que $M_0 = \frac{Pl^2}{8}$

M_g et M_d : Valeur absolue des moments sur appuis de gauche et de droite de la travée considère

M_t : Moment maximale en travée en prenant compte la continuité

On doit avoir : $M_t + \frac{M_g + M_d}{2} \geq \max \begin{cases} (1 + 0,3\alpha)M_0 \\ 1,05M_0 \end{cases}$

3.1.1.2.Moment minimales du moment M_t, M_g, M_d

Pour un poutre à plusieurs travée

$$\text{Moment sur appuis } |M_a| \geq M_1 = \max \begin{cases} 0,5M_{01} \\ 0,5M_{02} \end{cases} \quad M_2 = \max \begin{cases} 0,5M_{02} \\ 0,5M_{03} \end{cases}$$

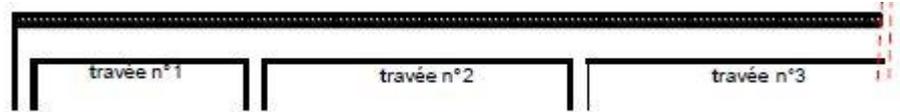


Figure 11: Poutre à plusieurs travées

$$\text{Moment sur travée } |M_t| \geq \frac{1,2+0,3\alpha}{2} M_{01} \quad ; \quad \frac{1+0,3\alpha}{2} M_{02} \quad ; \quad \frac{1+0,3\alpha}{2} M_{03}$$

Avec : Moment sur appuis de rive $M_{01} = 0$

3.1.1.3. Etape de calcul :

Première méthode : Moment minimal sur appuis

- Le calcul est généralement réalisé à l'ELU
- Calcul de α ; k ; M_{0U} pour toute la travée
- Fixer les moments sur appui aux valeurs minimales réglementaires
- Déterminer les moments en travée, en vérifiant la différente inégalité
- Calculer les valeurs du moment à ELS ou multipliant les valeurs ELU par $\frac{1}{k}$

Deuxième méthode : Moment minimale en travée

- Le calcul est généralement réalisé à l'ELU
- Calcul de α ; k ; M_{0U} pour toute la travée
- Fixer les moments en travée aux valeurs minimales réglementaires
- Déterminer les moments en travée, en vérifiant la différente inégalité
- Vérifier les conditions réglementaires sur appui

3.1.1.4. Effort tranchant

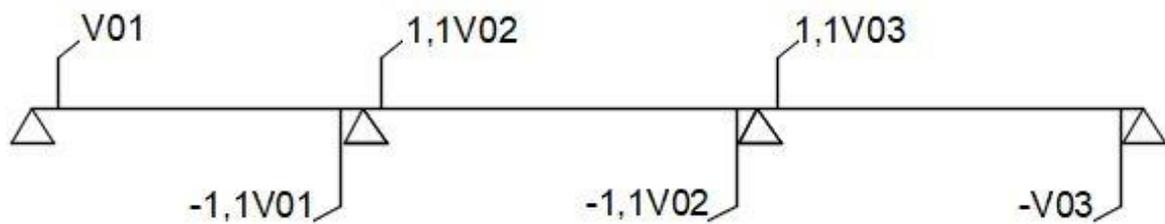


Figure 12: schéma de système de l'effort tranchant

Les valeurs de l'effort tranchant enveloppe peut être déterminées ou forfaitairement ou en tenant compte des moments de continuité avec : $V_0 = \frac{P_u L}{2}$ ou $V_0 = \frac{P_{ser} L}{2}$

4. Evaluation des charges:

4.1. Portique de calcul

Il est évident que les files qui supportent les charges importantes sont défavorables. De ce fait, nous allons alors étudier le portique de la file D

4.2. Combinaison des actions

Pour les combinaisons d'actions dans le bâtiment en phase d'exploitation, nous allons toujours considérer le cas défavorable. Ainsi, nous avons :

- A l'ELU :
 $1,35G + 1,5Q + W$
 $1,35G + 1,5Q$
- A l'ELS
 $G + Q + 0,77W$
 $G + Q$

Avec : G : Charge permanente

Q : Charge d'exploitation des bâtiments

W : Action du vent

4.3. Charges verticales sur la poutre

Dans le cas des poutres et des murs, la transmission des charges au niveau des poteaux peut être considérée comme uniforme. Cependant, le problème se présente au niveau des planchers.

La méthode utilisée pour la transmission des charges depuis les planchers est celle des lignes de rupture. Les lignes de rupture d'un panneau de dalle encastré sur son contour forment un angle de 45° avec les rives du panneau et sont parallèles à son grand côté.

En conséquence, les charges provenant des planchers sont de forme triangulaire et trapézoïdale, mais elles peuvent être transformées en charges uniformément réparties équivalentes sur les travées des poutres.

On note les éléments suivants :

- P : Charge au m^2 du plancher
- P_V : Charge uniforme produisant le même effort tranchant sur appuis de la poutre de référence que la charge apportée par la dalle.
- P_m : Charge uniforme produisant le même effort fléchissant à mi-travée de la poutre de référence que la charge apportée par la dalle.
- l_x : portée entre nu des appuis dans le sens du petit côté du panneau

Tableau 20: Répartition des charges

Charge	trapèze	triangle
P_V	$(1 - \frac{\alpha}{2}) \frac{pl_x}{2}$	$\frac{pl_x}{4}$
P_m	$(1 - \frac{\alpha^2}{2}) \frac{pl_x}{2}$	$\frac{pl_x}{3}$

$$\alpha = \frac{l_x}{l_y} \leq 1$$

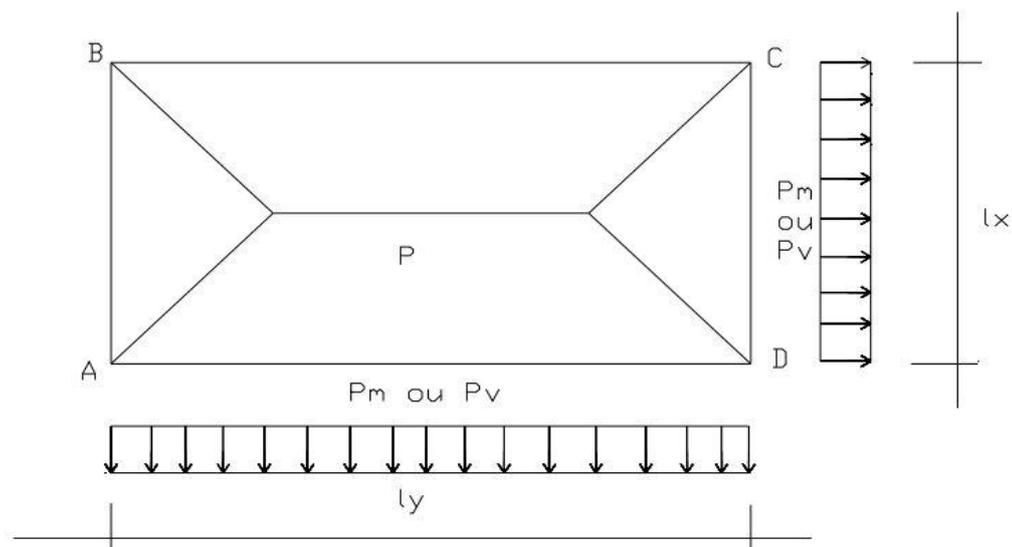


Figure 13: Répartition des charges apportées par la dalle

Tableau 21: Evaluation des charges de la toiture pour la file D. [KN/m]

Niveaux	Désignation	L (m)	l (m)	h/e (m)	PU (KN)	G (KN)	L (m)	l (m)	PU (KN)	Q (KN)
1_2	Chape	5	2,57	0,03	0,2	0,08				
	Dalle	5	2,57	0,17	25	55,68				
	Poutre	5	0,22	0,35	25	11,79				
	Plafond de plâtre	5	2,57		0,09	1,19				
	Terrasse accessible						5	2,57	1,5	19,3
	Climat						5	2,57	1	12,9
	Entretien						5	2,57	1	12,9
Total de porte		1_2				68,74				45,1
2_3	Chape	5	2,62	0,03	0,2	0,08				
	Dalle	5	2,62	0,17	25	54,62				
	Poutre	5	0,22		25	9,63				
	Plafond de plâtre	5	2,62	0,35	0,09	1,16				
	Terrasse accessible						5	2,62	1,5	19,7
	Climat						5	2,62	1	13,1
	Entretien						5	2,62	1	13,1
Total de porte		2_3				65,49				45,9
3_4	Chape	4	2,64	0,03	0,2	0,06				
	Dalle	4	2,64	0,17	25	44,88				
	Carreaux+pose	4	2,64		0,9	9,61				
	Poutre	4	0,25	0,35	25	7,97				
	Plafond de plâtre	4	2,64		0,09	0,95				

	Terrasse accessible						4	2,64	1,5	15,8
	Climat						4	2,64	1	10,6
	Entretien						4	2,64	1	10,6
	Total de porte	3_4				63,44				37

Tableau 22: Evaluation des charges des étages pour le fil D [KN/m]

Niveaux	Désignation	L (m)	l (m)	h/e (m)	PU (KN)	G (KN)	L (m)	l (m)	PU (KN)	Q (KN)
1_2	Mure	6,37	0,22	2,9	18	73,16				
	Enduit	6,37	0,04	3,2	22	17,83				
	Dalle	5	2,57	0,17	25	55,68				
	Carreaux+pose	5	2,57		0,9	9,63				
	Poutre	5	0,22	0,35	25	11,79				
	Plafond de plâtre	5	2,57		0,09	1,19				
	Chambre Couloire Salons						5	2,62	2	26,2
Total de porte		1_2				169,3				26,2
2_3	Mure	8,02	0,22	2,9	18	92,1				
	Enduit	8,02	3,2	0,04	22	22,59				
	Dalle	5	2,62	0,17	25	54,62				
	Carreaux+pose	5	2,62		0,9	11,57				
	Poutre	5	0,22	0,35	25	9,63				
	Plafond de plâtre	5	2,62		0,09	1,16				
	Salon Couloire						5	2,62	2,5	32,75
Total de porte		2_3				191,7				32,8
3_4	Mure	4	0,11	2,9	18	20,4				
	Enduit	4	0,04	3,2	22	11,97				
	Dalle	4	2,64	0,17	25	44,88				
	Carreaux+pose	4	2,64		0,9	9,61				
	Poutre	4	0,25	0,35	25	7,97				
	Plafond de plâtre	4	2,64		0,09	0,95				
	Chambre						4	2,64	1,5	15,8
Total de porte		3_4				95,78				15,8

4.4.Charges horizontales

Pour le calcul des charges horizontales sollicitant la superstructure, on se référencera à l'effet du vent extrême.

C'est une pression qui vaut : $W = q_D \times l_x$

q_D : La pression dynamique de base corrigée telle que $q_D = 1,6794\text{KN/m}$

l_x : La largeur d'impact du vent telle que $l_x = 5,22\text{m}$

D'où $W = 8,77\text{KN/m}$

- A l'ELU $W = 8,77\text{KN/m}$
- A l'ELS $W = 0,77 \times 8,77 = 6,75\text{kN/m}$

Tableau 23: Récapitulation des charges verticales et horizontales sur la file D [kN/m]

Etage	Travée	G (KN/ml)	Q (KN/ml)	P_U	P_{ser}	W	
						ELU	ELS
TOITURE	3_4	13,8	9,1	32,3	22,9	8,77	6,65
	2_3	13,1	9,2	31,5	22,3		
	1_2	15,9	9,3	35,5	25,2		
R+3, R+2, R+1	3_4	33,3	5,3	53,57	39,1		
	2_3	38,4	6,7	61,58	44,84		
Et RDC	1_2	24	4	38,27	27,91		

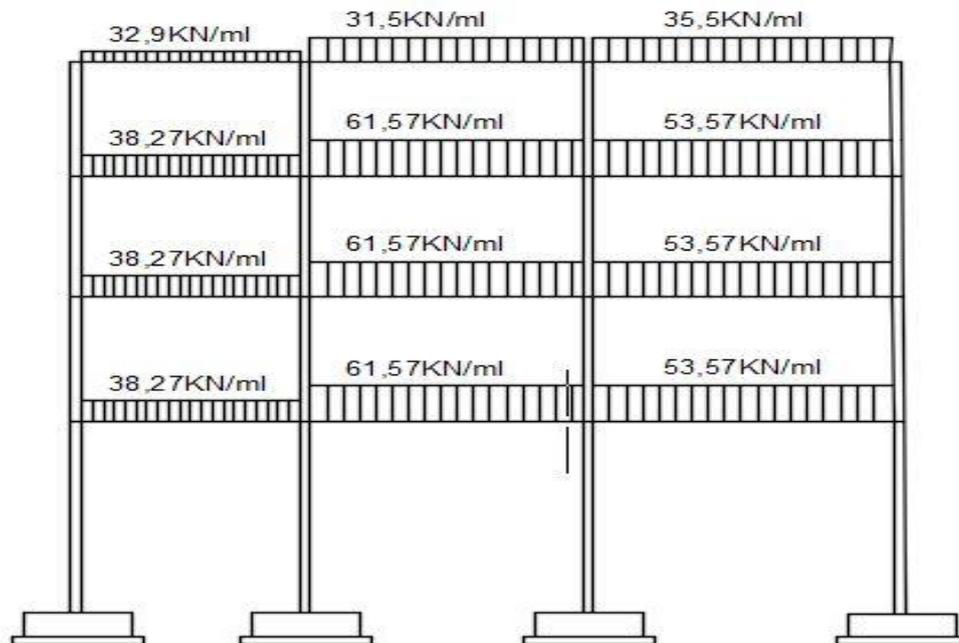


Figure 14: Charges appliquées à la structure à l'ELU pour la file D [KN/m]

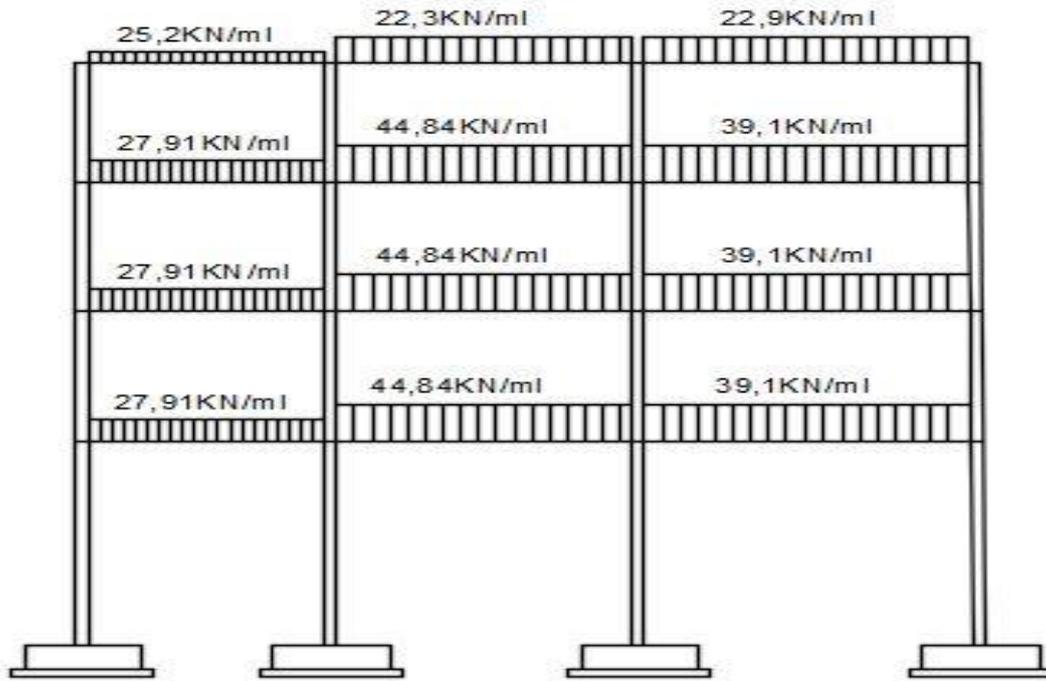


Figure 15: Charges appliquées à la structure à l'ELS pour la file D [kN/m]

5. Vérification de l'application pour la poutre continue :

5.1. Vérification des conditions pour chaque travée

- Charge ($Q \leq 2G$)
- Dimension => constante
- Portée $\left(0,8 \leq \frac{L_{n+1}}{L_n} \leq 1,25\right)$ et $\left(0,8 \leq \frac{L_n}{L_{n+1}} \leq 1,25\right)$
- Cas fissuration préjudiciable

Tableau 24: Vérification des conditions

	Charge ($Q \leq 2G$)	Portée $\left(0,8 \leq \frac{L_{n+1}}{L_n} \leq 1,25\right)$ $\left(0,8 \leq \frac{L_n}{L_{n+1}} \leq 1,25\right)$	Dimension poutre (m)	Fissuration	Observation
4_3	5,24 $\leq 67,32$	<ul style="list-style-type: none"> • $0,8 \leq 1 \leq 1,25$ • $0,8 \leq 1 \leq 1,25$ 	22 x 35	Peu préjudiciable	OK
3_2	5,24 $\leq 69,08$	<ul style="list-style-type: none"> • $0,8 \leq 1,25 \leq 1,25$ • $0,8 \leq 0,8 \leq 1,25$ 	22 x 35	Peu préjudiciable	OK
2_1	5,37 $\leq 40,26$	<ul style="list-style-type: none"> • $0,8 \leq 1,25 \leq 1,25$ • $0,8 \leq 0,8 \leq 1,25$ 	22 x 35	Peu préjudiciable	OK

D'après le tableau ci-dessus, toutes les conditions sont vérifiées, alors on peut utiliser la méthode de Forfaitaire

6. Courbes enveloppes

En utilisant la méthode de Forfaitaire, on a les courbes enveloppes des moments fléchissant et des efforts tranchants, des poutres à l'ELU et à l'ELS. Et on va présenter les courbes dans l'annexe

Compte tenu de ces courbes enveloppes, les poutres du RDC jusqu'au troisième étages

Résumé

L'objectif de cette partie est de déterminer les différentes sollicitations agissant sur les poutres en utilisant la méthode de Forfaitaire. Ces résultats sont essentiels pour le dimensionnement précis de l'ouvrage. Ainsi, le chapitre suivant sera consacré à ce dimensionnement, car il repose sur les données obtenues ici concernant les sollicitations sur les poutres. Ces informations permettront de concevoir une structure solide et fiable, en assurant que les éléments de la construction, tels que les poutres, seront en mesure de supporter les charges prévues sans défaillance.

Chapitre VIII : Etude de la superstructure

Dans ce chapitre, on va déterminer la quantité des armatures nécessaires pour chaque élément de la structure. De ce fait, le calcul de dimensionnement des ouvrages suivra les règles techniques de conception et la méthode des états limites BAEL91/99.

1. Hypothèses et données pour les calculs en béton arme

1.1. Notion des Etats Limites

Un état limite est une condition où les exigences essentielles sont satisfaites et resteront satisfaites en cas de modification défavorable des charges appliquées.

Dans le calcul d'une section en Béton Armé, on distingue deux états limites :

- L'État Limite Ultime (ELU) : qui étudie le comportement du béton, l'équilibre statique et la capacité portante maximale que l'ouvrage peut atteindre. On distingue :

L'état-limite ultime d'équilibre statique qui concerne la stabilité de l'ouvrage ;

L'état-limite de résistance qui concerne la non-rupture de l'ouvrage.

- L'État Limite de Service (ELS) : qui est lié aux conditions de déformation excessive, de fissuration excessive et de durabilité de l'ouvrage. Il prend également en compte les fissures et la compression du béton.

1.2. Etats d'exposition de la construction ou de l'élément étudié

En fonction des conditions environnementales de la construction, la fissuration peut être classée comme suit :

- Peu préjudiciable (FPP) : les éléments concernés sont situés dans des locaux couverts et clos, non soumis (sauf exceptionnellement et pour de courtes durées) à des condensations.

- Préjudiciable (FP) : les éléments concernés sont exposés aux intempéries ou à des condensations, ou peuvent être alternativement émergés ou noyés en eau douce (condition acceptée en accord avec le Maître de l'Ouvrage).

- Très préjudiciable (FTP) : les éléments concernés sont exposés à un milieu agressif ou doivent assurer une étanchéité.

1.3. Caractéristiques du béton :

1.3.1. Résistance caractéristique à la compression :

Le béton est dosé à 350 Kg/m³ en utilisant un liant hydraulique (CEM I 42.5) mis en œuvre sur chantier dans des conditions de fabrication courantes. Ces conditions nous ont permis de choisir comme résistance caractéristique à la compression du béton à 28 jours de :

$$f_{c28} = 25MPa$$

f_{c28} : Résistance caractéristique à la compression du béton à 28 jours.

1.3.2. Résistance caractéristique à la traction :

La résistance caractéristique à la traction du béton à 28 jours d'âge est conventionnellement donnée par la formule qui suit :

$$f_{t28} = 0,6 + 0,6f_{c28}$$

f_{t28} : Résistance caractéristique à la traction du béton à 28 jours.

Dans ce cas, nous avons $f_{t28} = 2,1MPa$

1.3.3. Contrainte admissible de compression :

La contrainte de compression du béton en service est limitée à une contrainte admissible $\overline{\sigma}_{bc}$ telle que $\overline{\sigma}_{bc} = 0,6 \times f_{c28}$

D'où $\overline{\sigma}_{bc} = 15MPa$

1.3.4. Résistance de calcul en compression à l'ELU

Elle est exprimée par la relation :

$$f_{bu} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_b}$$

Avec :

f_{bu} : Résistance de calcul en compression à l'ELU

θ : Coefficient de température

$$\theta = 1 \text{ Pour } t > 24 \text{ h}$$

$$\theta = 0,9 \text{ Pour } 1\text{h} > t > 24\text{h}$$

$$\theta = 0,85 \text{ Pour } t < 1\text{h}$$

t : Durée d'application des charges

Dans notre cas, on a $\theta = 1$

γ_b : Coefficient de sécurité partiel du béton

$\gamma_b = 1,5$ Pour la combinaison fondamentale

$\gamma_b = 1,15$ Pour la combinaison accidentelle

Ici, nous prendrons comme valeur de γ_b celle de la combinaison fondamentale, c'est-à-dire $\gamma_b = 1,5$

Alors nous avons $f_{bu} = 14,17\text{MPa} \cong 14,2\text{MPa}$

1.4. Caractéristiques des aciers

1.4.1. Limite d'élasticité

La valeur de « f_e » varie en fonction du type d'acier.

Afin d'assurer une meilleure adhérence avec le béton, on choisit des armatures à hautes adhérences (HA), avec une nuance de Fe E 400, donc $f_e = 400\text{MPa}$

1.4.2. Module d'élasticité

Quel que soit le type d'acier, $E_s = 200000\text{MPa}$

1.4.3. Contrainte de l'acier en service

$$\sigma_s = f_{ed} = \frac{f_e}{\gamma_s}$$

$\gamma_s = 1,15$: Coefficient partiel de sécurité (combinaison fondamentale).

D'où $f_{ed} = 347,8\text{MPa}$

On considère une fissuration peu préjudiciable avec un enrobage de 3cm. Dans ce cas, la contrainte de l'acier en service n'est pas limitée

2. Calcul de poutre continue

Nous allons étudier la poutre longitudinale de la file D du premier étage. La poutre sera assimilée à une poutre continue s'appuyant sur les poteaux. Lors du pré dimensionnement, les poutres longitudinales ont une section rectangulaire constante de dimension $22 \times 35 \text{ cm}^2$.

2.1. Calcul de ferrailage d'une poutre

2.1.1. Sur appui intermédiaire (aux points 2 ou 3)

On a : $b = 0,22 \text{ m}$; $h = 0,35 \text{ m}$; $M_u = 0,09622 \text{ MN}$; $M_{ser} = 0,07007 \text{ MN}$; $d = 0,9h = 0,315 \text{ m}$; $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$; $f_{t28} = 2,1 \text{ MPa}$; $c = 0,03 \text{ m}$; $d' = 0,1h = 0,035 \text{ m}$ Cas de fissuration peu préjudiciable

a. Caractéristique de matériaux

-Béton : $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$

$$f_{t28} = 0,6 + 0,006f_{c28} = 2,1 \text{ MPa}$$

$$\gamma_b = 1,5$$

-Acier : $f_e = 400 \text{ MPa}$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{bu} = \frac{0,85f_{c28}}{\gamma_s \theta} = 14,2 \text{ MPa}$$

b. Calcul de coefficient γ

$$\gamma = \frac{M_u}{M_{ser}} = 1,37$$

c. Moment ultime réduite

$$\mu_{bu} = \frac{M_u}{bd^2 f_{bu}}$$

$$\mu_{bu} = 0,3104$$

$\mu_{bu} > 0,186$; On a un type de pivot B

D'après le tableau de moment critique réduit

Pour $\gamma = 1,40 \Rightarrow \mu_c = 0,29$

$\mu_{bu} > \mu_c$;

➤ Alors on a besoin d'armature comprimée A_{sc}

$$\varepsilon_L = \frac{f_e \times \gamma_s}{E}$$

Avec $E = 2.10^5 MPa$

$$\Rightarrow \varepsilon_L = 2,3.10^{-3}$$

$$\varepsilon_{sc} = (3,5.10^{-3} + \varepsilon_L) \left[\frac{d - d'}{d} \right] - \varepsilon_L$$

$$\Rightarrow \varepsilon_{sc} = 2,92.10^{-3}$$

Alors $\varepsilon_L > \varepsilon_{sc}$ donc $\sigma_{sc} = f_e$

Et $M_r = \mu_c b d^2 f_{bu}$

$$\Rightarrow M_r = 0,08989 MN$$

Alors

$$A_{sc} = \frac{M_u - M_r}{(d - d') \sigma_x}$$

$A_{sc} = 2,52 \text{ cm}^2$; On prend **3HA12** totalisant de $2,57 \text{ cm}^2$

➤ Armature tendu

$$\alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_{bu}})$$

$$\alpha = 0,4802$$

$$Z = d(1 - 0,4\alpha)$$

$$Z = 0,255$$

$$A_{st} = \left[\frac{M_r}{Z} + \frac{M_u - M_r}{(d - d')} \right] \frac{\gamma_s}{f_e}$$

$A_{st} = 10,79 \text{ cm}^2$; On prend **3HA16 + 3HA12 + 3HA12** totalisant $12,81 \text{ cm}^2$

2.1.2. Sur la travée AB

Section rectangulaire : $b = 0,22m$; $h = 0,35m$

$M_u = 0,1277MN$; $M_{ser} = 0,09327MN$; $V_u = 147,32KN$; $d = 0,9h = 0,315m$; $f_{c28} = 25MPa$

$f_{t28} = 2,1MPa$; $c = 0,03m$; $d' = 0,1h = 0,035m$

Cas de fissuration peu préjudiciable

Portée de la poutre : $L = 5m$

a. Caractéristique de matériaux

-Béton : $f_{c28} = 25MPa$

$$f_{t28} = 0,6 + 0,006f_{c28} = 2,1MPa$$

$$\gamma_b = 1,5$$

-Acier : $f_e = 400MPa$

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{bu} = \frac{0,85f_{c28}}{\gamma_s \theta} = 14,2MPa$$

b. Calcul de coefficient γ

$$\gamma = \frac{M_u}{M_{ser}} = 1,37$$

c. Moment ultime réduite

$$\mu_{bu} = \frac{M_u}{bd^2 f_{bu}}$$

$$\mu_{bu} = 0,412$$

$\mu_{bu} > 0,186$; On a un type de pivot B

D'après le tableau de moment critique réduit

Pour $\gamma = 1,37 \Rightarrow \mu_c = 0,29$

$\mu_{bu} > \mu_c$;

➤ Alors on a besoin d'armature comprimée A_{sc}

$$\varepsilon_L = \frac{f_e \times \gamma_s}{E}$$

Avec $E = 2.10^5 MPa$

$$\Rightarrow \varepsilon_L = 2,3.10^{-3}$$

$$\varepsilon_{sc} = (3,5.10^{-3} + \varepsilon_L) \left[\frac{d - d'}{d} \right] - \varepsilon_L$$

$$\Rightarrow \varepsilon_{sc} = 2,92.10^{-3}$$

Alors $\varepsilon_L > \varepsilon_{sc}$ donc $\sigma_{sc} = f_e$

Et $M_r = \mu_c b d^2 f_{bu}$

$$\Rightarrow M_r = 0,08989 MN$$

Alors

$$A_{sc} = \frac{M_u - M_r}{(d - d') \sigma_x}$$

$A_{sc} = 3,38 \text{ cm}^2$; On prend **3HA14** totalisant de $4,62 \text{ cm}^2$

➤ Armature tendu

$$\alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_{bu}})$$

$$\alpha = 0,726$$

$$Z = d(1 - 0,4\alpha)$$

$$Z = 0,224$$

$$A_{st} = \left[\frac{M_r}{Z} + \frac{M_u - M_r}{(d - d')} \right] \frac{\gamma_s}{f_e}$$

$A_{st} = 15,19 \text{ cm}^2$; On prend **3HA20 + 3HA12 + 3HA12** totalisant $16,2 \text{ cm}^2$

2.2. Contrôle de pourcentage des aciers

$$0,2 \frac{bh}{100} \leq A_{appui} + A_{trave} \leq 5 \frac{bh}{100}$$

$$1,54 \text{ cm}^2 \leq 30,37 \text{ cm}^2 \leq 38,5 \text{ cm}^2$$

2.3. Calcul de l'encrage filant

2.3.1. Valeur limite ultime de la contrainte d'adhérence

L'efficacité d'une barre du point de vue de l'adhérence est caractérisée par son coefficient de scellement Ψ_s ($\Psi_s = 1$ pour les rondes lisses et $\Psi_s = 1,6$ pour les aciers HA)

Et la formule est donnée par la relation suivante

$$\tau_{su} = 0,6\Psi_s^2 f_{tj}$$

$$\Rightarrow \tau_{su} = 2,835\text{MPa}$$

2.3.2. Encrage rectiligne

Pour la barre isolée tendue

$$l_s = \frac{\phi f_e}{4\tau_{su}}$$

$$\Rightarrow l_s = 57\text{cm}$$

Mais d'après les valeurs forfaitaires de la longueur de segment droit

$$l_s = 40\phi \text{ Pour le } f_e = 400 \Rightarrow l_s = 64\text{cm}$$

D'où $l_s = 57\text{cm}$ donc $l_s \geq l_1$ où l_1 est la longueur des appuis, plus précisément

$l_1 = 22\text{cm}$. Il faudra adopter un ancrage courbe (crochet à 45°) ; c'est-à-dire $\theta = 135^\circ$

2.3.3. Ancrage par courbure des barres tendues

a. Rayon de courbure minimale

D'après le façonnage des crochets $r \geq 5,5\phi$

$$\Rightarrow r = 8,8\text{cm}$$

b. Longueur nécessaire l_1 et l_2

Pour un crochet d'angle 135°

$$l_s = 2,57l_1 + l_2 + 3,92r$$

$$\text{Avec } l_2 = C - (c + \frac{\phi}{2} + r)$$

$$\Rightarrow l_2 = 9,2\text{cm}$$

$$\text{Alors } l_1 = \frac{l_s - (l_2 + 3,92r)}{2,57}$$

$$\Rightarrow l_1 = 5,2cm$$

2.4.Calcul de cadre ; étriers

2.4.1. Justification et disposition constructive

a. Vérification de cisaillement

$$\tau_u \leq \bar{\tau}_u$$

Avec :

- Contrainte tangente conventionnelle

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_0 d} \quad \text{Or } V_u = V_{0u} - \frac{5P_u h}{6}$$

$$V_u = 131,7 \quad \text{Alors } \Rightarrow \tau_u = 1,9MPa$$

- Contrainte tangente limite ultime

Notre armature est transversal droite ($\alpha = \frac{\pi}{2}$) et de fissuration peu préjudiciable

$$\text{Alors } \bar{\tau}_u = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,2f_{cj}}{\gamma_b} \\ 5MPa \end{array} \right. \quad \text{donc } \bar{\tau}_u = \min \left\{ \begin{array}{l} 3,33MPa \\ 5MPa \end{array} \right.$$

$$\bar{\tau}_u = 3,33MPa$$

Donc $\tau_u \leq \bar{\tau}_u$ condition vérifiée

2.4.2. Armature d'âme

a. Vérification de cisaillement

$$\tau_u \leq \bar{\tau}_u$$

$$\text{Avec } \tau_u = \frac{V_u}{bd}$$

$$\tau_u = 2,17MPa$$

$$\bar{\tau}_u = \min \left(\frac{0,20f_{cj}}{\gamma_b}; 5MPa \right) = \min(3,33MPa; 5MPa)$$

$$\bar{\tau}_u = 3,33MPa$$

Donc $\tau_u \leq \bar{\tau}_u$ conditio vérifie

b. Diamètre d'armature

$$\phi_t = \frac{\phi_{Lmax}}{3}$$

$\phi_t = 6,6m$; On prend $\phi_t = \mathbf{8mm}$

Or $\phi_t = 8mm \leq \min\left(\frac{h}{35}; \frac{b}{10}; \phi_L\right) = 10mm$ ok

c. Espacement théorique

$$\frac{A_t}{bS_t} \geq \frac{\gamma_s(\tau_u - 0,3f_{tj}k)}{0,9f_e(\cos \alpha + \sin \alpha)}$$

Avec : $\alpha = 90^\circ$

$$\cos \alpha + \sin \alpha = 1$$

$k = 1$ Pour une flexion simple, sans reprise de bétonnage

$$A_t = 3brin\phi_t \Rightarrow A_t = 1,51cm^2$$

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

$S_t \leq 16,9cm$ On prend $S_t = 16cm$

d. Position du premier cours

$S_{t0} = \frac{S_t}{2} \Rightarrow S_{t0} = 8cm$ Le premier cours se place à 8cm du nu de l'appui

e. Espacement maximal

$$S_{tMax} \leq \min \begin{cases} 0,9d \\ 40cm \end{cases}$$

$$\Rightarrow S_{tMax} \leq \min \begin{cases} 28,35cm \\ 40cm \end{cases}$$

Alors on prend $S_{tMax} = 25cm$

Avec $A_t = 3brin\phi_t \Rightarrow A_t = 1,51cm^2$

$S_t \leq 13,95cm$ Alors on prend $S_t = 13cm$

- **Espacement Max sur l'appui**

$$S_{t0} \leq \frac{A_t f_e}{0,4b_0}$$

Alors $S_{t0} \leq 52cm$ condition vérifiée

- **Nombre des répartitions :**

Pour déterminer le nombre des répartitions, on utilise la méthode de CAQUOT (7, 8, 9, 10, 11, 13, 16, 20, 25,...).

2.5. Justification aux appuis

2.5.1. Profondeur utile de l'appui

$$\partial = C_{pot} - c - 2cm$$

$$\partial = 17cm$$

2.5.2. Profondeur minimal

$$\partial \geq \frac{3,75V_u}{b_0 f_{c28}}$$

$$\partial \geq 8,9cm \quad \text{Condition vérifiée}$$

2.5.3. Section minimale des aciers inferieur prolonges sur l'appui

$$A_t \geq \frac{1,15V_u}{f_e}$$

$$A_t = 14,04cm^2 \geq 3,8cm^2 \quad \text{Condition vérifiée}$$

2.6. Calcul de l'encrage filant cadrée

2.6.1. Valeur limite ultime de la contrainte d'adhérence

L'efficacité d'une barre du point de vue de l'adhérence est caractérisée par son coefficient de scellement Ψ_s ($\Psi_s = 1$ pour les rondes lisses et $\Psi_s = 1,6$ pour les aciers HA)

Et la formule est donnée par la relation suivant

$$\tau_{su} = 0,6\Psi_s^2 f_{tj}$$

$$\Rightarrow \tau_{su} = 2,835MPa$$

2.6.2. Encrage rectiligne

Pour la barre isolée tendu

$$l_s = \frac{\phi f_e}{4\tau_{su}}$$

$$\Rightarrow l_s = 28,5cm$$

Mais d'après les valeurs forfaitaires de la longueur de segment droit

$$l_s = 40\phi \text{ Pour le } f_e = 400 \Rightarrow l_s = 32cm$$

D'où $l_s = 28,5cm$ donc $l_s \geq l_1$ où l_1 est la longueur des appuis, plus précisément

$l_1 = 22cm$. Il faudra adopter un ancrage courbe (crochet à 45°) ; c'est-à-dire $\theta = 135^\circ$

2.6.3. Ancrage par courbure des barres tendues

a. Rayon de courbure minimale

D'après le façonnage des crochets $r \geq 5,5\phi$

$$\Rightarrow r = 4,4cm$$

b. Longueur nécessaire

$$l_2 = C - \left(c + \frac{\phi}{2} + r\right)$$

$$l_2 = 13,8cm$$

$$l_1 = 10\phi = 8cm$$

Voire dans l'annexe le dessin de ferrailage

3. POTEAU

3.1.Définition

Un poteau est un élément structurel d'un ouvrage qui supporte de manière ponctuelle les charges provenant de la superstructure et qui répartit ces charges vers les fondations de l'ouvrage. D'un point de vue mécanique, les poteaux sont des éléments verticaux principalement soumis à la compression.

3.2.Rôles

Le poteau a plusieurs rôles importants :

- Supporter les charges verticales de la structure ;
- Contribuer à la stabilité transversale en formant un système poteau-poutre ;
- Transmettre les charges vers les fondations.

Les armatures longitudinales dans le poteau permettent de :

- Participer à l'absorption de l'effort de compression du béton ;
- Rigidifier le poteau dans le sens vertical pour résister à la flexion latérale ;
- Assurer les liaisons en pied et en tête du poteau ;
- Permettre la continuité dans le cas de poteaux superposés.

Les armatures transversales ont pour rôles de :

- Maintenir les armatures longitudinales en place et prévenir le flambage du poteau ;
- Éviter les poussées des vides dans le béton.

3.3.Choix du poteau à étudier

Pour la suite de l'étude, le poteau de la file la plus défavorable sera étudié, en l'occurrence la file D, qui comprend les poteaux de rive D1, D4, ainsi que les poteaux intermédiaires D2 et D3. Parmi ces poteaux, le poteau D3 a été choisi, car il est le plus chargé et la fissuration est classée comme peu préjudiciable selon les conditions d'exposition.

3.4. Caractéristiques du poteau à étudier

Pour le poteau D3,

$$a = 22\text{cm}$$

$$b = 40\text{cm}$$

$$\text{Longueur } l_0 = 4,4\text{m}$$

$$B = a \times b = 0,088\text{m}^2 \text{ Soit } 880\text{cm}^2$$

3.5. Evaluation des charges

Charge permanente $G = 902,08\text{KN}$

Surcharge d'exploitation $Q = 218,26\text{KN}$

Surcharge due à l'effet du vent $W = 20,84\text{KN}$

Alors, nous pouvons en déduire :

$$- N_u = 1,35G + 1,5Q + W = 1524,96\text{KN}$$

$$- N_{ser} = G + Q = 1136,39\text{KN}$$

Comme il s'agit d'un poteau intérieur, Alors $N_{U\text{majoré}} = 1,15N_u = 1753,7\text{KN} = 1,7537\text{MN}$

3.6. Calcul de l'armature longitudinale

3.6.1. Section de poteau

D'après le pré dimensionnement les poteaux d'intermédiaire ont une section rectangulaire $22 \times 40\text{cm}^2$

3.6.2. Vérification de la condition du non flambement

On a : Hauteur de plancher à plancher ; l_0

$$\text{Longueur de flambement ; } l_f = 0,7 l_0 = 0,7 \times 440\text{cm} = 308\text{cm}$$

Moment quadratique ; I_{min}

Section de béton ; B

$$\text{Rayon d'agitation ; } i = \sqrt{\frac{I_{min}}{B}}$$

$$\text{Elancement ; } \lambda = \frac{l_f}{i} \leq 70$$

Tableau 25: calcul de l'élancement

Type de section	B	I_{min}	i	λ
Rectangulaire	$a \times b$	$\frac{ba^3}{12}$	$\frac{a}{2\sqrt{3}}$	$2\sqrt{3} \frac{l_f}{a}$
	880cm ²	35493,3cm ⁴	6,351cm	48,5

On a :

$\lambda = 48,5 \leq 70$ et $\lambda < 50$ aussi ; la condition est vérifiée

3.6.3. Détermination de coefficient α

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

$$\Rightarrow \alpha = \frac{0,85}{1 + 0,2 \left[\frac{48,5}{35} \right]^2} = 0,614$$

On suppose que la majorité des charges est appliquée après 90 jours, alors on doit être divisé par 1,1

$$\alpha = \frac{0,614}{1,1} = 0,558$$

3.6.4. Section réduite du béton

$$B_r = (a - 2)(b - 2)$$

$$B_r = (22 - 2)(40 - 2)$$

$$B_r = 760 \text{ cm}^2$$

3.6.5. Calcul de l'armature Théoriquement

$$A_{th} = \left[\frac{N_u}{\alpha} - \frac{B_r f_{c28}}{0,9\gamma_b} \right] \frac{\gamma_s}{f_e}$$

$$\Rightarrow A_{th} = 28,59\text{cm}^2$$

3.6.6. Calcul de l'armature minimal

$$A_{min} = \sup \{A(4u) = 4ucm^2; A(0,2\%) = 0,2 \frac{B}{100}\}$$

Avec : - $u = 2(a+b)$

$$u = 2(0,22 + 0,4)$$

$$u = 1,24\text{cm}^2$$

$$\Rightarrow A(4u) = 4 \times 1,24 = 4,96\text{cm}^2$$

$$\Rightarrow A(0,2\%) = 0,2 \frac{22 \times 40}{100} = 1,76\text{cm}^2$$

Alors on a : $A_{min} = \sup \{A(4u) = 4,96\text{cm}^2; A(0,2\%) = 1,5\text{cm}^2\}$

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

3.6.7. Armature de calcul

$$A_{s\text{ cal}} = \sup \{A_{th}; A_{min}\}$$

Alors $A_{s\text{ cal}} = \sup \{A_{th} = 28,59\text{cm}^2; A_{min} = 4,96\text{cm}^2\}$

$$\Rightarrow A_{s\text{ cal}} = 28,59\text{cm}^2$$

On prend **6HA25** totalisant de $29,45\text{cm}^2$

3.7. Disposition constructive

3.7.1. Armature Transversal

$$\varnothing_t \geq \frac{\varnothing_L}{3} \quad \text{Avec} \quad f_e > 330\text{MPa}$$

$$\varnothing_t \geq \frac{25\text{mm}}{3} = 8,33\text{cm}$$

Alors on prend $\varnothing_t = \text{HA10} = 10\text{mm}$

3.7.2. Contrôle de pourcentage des aciers

$$0,2 \frac{B}{100} \leq A_s \leq 5 \frac{B}{100}$$

$1,73 \leq 29,45 \leq 44$ condition vérifier

3.7.3. Espacement des cadres

$$S_t \leq \text{Inf} \{15\phi_L ; 40\text{cm}; a+10\text{cm}\}$$

$$S_t \leq \text{Inf} \{375\text{cm} ; 40\text{cm}; 35\text{cm}\}$$

Soit $S_t=24\text{cm}$

a. Longueur de recouvrement

$$l_r \geq 24\phi_L$$

$$l_r \geq 24 \times 2,5\text{mm}$$

Soit $l_r=70\text{cm}$

b. Nombre de cours transversaux disposés sur la longueur l_r

$$v \geq 3\text{cours}$$

Alors on prend 3cours espace de 12cm

c. Enrobage minimal

$$c \geq \text{Sup} \{\phi_L ; c_g\}$$

$$c \geq \text{Sup} \{2,5\text{cm}; 2\text{cm}\}$$

Soit $c=3\text{cm}$

d. Encrage de cadre

- Rayon courbure minimal

D'après le façonnage des crochets $r \geq 5,5\phi$

$$\Rightarrow r = 5,5\text{cm}$$

- Longueur nécessaire

Pour un cadre la longueur nécessaire est $l_s = 10\phi_t$

$$l_s = 5,5\text{cm}$$

Voire dans l'annexe le dessin de ferrailage

4. PLANCHER EN DALLE PLEINE

4.1.Généralité

Le plancher est une structure horizontale capable de supporter des charges et de les transmettre aux éléments porteurs de l'ossature. Sa caractéristique principale est qu'une dimension (la hauteur) est petite par rapport à ses deux autres dimensions (la largeur et la longueur). Dans cet immeuble, les planchers sont en dalle pleine, c'est-à-dire qu'ils sont entièrement constitués de béton coulé sur place, avec un ferrailage préalable.

4.2.Rôles et Fonctions

Les planchers ont les fonctions suivantes :

- Assurer la transmission des charges permanentes et des charges d'exploitation aux éléments porteurs verticaux ;
- Assurer la stabilité au feu pendant le temps nécessaire à l'intervention des moyens de protection ;
- Participer à la distribution des efforts horizontaux aux éléments de contreventement ;
- Assurer l'isolation acoustique et thermique entre les différents niveaux, avec une isolation thermique principalement pour les niveaux horizontaux exposés.

4.3.Principes de calcul

Pour ce calcul, la fissuration de la dalle est considérée comme peu préjudiciable. On va se concentrer sur la dalle la plus sollicitée, ayant les caractéristiques suivantes :

- La plus petite portée $l_x = 5 \text{ m}$
- La plus grande portée $l_y = 5,5 \text{ m}$
- L'épaisseur de la dalle, selon le pré-dimensionnement, est de $e = 15 \text{ cm}$

- Les armatures de la dalle seront déterminées à partir des moments isostatiques au centre de la dalle, notés M_{0x} et M_{0y} , correspondant respectivement aux directions l_x et l_y , et évalués pour des bandes de 1 m de largeur.



Figure 16: Numérotation des panneaux des dalles des étages

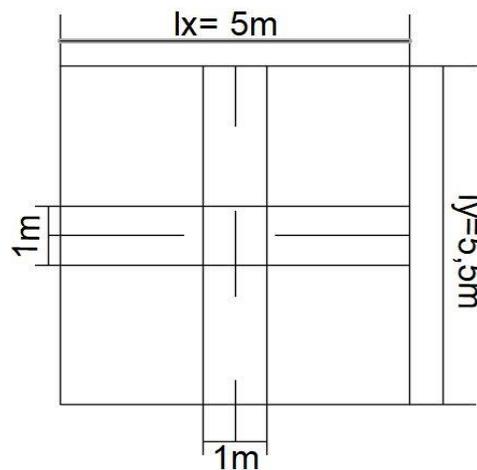


Figure 17: Moment au centre de la dalle

4.4. Dimensionnement de la dalle

4.4.1. Vérification du sens de la dalle

a. Calcul de α

$\alpha = \frac{l_x}{l_y}$ Si $0 < \alpha < 0,4$ alors elle porte dans une seule direction

Si $0,4 < \alpha < 1$ alors elle porte dans deux directions

Avec $l_x = 5\text{m}$

$$l_y = 5,5\text{m}$$

Donc $\alpha = 0,91$ alors elle porte dans deux directions

4.4.2. Vérification de l'épaisseur de la dalle

On a : $h_0 = 0,15\text{m}$

Or $\frac{l_x}{50} < h_0 < \frac{l_x}{30}$

$0,1\text{m} < h_0 < 0,18\text{m}$ Alors h_0 est vrai

4.4.3. Evaluation des charges

a. Charge permanente

Cette charge correspond au poids propre de la dalle du revêtement.

Tels que :

- L'épaisseur de la dalle est de 15 cm
- Revêtement de carreaux 3cm
- Plafond de plâtre de 2cm

b. Charge d'exploitation

Il s'agit d'une chambre ayant pour valeur de surcharge de 1.50 KN/m^2 .

Ces charges doivent être déterminées pour la combinaison d'actions la plus défavorable, c'est-à-dire :

- A l'ELU : $1.35G + 1.5Q$

- A l'ELS : G + Q

D'où

Tableau 26: Calcul des charges sur le dalle

Elément	Epaisseur r	PU (KN/m ²)	G (KN/m ²)	PU (KN/m ²)	Q (KN/m ²)	P _u (KN/m ²)	P _{ser} (KN/m ²)
Dalle	0,15m	25	3,75	1,5	1,5		
Carreau+pos e		0,9	0,9				
Plafond de plâtre		0,09	0,09				
Total			4,74		1,5	8,65	6,24

4.4.4. Calcul de sollicitation

D'après le tableau de rapport de $\frac{l_x}{l_y}$, si $\alpha=0,91$:

A l'ELU (V = 0)

A l'ELS (V=0,2)

$$\mu_x = \frac{M_x}{pl_x^2} = 0,041$$

$$\mu_x = 0,048$$

$$\mu_y = \frac{M_y}{pl_y^2} = 0,887$$

$$\mu_y = 0,9236$$

On rappelle que sauf cas particulier, le coefficient de poisson du béton est pris égal à 0 pour le calcul des sollicitations c'est-à-dire $V = 0$ à l'ELU et pour le calcul des déformations $V = 0,2$ (Article A.2.1.3)

a. Calcule de moment à l'ELU dans les deux sens :

- Suivant l_x

$$M_{ux} = \mu_x \times P_u \times l_x^2$$

$$M_{ux} = 8,87\text{KNm}$$

- Suivant l_y

$$M_{uy} = \mu_y \times M_{ux}$$

$$M_{uy} = 7,87\text{KNm}$$

b. Calcule de l'effort tranchant à l'ELU dans les deux sens :

- Suivant l_x

$$V_{ux} = \frac{P_u \times l_x}{2}$$

$$V_{ux} = 21,63\text{KN}$$

- Suivant l_y

$$V_{uy} = \frac{P_u \times l_y}{2}$$

$$V_{uy} = 23,79\text{KN}$$

c. Calcule de moment à l'ELS dans les deux sens :

- Suivant l_x

$$M_{serx} = \mu_x \times P_{ser} \times l_x^2$$

$$M_{serx} = 7,49\text{KNm}$$

- Suivant l_y

$$M_{sery} = \mu_y \times M_{serx}$$

$$M_{sery} = 6,92\text{KNm}$$

d. Calcule de l'effort tranchant à l'ELS dans les deux sens :

- Suivant l_x

$$V_{serx} = \frac{P_{ser} \times l_x}{2}$$

$$V_{serx} = 15,6\text{KN}$$

- Suivant l_y

$$V_{sery} = \frac{P_{ser} \times l_y}{2}$$

$$V_{sery} = 17,2\text{KN}$$

4.4.5. Calcul d'armature de la dalle

a. Section minimal des aciers

On a : $\alpha=0,91$

- Suivant l_y

$$A_{ymin} = 6h_0$$

$$A_{ymin} = 0,9 \text{ cm}^2/\text{m}$$

- Suivant l_x

$$A_{xmin} = \frac{3 - \alpha}{2} A_{ymin}$$

$$A_{xmin} = 0,94 \text{ cm}^2/\text{m}$$

b. Section des aciers déterminés à partir de la sollicitation de calcul

- Suivant l_x

$$d_x = h_0 - r$$

Avec ($r = 3$ à 6cm)

$$d_x = 0,15 - 0,03$$

$$d_x = 0,12\text{m}$$

- Suivant l_y

$$d_y = d_x \frac{\phi_x + \phi_y}{2}$$

On prend $d_y = 0,14\text{m}$ car on ne sait pas encore ϕ_x et ϕ_y

c. Calcul de l'armature dans le sens L_x

On a : $f_{c28} = 25\text{MPa}$; $f_{bu} = 14,2\text{MPa}$

$f_e = 400\text{MPa}$; $M_{ux} = 8,87\text{KNm}$; $b = 1\text{m}$

$$\mu_x = \frac{M_{ux}}{bd_x^2 f_{bu}}$$

$$\mu_x = \frac{0,00887}{1 \times 0,14^2 \times 14,2} \Rightarrow \mu_x = 0,032$$

➤ Armature tendus

Calcul de α ; Z ; A_s

$$\alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_x})$$

$$\alpha = 0,041$$

$$Z = d_y(1 - 0,4\alpha)$$

$$Z = 0,117\text{m}^2$$

$$A_s = \frac{M_x \gamma_s}{Z f_e}$$

$$A_s = 2,81\text{cm}^2/\text{m}$$

d. Calcul de l'armature dans le sens L_y

On a : $f_{c28} = 25\text{MPa}$; $f_{bu} = 14,17\text{MPa}$

$f_e = 400\text{MPa}$; $M_{uy} = 7,87\text{m}$; $b = 1\text{m}$

$$\mu_y = \frac{M_{uy}}{bd_y^2 f_{bu}}$$

$$\mu_y = 0,028$$

➤ Armature tendus

Calcul de α ; Z ; A_s

$$\alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_y})$$

$$\alpha = 0,036$$

$$Z = d_y(1 - 0,4\alpha)$$

$$Z=0,14(1-0,4 \times 0,051)$$

$$Z=0,138\text{m}$$

$$A_s = \frac{M_y \gamma_s}{Z f_e}$$

$$A_s = 1,64\text{cm}^2/\text{m}$$

Alors

$$\text{Suivant : } l_x \Rightarrow A_{sx} = 2,81\text{cm}^2/\text{m}$$

$$l_y \Rightarrow A_{sy} = 1,64\text{cm}^2/\text{m}$$

4.4.6. Vérification de non fragilité

$$A_{sx} \geq 0,23 \frac{f_{c28}}{f_e} b d_x \quad \text{Et} \quad A_{sy} \geq 0,23 \frac{f_{c28}}{f_e} b d_y$$

$$A_{sx} = 2,81\text{cm}^2/\text{m} \geq 1,73\text{cm}^2/\text{m} \dots\dots\dots\text{condition vérifier}$$

$$A_{sy} = 1,64\text{cm}^2/\text{m} \geq 1,73\text{cm}^2/\text{m} \dots\dots\dots\text{condition non vérifier}$$

Alors on prend $A_{sy} = 2,51\text{cm}^2/\text{m}$

4.4.7. Espacement

Pour déterminer facilement l'espacement de chaque armature, on va utiliser un extrait de treille soude ADETS

D'après le tableau de treille soude on trouve :

Pour le sens : l_x on prend ST 25[®] et l_y on prend ST 60[®]

Tableau 27: extrait de treille soude ADETS

Désignation ADETS	Section S cm ² /m	S s cm ² /m	E e mm	D d mm	About AV AR ad ag mm/mm	Nombre de fils N n	Longueur Largeur L l m	Masse nominale Kg/m ²

ST 25 [®]	2,57	2,57	150	7	150/150	16	6,00	3,020
		1,28	300	7	75/75	20	2,40	
ST 30 [®]	2,83	2,83	100	6	150/150	24	6,00	3,226
		1,28	300	7	50/50	20	2,40	

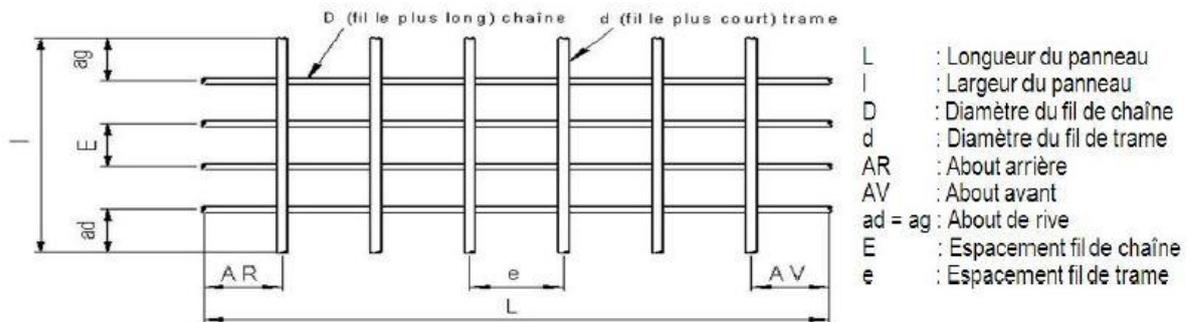


Figure 18: Modèle de l'espacement de treille soudé

Voire le dessin de ferrailage dans l'annexe

5. CALCUL DE L'ESCALIER

Les escaliers sont des éléments de la structure qui permettent de franchir les niveaux d'un bâtiment. Ils sont composés des éléments suivants : paillasse, volée, palier, marche (giron), et contremarche.

5.1. Caractéristique de l'escalier

C'est un escalier composé de 2 Paillasses parallèles avec un palier de repos et un palier d'arrivée. Il est situé à l'intérieur du bâtiment donnant accès à l'étage du bâtiment

Avec : P_r : palier de repos

P_a : Palier d'arrive

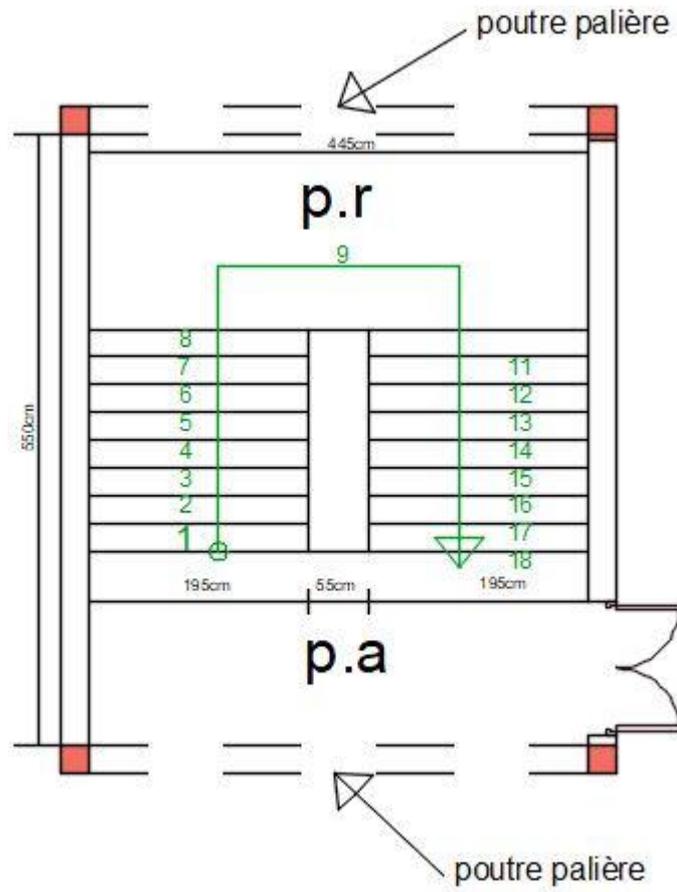


Figure 19: Plan de l'escalier

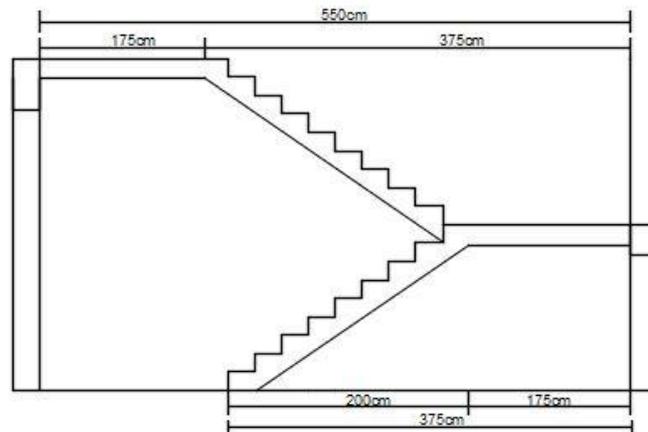


Figure 20: Plan de coupe de l'escalier

5.2. Pré dimensionnement

5.2.1. Nombre de marche

$$H=H1+H2$$

On écrit donc : $H=3,24m = n \times h$

h : Hauteur de marche ; h est souvent prise dans l'intervalle 14 à 18 cm. On prend $h = 18$ cm

n : Nombre de marches

Avec :

$$n = \frac{H}{h} = \frac{324}{18} = 17,7$$

Soit $n=18$

Alors : - pour la 1^{er} volée

$$n_1 = 9$$

- Pour la 2^{ème} volée

$$n_2 = n - n_1 = 9$$

5.2.2. Vérification de la marche

$$l_1 = (n_1 - 1)g ; l_2 = (n_2 - 1)g$$

Avec g : longueur de la marche ; soit $g=25$ cm

$$\Rightarrow l_1 = (9 - 1)25cm$$

$$l_1 = 2m$$

$$\Rightarrow l_2 = (9 - 1)25cm$$

$$l_2 = 2m$$

5.2.3. Largeur d'escalier :

- pour la 1^{ère} volée

$$l_{ex} = l_1 + l_{pa}$$

$$l_{ex} = 2m + 1,75m = 3,75m$$

- pour la 2^{ème} volée

$$l_{ex} = l_2 + l_{pa} + l_{pr}$$

$$l_{ex} = 2m + 1,75m + 1,75m = 5,5m$$

5.3. Conception des dalles d'escalier et systèmes porteurs

Une paillasse est une dalle en béton armé inclinée, un palier est une dalle en béton armé horizontale, en plus des dalles, on doit concevoir des marches en béton non armé non porteuses et les revêtements supérieurs et inférieurs, comme le montre la figure suivante.

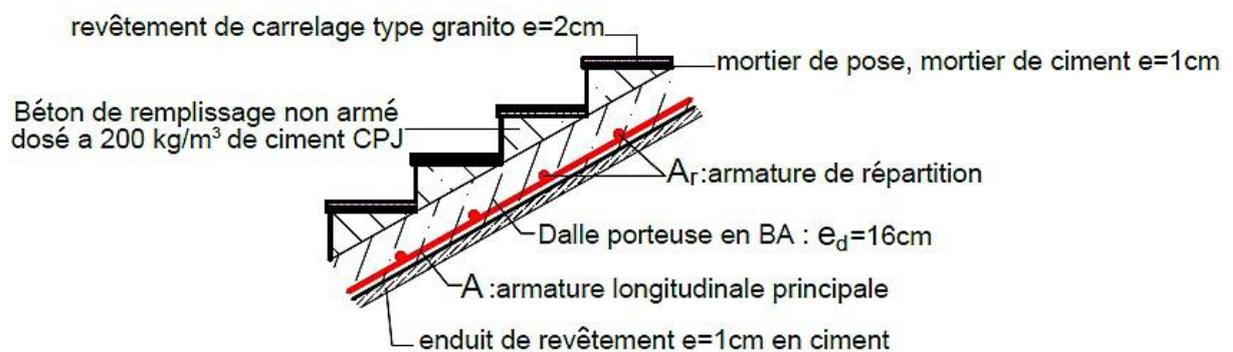


Figure 21: conception des paillasses de l'escalier. –coupe

5.3.1. Choix du système d'appuis :

- ❖ 1^{ère} paillasse

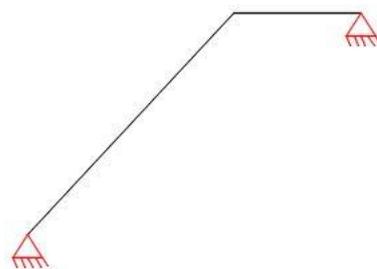


Figure 22: types des systèmes d'appuis 1er paillasse

L'appui A1 est situé au niveau du sol, c'est une semelle isolée en béton armé qui ressemble à une fondation filante de dimensions constructives $40 \times 50\text{cm}$ avec 4 barres $\varnothing 16$ et cadres à espacement 20 cm , sa longueur est d'un moins égale à la largeur de 1^{ère} paillasse, soit $1,75\text{m}$.

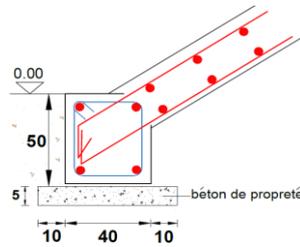


Figure 23: schéma de 1ere poutre

L'appui A2 est une poutre palière de longueur 4,45m égale à la longueur du palier de repos.

- Pour la 1^{ère} poutre palière :

Section rectangulaire de :

Hauteur: $h_p \geq 30cm$

Largeur : $h_l \geq 25cm$

On choisit des valeurs empiriques $22 \times 35cm^2$

- ❖ 2^{ème} paillasse

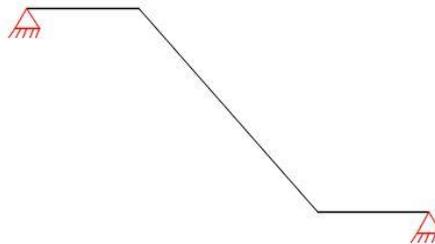


Figure 24: types de système 2eme appuis

A₃ est un appui de la poutre du bâtiment, c'est une 2^{ème} poutre palière. L'avantage de la disposition de ce type, il relie le poteau du bâtiment située à une distance 5,5m à partir de l'appui A₂.

5.4. Dimensionnement de l'escalier

5.4.1. Calcul des paillasse d'escalier

5.4.1.1. Choix de l'épaisseur :

A partir de formules empiriques et recommandations des ingénieurs experts, on choisit :

$$e = \frac{L}{20} \text{ à } \frac{L}{30}$$

Où $L = \max(L_{\text{Paillasse N}^\circ 1}; L_{\text{Paillasse N}^\circ 2}) = \max(3,75\text{m}; 5,5\text{m})$

$$\Rightarrow e = \frac{5,5}{20} \text{ à } \frac{5,5}{30} = 27,5\text{cm à } 18,3\text{cm}$$

On prend $e = 20\text{cm}$

5.4.1.2. Evaluation des charges

5.4.1.2.1. Charge permanentes

- Paillasse

$$\text{-Poids propre de la paillasse: } 2500 \times \frac{e_d}{\cos \alpha} \times 1,75\text{m} = 2500 \times \frac{0,2}{\cos 36} \times 1,75\text{m} =$$

$$1081,56\text{daN/m}^2$$

$$\text{-Poids propre de la marche : } 2500 \times \frac{h}{2} \times 1,75\text{m} = 2500 \times \frac{17,7}{2} \times 1,75\text{m} = 387,19$$

$$\text{-carrelage : } 20 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{-Mortier de pose : } 20 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{-Enduite ciment : } 20 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{Alors } G_1 = 1528,75 \text{ daN/m}^2$$

- Palier :

$$\text{-Poids propre palier : } 1,75 \times 0,2 \times 2500 = 875 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{-carrelage : } 20 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{-Mortier de pose : } 20 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{-Enduite ciment : } 20 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{Alors } G_2 = 935\text{daN/m}^2$$

5.4.1.2.2. Charge d'exploitation

$$Q = 250 \text{ daN/m}^2$$

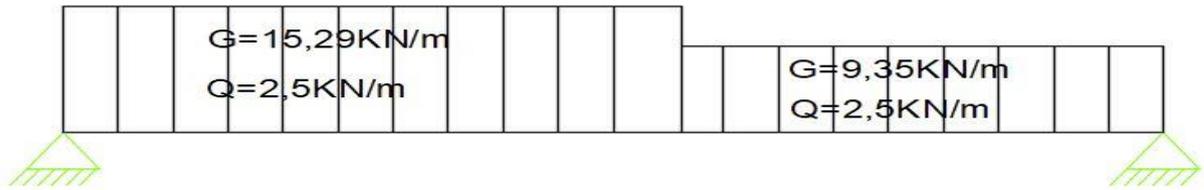


Figure 25: chargement de 1ère volée

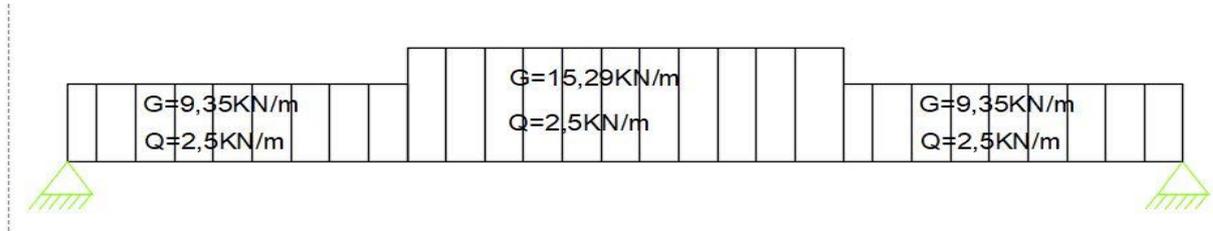


Figure 26: Chargement de 2em volée

5.4.1.3. Combinaison des actions

- Charge sur paillasse :

$$\text{E.L.U} : P_{\mu 1} = 1,35G_1 + 1,5Q$$

$$\Rightarrow P_{\mu 1} = 2438,82 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{E.L.S} : P_{s1} = G_1 + Q$$

$$\Rightarrow P_{s1} = 1778,75 \text{ daN/m}^2$$

- Charge sur palier :

$$\text{E.L.U} : P_{\mu 2} = 1,35G_2 + 1,5Q$$

$$\Rightarrow P_{\mu 1} = 1637,25 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{E.L.S} : P_{s2} = G_2 + Q$$

$$\Rightarrow P_{s2} = 1185 \text{ daN/m}^2$$

- Charge équivalente uniforme $P_{\acute{e}q}$:

-Pour paillasse 1 :

$$P_{\acute{e}q} = \frac{\sum P_i L_i}{\sum L_i} = \frac{P_1 L_1 + P_2 L_2}{L_1 + L_2}$$

Alors $P_u = 2064,75 \text{ daN/m}^2$ et $P_{ser} = 1501,67 \text{ daN/m}^2$

-Pour paillasse 2 :

$$P_{\text{éq}} = \frac{\sum P_i L_i}{\sum L_i} = \frac{P_1 L_1 + P_2 L_2 + P_3 L_3}{L_1 + L_2 + L_3}$$

Alors $P_u = 1928,08 \text{ daN/m}^2$ et $P_{\text{ser}} = 1400,91 \text{ daN/m}^2$

5.4.2. Calcul des moments de flexion

Le moment isostatique est $M_0 = \frac{P_{\text{éq}} \times L^2}{8}$ on prend de façon forfaitaire des moments (M_a)

d'encastrement égaux a un pourcentage de M_0 tels que $M_t + \frac{M_a \times M_a'}{2} \geq 1,25$

Soient :

- Paillasse 1

$$\text{E.L.U : } M_0 = \frac{2064,75 \times 3,75^2}{8} = 3629,44 \text{ daN.m}$$

$$\text{Moment en travée : } M_t = 0,85 M_0 = 3085,03 \text{ daN.m}$$

$$\text{Moment en appui : } M_a = -0,4 M_0 = -1451,78 \text{ daN.m}$$

$$\text{Effort tranchant : } R_{A1} = R_{A2} = \frac{P_u \times L}{2}$$

$$\Rightarrow R_{A1} = R_{A2} = 3871,41 \text{ daN.m}$$

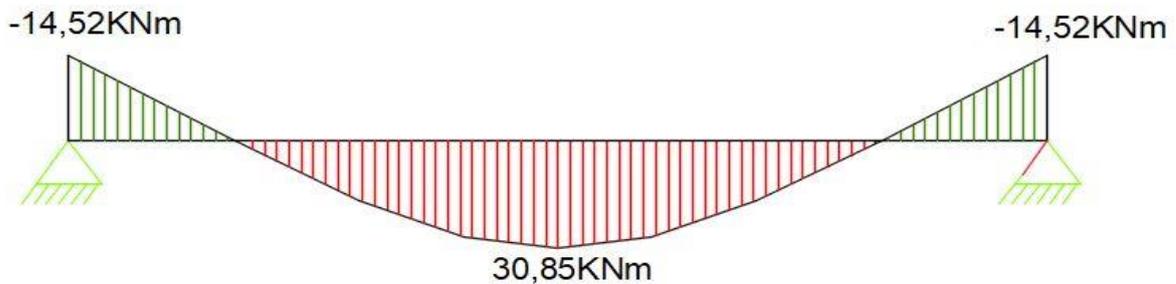


Figure 27: Diagramme de moment ELU de paillasse 1

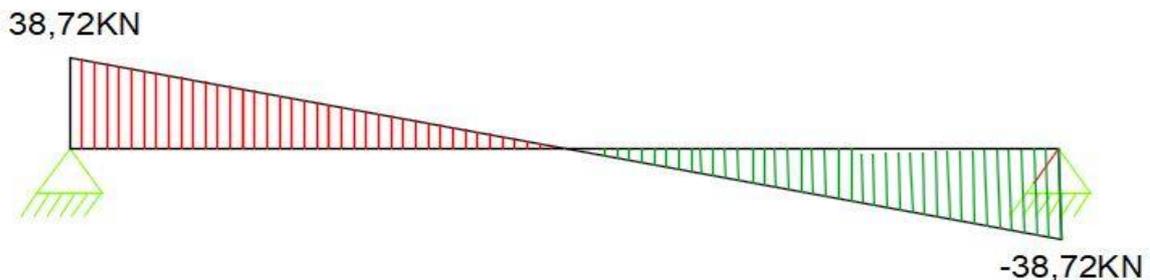


Figure 28: Diagramme d'effort tranchant ELU de paillasse 1

- Paillasse 2

$$E.L.U : M_0 = \frac{1928,08 \times 5,5^2}{8} = 7290,56 \text{ daN.m}$$

$$\text{Moment en travée : } M_t = 0,85M_0 = 6196,98 \text{ daN.m}$$

$$\text{Moment en appui : } M_a = -0,4M_0 = -2916,22 \text{ daN.m}$$

$$\text{Effort tranchant : } R_{A1} = R_{A2} = \frac{P_u \times L}{2}$$

$$\Rightarrow R_{A1} = R_{A2} = 5302,22 \text{ daN.m}$$

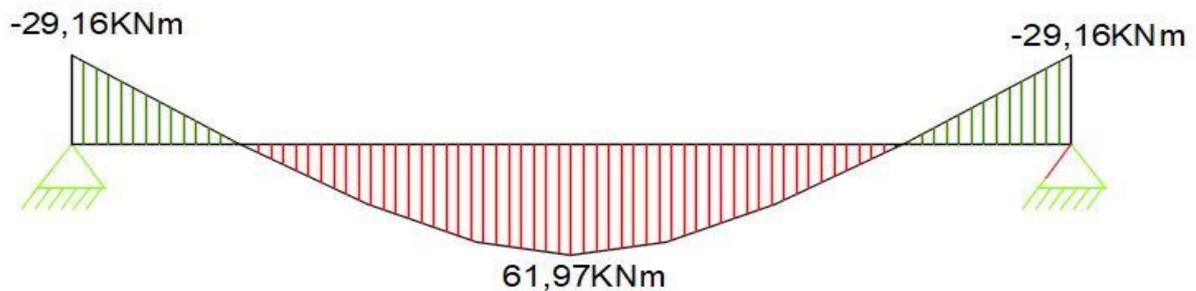


Figure 29: Diagramme de moment ELU de paillasse2

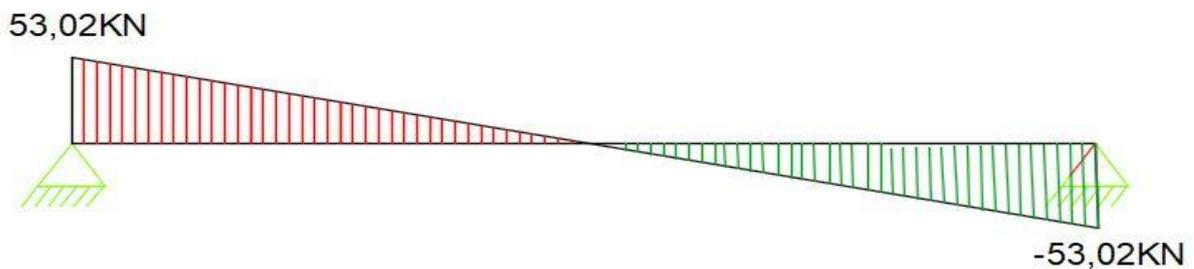


Figure 30: Diagramme d'effort tranchant ELU de paillasse2

5.4.3. Calcul des armatures

5.4.3.1. Paillasse 1

$$M_t = 3085,03 \text{ daN.m}, M_a = -1451,78 \text{ daN.m}, h = 20 \text{ cm}, f_e = 400 \text{ MPa}$$

$$b = 195 \text{ cm}, d = 0,9h = 18 \text{ cm}, f_{bu} = 14,17 \text{ MPa}, \gamma_s = 1,15, \text{ fissuration préjudiciable.}$$

- En travées :

$$\mu = \frac{M_t}{bd^2 f_{bu}}$$

$$\mu = \frac{0,03085}{1,95 \times 0,18^2 \times 14,17} = 0,034$$

$$\alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu})$$

$$\alpha = 0,043$$

$$Z = d(1 - 0,4\alpha)$$

$$Z = 0,176$$

$$\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = 348 \text{ Mpa}$$

$$A_s = \frac{M_u}{Z \times \sigma_s}$$

$$A_s = \frac{0,03085}{0,176 \times 348} = 5,05 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Soit **6HA12** totalisant de $6,79 \text{ cm}^2/\text{ml}$

○ Armature de répartition :

$$A_r = \frac{A_s}{4} = \frac{6,79 \text{ cm}^2/\text{ml}}{4} = 1,7 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Soit **4HA8** totalisant de $2,01 \text{ cm}^2/\text{ml}$

➤ En appuis :

$$\mu = \frac{M_a}{bd^2 f_{bu}}$$

$$\mu = \frac{0,014517}{1,95 \times 18^2 \times 14,2} = 0,016$$

$$\alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu})$$

$$\alpha = 0,02$$

$$Z = d(1 - 0,4\alpha)$$

$$Z = 0,179$$

$$\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = 348 \text{ Mpa}$$

$$A_s = \frac{M_u}{Z \times \sigma_s}$$

$$A_s = \frac{0,014517}{0,179 \times 348} = 2,33 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Soit **4HA10** totalisant de $3,14 \text{ cm}^2 / \text{ml}$)

➤ Vérification :

○ Condition de non fragilité :

$$A_{min} = 0,23bd \frac{f_{c28}}{f_e} = 1,73 \text{ cm}^2$$

Travée $A_{tra} = 6,25 \text{ cm}^2 > A_{min} = 1,73 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots \text{OK}$

Appuis $A_{app} = 3,4 \text{ cm}^2 > A_{min} = 1,73 \text{ cm}^2 \dots\dots\dots \text{OK}$

○ Vérification de l'effort tranchant :

$$\tau_u \leq \bar{\tau}_u$$

Pour une dalle les contraintes $\bar{\tau}_u$ doivent être limitées à $0,05.f_{c28} = 1.25 \text{ MPa}$

$$\tau_u = \frac{V}{bd} = \frac{0,38714}{1,95 \times 0,18} = 1,102 \text{ MPa} < \bar{\tau}_u \dots\dots\dots \text{condition vérifiée}$$

Donc on n'a pas besoin d'armatures de cisaillement (les cadres)

5.4.3.2. Paillasse 2 :

$$M_t = 6196,98 \text{ daN.m} ; M_a = 2616,22 \text{ daN.m}$$

➤ En travées :

$$\mu = \frac{M_t}{bd^2 f_{bu}}$$

$$\mu = \frac{0,61969}{1,95 \times 0,18^2 \times 14,17} = 0,069$$

$$\alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu})$$

$$\alpha = 0,089$$

$$Z = d(1 - 0,4\alpha)$$

$$Z = 0,174$$

$$\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = 348 \text{ Mpa}$$

$$A_s = \frac{M_u}{Z \times \sigma_s}$$

$$A_s = \frac{0,061969}{0,174 \times 348} = 10,23 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

Soit **6H16** totalisant de 12,06 cm²/ml)

- Armature de répartition :

$$A_r = \frac{A_s}{4} = \frac{12,06 \text{ cm}^2 / \text{ml}}{4} = 3,015 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

Soit **4HA10** totalisant de 3,14 cm²/ml)

- En appuis :

$$\mu = \frac{M_a}{bd^2 f_{bu}}$$

$$\mu = \frac{0,026162}{1,95 \times 0,18^2 \times 14,2} = 0,029$$

$$\alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu})$$

$$\alpha = 0,036$$

$$Z = d(1 - 0,4\alpha)$$

$$Z = 0,154$$

$$\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = 348 \text{ Mpa}$$

$$A_s = \frac{M_u}{Z \times \sigma_s}$$

$$A_s = \frac{0,026162}{0,154 \times 348} = 4,88 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

Soit **4HA14** totalisant de 6,16 cm²/ml)

- Vérification :

- Condition de non fragilité :

$$A_{min} = 0,23bd \frac{f_{c28}}{f_e} = 1,73 \text{ cm}^2$$

Travée $A_{tra} = 12,26 \text{ cm}^2 > A_{min} = 1,73 \text{ cm}^2$ OK

Appuis $A_{app} = 4,88 \text{ cm}^2 > A_{min} = 1,73 \text{ cm}^2$ OK

- Vérification de l'effort tranchant :

$$\tau_u \leq \bar{\tau}_u$$

Pour une dalle les contraintes $\bar{\tau}_u$ doivent être limitées à $a = 0,05.f_{c28} = 1.25\text{MPa}$

$$\tau_u = \frac{V}{bd} = \frac{0,053022}{1,95 \times 0,18} = 0,151\text{MPa} < \bar{\tau}_u \dots\dots\dots \text{condition vérifiée}$$

Donc on n'a pas besoin d'armatures de cisaillement (les cadres)

5.4.3.3. Vérification de la flèche (ELS)

5.4.3.3.1. Pour la travée L1

On va vérifier les 3 conditions :

$$\begin{cases} \frac{h}{t} \geq \frac{1}{16} \\ \frac{h}{l} \geq \frac{M_t}{10M_0} \\ \frac{A}{bd} \leq \frac{4,2}{f_e} \end{cases}$$

$$\frac{h}{t} = \frac{20}{550} = 0,036 < \frac{1}{16} = 0,06225 \dots\dots\dots \text{NON vérifiée}$$

⇒ Il faut donc calculer la flèche et vérifier que :

$$\delta_1 = \frac{M_t L_1^2}{10EI} \dots\dots\dots \text{d'après le DTR CBA93 article B.5.2}$$

" M_{ser} " Avec majorée:

$$P = G + Q; M_0 = \frac{PL^2}{8}, M_t = 0,85M_0$$

Avec

$$P = 2064,75 \text{ daN/m}^2$$

$$M_t = 4026,91 \text{ daN.m}$$

$$I = \frac{bh^2}{12} = \frac{195 \times 20^3}{12} = 130000 \text{ cm}^4 \text{ et } E = 210^5 \text{ MPa}$$

$$\delta_1 = 0,0058 \text{ cm}$$

$$\delta_1 = 0,0058 \text{ cm} < \delta_{adm} = 0,94 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

5.4.3.3.2. Pour la travée L2-console- :

$$\delta_s = \frac{M_a L_2^2}{4EI}$$

$$M_a = 0,4P = 0,4 \times 2064,75 = 825,9 \text{ daN.m}$$

$$\delta_2 = 0,0031 \text{ cm}$$

$$S_2 = 0,0031 \text{ cm} < \delta_{adm} = 0,22 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Voire le dessin de ferrailage dans l'annexe

Chapitre IX : Etude de l'infrastructure

La fondation est un élément essentiel de la structure qui assure l'interaction avec le sol. Son rôle principal est de transmettre les charges verticales provenant des charges appliquées sur les poteaux et les murs vers le sol. Selon la portance du sol, on peut rencontrer trois types de fondations pour tout type d'ouvrage :

- Fondation superficielle ;
- Fondation semi profonde ;
- Fondation profonde.

1. Type de fondation

1.1. Fondations superficielles

Elles sont utilisées lorsque le sol résistant se trouve à une faible profondeur. On considère généralement qu'une fondation est superficielle lorsque le rapport entre la profondeur (D) et la largeur de la fondation (B) est inférieur à 5, c'est-à-dire $D/B < 5$.

1.1.1. Semelles isolées

Les fondations sont de type isolé lorsqu'elles ont des dimensions limitées et sont situées directement sous les poteaux.

1.1.2. Semelles filantes

Les semelles filantes sont des fondations continues situées sous l'ouvrage fondé, généralement pour supporter un mur ou une paroi.

1.1.3. Radiers

Ce sont des dalles carrées ou rectangulaires de grande surface. Ils sont nécessaires lorsque le sol est de faible résistance ou si les charges transmises conduisent à des semelles dont la surface est proche de la moitié de celle de la construction.

1.2.Fondations semi-profondes ou puits

Les puits sont placés en limite des deux domaines de fondations et se rattachent, par le principe de réalisation, aux fondations profondes, mais ils sont généralement calculés suivant les règles des fondations superficielles.

1.3.Fondations profondes ou pieux

Elles sont utilisées lorsque les couches superficielles d'un terrain sont compressibles, tandis que les couches sous-jacentes sont résistantes à partir d'une certaine profondeur. Les pieux sont généralement nécessaires lorsque le rapport entre la profondeur d'ancrage (D) et la largeur (B) est supérieur à 10.

2. Etude de la fondation

2.1.Choix du type de fondation

Pour l'étude de la fondation en question, étant donné que les couches de terrain supportant l'ouvrage se trouvent à une faible profondeur, on va opter pour des fondations superficielles. On procédera à un exemple de calcul de semelle isolée, spécifiquement sous le poteau D3.

2.2.Dimensionnement de la semelle

Le dimensionnement de la semelle nécessite de connaître la valeur de la contrainte du sol $\overline{\sigma_{sol}}$, qui sera déterminée à partir des indications des contraintes de calcul admises pour le sol.

2.2.1. Contrainte de sol

D'après l'indicatif des contraintes de calcul admises pour le sol, on a quelque contrainte de type de sol suivant :

Tableau 28: Type de contrainte de sol

Nature de sol	$\overline{\sigma_{sol}}(MPa)$
Roche peu fissurées saines non désagrégées et de stratification favorable	0,75 à 4,5
Terrains non cohérent à bonne compacité	0,35 à 0,75
Terrains non cohérent à bonne compacité moyenne	0,20 à 0,40
Argile	0,10 à 0,30

Alors pour notre projet, le type de sol est une argile donc on peut prendre la contrainte

$$\overline{\sigma_{sol}} = 0,3MPa$$

2.2.2. Evaluation des charges

D'après la descente de charge sous le poteau D3

On a : $G = 902,08 \text{ KN}$; $Q = 218,26 \text{ KN}$; $W = 20,84 \text{ KN}$

$$N_u = 1,35G + 1,5Q + W \text{ Et } N_{ser} = G + Q + 0,77W$$

Alors $N_u = 175370 \text{ KN} = 1,75370 \text{ MN}$ et $N_{ser} = 1306,84 \text{ KN} = 1,30684 \text{ MN}$

2.2.3. Etape de dimensionnement de la semelle

➤ 1^{er} étape

Aire approchée, $S_1 < S$

Avec $S_1 =$ Aire de la surface portante

$S =$ Aire de la semelle

$$\frac{a}{b} = \frac{A_1}{B_1} \Leftrightarrow A_1 = \frac{a}{b} B_1$$

Or $S_1 = A_1 \times B_1$

$$S_1 = \frac{a}{b} B_1 \times B_1$$

$$S_1 = \frac{a}{b} B_1^2$$

$$\text{Alors } S_1 = \frac{N_{ser}}{\sigma_{sol}} \Rightarrow S_1 = 4,356\text{m}^2$$

$$A_1 = \sqrt{S_1 \frac{a}{b}} \quad \text{et} \quad B_1 = \sqrt{S_1 \frac{b}{a}}$$

$$A_1 = \sqrt{4,356 \frac{0,22}{0,40}} = 1,547\text{m} \quad \text{Et} \quad B_1 = \sqrt{2,437 \frac{0,3}{0,25}} = 2,814\text{m}$$

➤ 2^{em} étape

- choix des dimensions de la surface portante

$$A \geq A_1 \quad \text{et} \quad B \geq B_1$$

$$A \geq 1,547\text{m} \quad \text{et} \quad B \geq 2,814\text{m}$$

Alors

Tableau 29: Section de la semelle

	A	B
Sous poteau intermédiaire	180cm	300cm
Sous poteaux de rive	180cm	180cm

➤ 3^{em} étape

- condition de rigidité

$$\frac{B - b}{4} \leq d \leq B - b$$

$$0,65\text{m} \leq d \leq 2,6\text{m}$$

Soit $d=0,7\text{m}$

- hauteur total

$$h = d + 0,05\text{m}$$

$$h = 0,7 + 0,05\text{m}$$

Alors $h = 0,75\text{m}$

➤ 4^{em} étape

- Vérification de condition

$$\sigma_{sol} < \overline{\sigma_{sol}}$$

Avec

$$\sigma_{sol} = \frac{N_{ser} + PP_{semelle}}{S}$$

$$PP_{semelle} = A \times B \times h \times PU = 0,1013MN$$

$$\sigma_{sol} = \frac{0,7311MN + 0,0863MN}{3 \times 1,8} = 0,26077MN$$

$$\sigma_{sol} < \overline{\sigma_{sol}} \Leftrightarrow 0,056MPa < 0,3MPa$$

Condition satisfait

2.2.4. Détermination de l'acier tendu

Pour déterminer les armatures de la semelle, on a utilisé la méthode de bielle comprimée

- Nappe inférieure parallèle à B

$$A_x = \frac{N_u (B - b)}{8 d f_u}$$

$$\text{Avec } f_u = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} \Rightarrow f_u = 348MPa$$

$$\text{Alors } A_x = \frac{1,7537 (3 - 0,3)}{8 \cdot 0,75 \times 348} \Rightarrow A_x = 22,67cm^2$$

On prend **8HA20** totalisant de 25,13cm²

- Nappe inférieure parallèle à A_y

Soit $d_1 < d$

$$A_y = \frac{N_u (A - a)}{8 d_1 f_u}$$

$$\text{Avec } d_1 = d - \frac{(\phi_1 + \phi_2)}{2}$$

$$\text{Or } \phi_1 = 0,02m$$

$$\phi_2 = 0,014m$$

$$\Rightarrow d_1 = 0,733m$$

$$\text{Alors } A_x = \frac{1,7535 (1,8 - 0,22)}{8 \cdot 0,733 \times 348} \Rightarrow A_x = 13,58cm^2$$

On prend **8HA16** totalisant de 16,08cm²

2.2.5. Disposition constructive et calcul de l'encrage

- Encrage $l_s = 40\emptyset$

$$l_s = 80cm$$

$$\text{Si } l_s > \frac{B}{4}$$

$$l_s = 80cm > 75cm$$

Alors le crochet des barres est 120°

- Rayon de courbure

$$r \geq 5,5\emptyset \Rightarrow r = 12cm$$

- Enrobage minimal

$$c \geq 3cm \text{ Alors on prend } c = 5cm$$

- Espacement

Pour A_x est **8HA20** alors l'espacement est 32cm

A_y est **8HA16** alors l'espacement est 24cm

Voire le dessin de ferrailage dans l'annexe

TROISIEME PARTIE : L'évaluation financière et planification du projet

Chapitre X : Devis descriptif

Le devis descriptif est un document établi par le Maître d'œuvre décrivant et localisant les ouvrages pour chaque élément de la construction. Il précise la nature et la qualité des matériaux à utiliser.

Tableau 30: Devis descriptif

N°	DESIGNATION	CONCERNE	U
0 – INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER			
0-01	INSTALLATION DE CHANTIER		Fft
	<ul style="list-style-type: none"> - Amenée des matériels nécessaires ou exigés - Clôture de chantier - Mise en place du panneau d'indication de chantier - Préparation des surfaces de la construction ; aménagements des baraques de chantier, de logement et de bureau - Alimentation en eau potable et en énergie électrique de chantier - Aménagement et entretien des voies d'accès de chantier - Sujétions de maintien de la circulation durant les travaux - Etablissement des plans de recollement conformes à l'exécution 	Installation de chantier	
0-02	REPLI DE CHANTIER		Fft
	<ul style="list-style-type: none"> - Démontage et repliement des installations - Enfouissement des gravois et détritrus - Enlèvement du chantier de tous les matériels, les matériaux en excédent, la clôture et la remise en état des lieux 	Repli de chantier	
1 - TERRASSEMENT			
1-01	PREPARATION DU TERRAIN		m ²

	<ul style="list-style-type: none"> - Débroussaillage général des végétaux non conservés - Abattage et débitage des arbres non conservés 	Toute la surface à bâtir jusqu'à la limite de la propriété	
1-02	FOUILLE EN RIGOLE OU EN TRANCHEE		m3
	<ul style="list-style-type: none"> - Fouille en rigole ou en tranchée avec jet de pelles sur berge, y compris dressement des parois et des fonds 	Semelles de fondation et assainissement	
2 – OUVRAGE EN INFRASTRUCTURE			
2-01	<ul style="list-style-type: none"> - BETON DE PROPLETE DOSE A 150 kg/m3 		
	<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture et mise en œuvre du béton ordinaire de 5cm d'épaisseur, dosé à 150 kg/m3 avec le ciment CEM I 42.5. 	Béton de propreté 5 cm d'épaisseur, sous semelles de fondation ; sous regard, sous fosse septique semelles, longrines, amorces poteaux	
2-02	BETON DOSE A 350 kg/m3		
	<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture et mise en œuvre du béton armé dosé à 350 kg de CEM I 42,5 coulé entre coffrage, y compris pervibration et toutes sujétions 	Semelle, amorce poteaux	
2-03	ARMATURES DE BETON		kg
	<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture, transport, façonnage et mise en place des armatures de béton en acier Haute Adhérence FeE500 	Semelles,	
2-04	COFFRAGE		m ²
	Coffrage en bois ordinaire, y compris étaieement, buttage et la mise en œuvre	Ouvrages en béton armé	

2-05	DALLAGE		m ²
	<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture et mise en œuvre hérissonnage de 20cm d'épaisseur en tout venant, y compris compactage, réglage et toutes sujétions - Fourniture et mise en œuvre de couche de forme en sable de 5 cm d'épaisseur, y compris compactage, réglage et toute sujétion - Fourniture et mise en œuvre de béton de forme dosé à 300kg de CEM I 42,5 de 8 cm d'épaisseur, coulé à même le sol, y compris pilonnage, dressage de la surface horizontale et toutes sujétions 	RDC	
2-06	- Fourniture et mise en œuvre hérissonnage de 20cm d'épaisseur en tout venant, y compris compactage, réglage et toutes sujétions	Fondation	m ²
3 – OUVRAGES EN SUPERSTRUCTURE			
3-01	BETON DOSE A 350 kg/m ³		m ³
	- Fourniture et mise en œuvre de béton armé dosé à 350kg de CEM I 42.5, coulé entre coffrage, y compris pervibration et toutes sujétions de fournitures et de mise en œuvre.	Poteaux, poutres, planchers, linteaux, escalier, toiture, terrasses	
3-02	ARMATURES DE BETON		m ²
	Façonnage et mise en place des armatures de béton en acier Haute adhérence Fe E 500	Les ouvrages en Béton Armée en 3-01	
3-03	COFFRAGE		m ²
	Coffrage en bois ordinaire, y compris étaieement, buttage et la mise en œuvre.	Idem 3-02	

3-04	MACONNERIE DE BRIQUE		m2
	- Maçonnerie de brique en terre cuite Mise en œuvre de maçonnerie de brique au mortier dosé à 350 Kg de ciment CEM II 32,5, y compris toutes sujétions.	Tous les murs d'épaisseur 22cm sur les plans Tous les murs d'épaisseur 11cm sur les plans	
4 - RAVALEMENT			
4-01	ENDUIT AU MORTIER DE CIMENT		m2
	- Fourniture et mise en œuvre d'enduit au mortier dosé à 400kg de CEM II 32,5, dressé et finement taloché, exécuté en 3 couches de 10 à 15 mm d'épaisseur, y compris toutes sujétions de mise en œuvre	Murs de façade	
4-02	ENDUIT DE PLATRE		m2
	- Fourniture et mise en œuvre d'enduit de plâtre de 15mm d'épaisseur, y compris toutes sujétions	Murs intérieurs et cloisons	
5 – CARRELAGE ET REVETEMENT			
5-01	CARREAUX DE FAIENCE MURALE		m2
	- Fourniture et pose de revêtement en carreaux de faïence 15x15, posés sur mortier dosé à 500kg de CEM I, y compris toutes sujétions	Murs des locaux sanitaires sur une hauteur 1,50 m, les pourtours des éviers de la cuisine	m2
5-02	REVETEMENT EN CARRELAGE		m2

	- Carrelage en grés cérame 1er choix 30 X 30, pose sur chape traditionnelle avec plinthes assorties et toutes sujétions	Chaque étage et escalier	
6 – COUVERTURE - PLAFONNAGE			
6-01	CHAPE DE REDRESSEMENT ETANCHE DOSE A 450 kg/m3		m3
	- Mise en œuvre de chape de redressement étanche y compris toutes sujétions.	Toiture-terrasse	
6-02	ETANCHEITE		m2
	- Mise en œuvre de produits d'étanchéité multicouches, y compris toutes sujétions	Toiture-terrasse	
6-03	PLAFOND DE PLATRE		U
	- Mise en œuvre de plafond de plâtre y compris toutes sujétions	Tous les étages	
7 – PEINTURE			
7-01	BADIGEONNAGE		m2
	- Badigeonnage à la chaux grasse alunée à 2 couches avant la peinture définitive, y compris toutes sujétions	Toutes les surfaces enduites intérieures du bâtiment sauf celles revêtues en carreaux de faïence	
7-02	PEINTURE ACRYLIQUE POUR INTERIEUR		m2
	- Peinture plastique pour intérieur de première qualité, appliquée en 2 couches croisées, y compris travaux préparatoires et toutes sujétions	surfaces enduites intérieures du bâtiment sauf local sanitaire	

7-03	PEINTURE VINYLIQUE POUR EXTERIEUR		m2
	- Peinture plastique pour extérieur, appliquée en 2 couches croisées, y compris travaux de préparation et toutes sujétions	surfaces enduites extérieures du bâtiment	
7-04	PEINTURE A L'HUILE		m2
	- Peinture à l'huile de première qualité, appliquée en 2 couches croisées, y compris travaux préparatoires et toutes sujétions	Murs des locaux sanitaires sauf ceux revêtus en carreaux de faïence	
8 – MENUISERIE			
8-01	CHASSIS FIXE VITRE		U
	3.17 x 2.70 3.28 x 2.70 0.60 x 2.20 0.60 x 0.60Por 1.00 * 2.30	Fenêtre de la façade principale, de la façade latérale droite	
8-02	FENETRE VITREE COULISSANTE EN ALU		U
	- Fourniture et pose de porte vitrée coulissante en alu, y compris cadre, quincaillerie et toutes sujétions 1.60 * 0.40 1.60 * 0.80	Fenêtre de la façade postérieure	
8-03	PORTE ISOPLANE		U

	<ul style="list-style-type: none"> - Porte iso plane en bois à un vantail ouvrant à la française, collées à la presse sur bâti en bois dur traité, y compris baguette, quincaillerie marque VACHETTE <p>0.70 * 2.10 0.80 * 2.10 0.90 * 2.10</p>	Chambres, Sanitaires	
9 – PLOMBERIE SANITAIRE			
9-01	ALIMENTATION EN EAU		Fft
	<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture et pose de canalisation en acier galvanisé de tout diamètre y compris manchons, téés, coudes et toutes sujétions 	Canalisations primaires, secondaires, tertiaires	
9-02	LAVABO EN CERAMIQUE		U
	<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture et pose de lavabo en céramique émaillé blanc de 0,60 x 0,48 m, y compris robinet, vidange à bouchon avec chaînette, siphon et tuyau en PVC, coudes et toutes sujétions 	SDE	
9-03	DOUCHE		U
	<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture et pose de douche en céramique 	Douche	
9-04	WC A L'ANGLAISE		U
	<ul style="list-style-type: none"> - Fourniture et pose de WC à l'anglaise comprenant cuvette en céramique émaillée, à chasse directe, à action siphonique, un abattant double en matière plastique, un réservoir de chasse en céramique de capacité 13 	Toilettes et SDE	

	litres, complet et muni de tous ses accessoires, avec robinet d'arrêt, y compris toutes sujétions		
9-05	DISTRIBUTEUR DE PAPIER HYGIENIQUE		U
	- Fourniture et pose de distributeur de papier hygiénique en céramique, y compris toutes sujétions	WC	
9-06	LAVE-MAINS		U
	- Fourniture et pose de lave-mains	WC	
9-07	BAIGNOIRE		U
	- Fourniture et pose de receveur de baignoire et toutes sujétions	Douche	
9-08	PORTE SERVIETTE		U
	- Fourniture et pose de porte serviette et toutes sujétions	Douches	
10 – ELECTRICITE			
10-01	TABLEAU DE DISTRIBUTION		U
	- Fourniture et pose de tableau général de distribution, y compris toutes sujétions	Tableau compteur	
10-02	TABLEAU SECONDAIRE DE DISTRIBUTION		U
	- Fourniture et pose de tableau secondaire de distribution, y compris disjoncteur, fusibles et toutes sujétions	Distribution de l'électricité à chaque niveau	
10-03	PARATONNERRE		U

	- Fourniture et pose de paratonnerre, y compris mise à la terre et toutes sujétions	Ensemble de la construction	
10-04	CABLAGE ELECTRIQUE		m
	- Câblage d'installation principale et secondaire	Toutes installations électriques	
10-05	POINT LUMINEUX A SIMPLE ALLUMAGE		U
	- Fourniture et pose d'un point lumineux à simple allumage, y compris fil tertiaire, interrupteur à simple allumage et toutes sujétions	Sanitaires	
10-06	POINT LUMINEUX A DOUBLE ALLUMAGE		U
	- Fourniture et pose d'un point lumineux à double allumage, y compris fil tertiaire, interrupteur va-et-vient et toutes sujétions	Parking, circulations intérieures, Hall, chambres, cages d'escalier intérieur	
10-07	PRISE DE COURANT		U
	Fourniture et pose de prise de courant 2P+T y compris branchement et toutes sujétions.	Toutes les chambres	
11- ASSAINISSEMENT			
11-01	TUYAU DE CHUTE POUR EAUX VANNES ET EAUX USEES		ml
	- Fourniture et pose de tuyau de chute en PVC des eaux vannes et des eaux usées, y compris coudes, colliers, accessoires et toutes sujétions	Ensemble des canalisations d'évacuations des eaux usées et eaux vannes de l'appareil jusqu'au premier regard.	
11-02	FOSSE SEPTIQUE		U

	<ul style="list-style-type: none">- Exécutée en BA dosé à 350 kg/m³ avec incorporation d'hydrofuge de type SIKALYTE. Les accessoires intérieurs tels que tuyaux droits d'aération ou tuyaux coudés de distribution et de plongée seront en fibrociment série "assainissement". L'élément épurateur sera constitué par une accumulation des matériaux poreux, mais résistant à l'écrasement et au tassement (Mâchefer). Ces matériaux doivent être propres et rangés de façon que les gros éléments soient placés au fond et les plus petits en surface.- La dalle de fermeture en béton armé dosé à 350 kg et 7 cm d'épaisseur, posé en feuillures, avec anneaux de levage de 10 cm de diamètre scellé au collage	Fosse septique	
--	---	----------------	--

Chapitre XI : Détail quantitatif et estimatif

1. Coefficient de débourses

Le coefficient de majoration K est obtenu par la formule suivante :

$$K = \frac{\left(1 + \frac{A_1}{100}\right) \left(1 + \frac{A_2}{200}\right)}{1 - \left[\frac{A_3}{100} \left(1 + \frac{TVA}{200}\right)\right]}$$

Où :

- A_1 = Frais généraux proportionnels aux débourses avec

$$A_1 = a_1 + a_2 + a_3 + a_4$$

- A_2 = Bénéfice brut et frais financier proportionnel au prix de revient

$$A_2 = a_5 + a_6 + a_7 + a_8$$

- A_3 = Frais proportionnel au TVA $A_3 = a_0$
- $TVA = 20\%$

La signification des « ai » et les valeurs des « Ai » sont données dans le tableau suivant :

Tableau 31: Calcul du coefficient de déboursés

Origines des frais	Décomposition à l'intérieur de chaque catégorie de frais	Indice de composition	A_i
Frais généraux proportionnels aux déboursés	Frais d'agence et patente de l'entreprise	$a_1 = 4$	17,5
	Frais de chantier	$a_2 = 9$	
	Frais d'étude et de laboratoire	$a_3 = 3,5$	
	Assurances	$a_4 = 1$	
Bénéfice brut et frais financiers proportionnels aux prix de revient	Bénéfice net et impôt sur les bénéfices	$a_5 = 16$	20
	Aléas techniques	$a_6 = 1$	
	Aléas de révision des prix	$a_7 = 0$	
	Frais financiers	$a_8 = 3$	
Frais proportionnel au prix règlement avec TVA	Frais de siège	$a_9 = 0$	0
K	1,41		

2. Sous-détail de prix

Un sous-détail de prix est un ensemble de calculs conduisant à la détermination de prix unitaires pour les différentes parties de l'ouvrage afin d'établir le devis estimatif.

L'élaboration des prix unitaires est fonction du rendement de l'Entreprise Titulaire selon les travaux.

Cette évaluation est basée sur l'estimation d'un rendement selon la nature de chaque tâche à réaliser.

Le prix unitaire est obtenu par la relation suivante :

$$PU = K \times \frac{D}{R}$$

D : total des déboursés ;

K : coefficient des déboursés ;

R : Rendement journalier

Nous allons donner quelques résultats de calculs dans le tableau suivant :

Tableau 32: prix unitaire pour Fouille pour 1m³

Composant de prix			Dépense directe			Montant			TOTAL (Ar)
Désignation	Unité	Quantité	Unité	Quantité	PU(Ar)	Matériel	Main d'œuvre	Matériaux	
Matériel Outillage	h	1,67	h	1,67	2000	3340			3340
Main d'œuvre Chef de chantier	h	0,83	h	0,83	4000		3340		7515
Chef d'équipe	h	0,84	h	0,84	3000		2507		
Mancœuvre	h	1,67	h	1,67	1000		1670		
Total D déboursés									10855
PU									15197

Tableau 33: prix unitaire de Béton dosé 200kg/m³ pour 1m³

Composant de prix			Dépense directe			Montant			TOTAL (Ar)
Désignation	Unité	Quantité	Unité	Quantité	PU(Ar)	Matériel	Main d'œuvre	Matériaux	
Matériel									
Outillage	h	3,9	h	3,9	2000	7800			44850
Bétonnière	h	1,95	h	1,95	13000	29250			
Pervibrateur	h	1,95	h	1,95	4000	7800			
Main d'œuvre									
Chef de chantier	h	0,95	h	0,95	4000		3800		26950
Chef d'équipe	h	1,95	h	1,95	3000		5850		
Maçon	h	3,8	h	3,9	2000		7800		
Mancœuvre	h	9,5	h	9,5	1000		950		
Matériel									
Ciment	Kg	200	Kg	200	560			112000	152340
Gravillon	m ³	0,8	m ³	0,8	60000			48000	
Sable	m ³	0,4	m ³	0,4	30000			12000	
eau	m ³	0,17	m ³	0,17	2000			340	
Total D déboursés									222140
PU									3141790

Tableau 34: Prix unitaire de Béton dosé 350kg/m³ pour 1m³

Composant de prix			Dépense directe			Montant			TOTAL (Ar)
Désignation	Unité	Quantité	Unité	Quantité	PU(Ar)	Matériau	Main d'œuvre	Matériaux	
Matériel									
Outillage	h	5	h	5	2000	10000			57500
Bétonnière	h	2,5	h	2,5	15000	37500			
Pervibrateur	h	2,5	h	2,5	4000	10000			
Main d'œuvre									
Chef de chantier	h	2,5	h	2,5	4000		10000		43500
Chef d'équipe	h	2,5	h	2,5	3000		7500		
Maçon	h	5	h	5	2000		10000		
Mancœuvre	h	16	h	16	1000		16000		
Matériel									
Ciment	Kg	350	Kg	200	350			196000	256340
Gravillon	m ³	0,8	m ³	0,8	0,8			48000	
Sable	m ³	0,4	m ³	0,4	0,4			12000	
eau	m ³	0,17	m ³	0,17	0,17			340	
Total D déboursés									357340
PU									500276

Tableau 35: Prix unitaire de Maçonnerie de moellon pour 1m³

Composant de prix			Dépense directe			Montant			TOTAL (Ar)
Désignation	Unité	Quantité	Unité	Quantité	PU(Ar)	Matériau	Main d'œuvre	Matériaux	
Matériel Outillage	h	6,9	h	6,9	2000	13800			13800
Main d'œuvre Chef de chantier	h	1	h	1	4000		40000		35050
Chef d'équipe	h	3,45	h	3,45	3000		10350		
Maçon	h	6,9	h	6,9	2000		13800		
Manœuvre	h	6,9	h	6,9	1000		6900		
Matériel Ciment	Kg	90	Kg	90	560			50400	134520
Moellon	U	125	U	125	600			75000	
Sable	m ³	0,2	m ³	0,2	30000			9000	
eau	m ³	0,06	m ³	0,06	2000			120	
Total D déboursés									183370
PU									256718

Tableau 36: Prix unitaire de Maçonnerie de brique pour 1m3

Composant de prix			Dépense directe			Montant			TOTAL (Ar)
Désignation	Unité	Quantité	Unité	Quantité	PU(Ar)	Matériau	Main d'œuvre	Matériaux	
Matériel Outillage	h	6,9	h	6,9	2000	13800			13800
Main d'œuvre Chef de chantier	h	1	h	1	4000		40000		35050
Chef d'équipe	h	3,45	h	3,45	3000		10350		
Maçon	h	6,9	h	6,9	2000		13800		
Manœuvre	h	6,9	h	6,9	1000		6900		
Matériel Ciment	Kg	180	Kg	180	560			100800	169040
Brique	U	500	U	500	100			50000	
Sable	m ³	0,6	m ³	0,6	30000			18000	
eau	m ³	0,12	m ³	0,12	2000			240	
Total D déboursés									217890
PU									305046

Tableau 37: Prix unitaire de Ferrailage pour 1kg d'acier

Composant de prix			Dépense directe			Montant			TOTAL (Ar)
Désignation	Unité	Quantité	Unité	Quantité	PU(Ar)	Matériau	Main d'œuvre	Matériaux	
Matériel Outillage	h	0,1	h	0,1	200	20			20
Main d'œuvre Chef de chantier	h	0,05	h	0,05	4000		200		620
Chef d'équipe	h	0,05	h	0,05	3000		150		
Ferrailleur	h	0,1	h	0,1	2000		200		
Manœuvre	h	0,07	h	0,07	1000		70		
Matériel Acier	Kg	1	Kg	1	5200			5200	5250
Fil recuit	Kg	0,01	Kg	0,01	5000			50	
Total déboursés									6070
PU									8498

Tableau 38: Prix unitaire de Coffrage pour 1m2 de bois de coffrage

Composant de prix			Dépense directe			Montant			TOTAL (Ar)
Désignation	Unité	Quantité	Unité	Quantité	PU(Ar)	Matériau	Main d'œuvre	Matériaux	
Matériel Outils	h	1,44	h	1,44	2000	2880			2880
Main d'œuvre Chef de chantier	h	0,72	h	0,72	4000		2880		8640
Chef d'équipe	h	0,72	h	0,72	3000		2160		
Coffreur	h	1,44	h	1,44	2000		2880		
Manœuvre	h	0,72	h	0,72	1000		720		
Matériel Plancher L = 4m ; l= 15 cm	U	1	U	1	6500			6500	12600
Bois carrée 4 *4 cm et L = 4 m	U	0,2	U	0,2	8000			1600	
Bois rond L = 4 m et diamètre = 10 cm	U	0,5	U	0,5	7000			3500	
Pointe	Kg	0,2	Kg	0,2	5000			1000	
Total déboursés	D								24120
PU									33768

Tableau 39: Prix unitaire de Enduit dosé 300kg/m3 pour 1m3

Composant de prix			Dépense directe			Montant			TOTAL (Ar)
Désignation	Unité	Quantité	Unité	Quantité	PU(Ar)	Matériau	Main d'œuvre	Matériaux	
Matériel Outillage	h	78,4	h	78,4	2000	156880			156800
Main d'œuvre Chef de chantier	h	20	h	20	4000		80000		413200
Chef d'équipe	h	39,2	h	39,2	3000		58800		
Maçon	h	58,8	h	58,8	2000		117600		
Manœuvre	h	78,4	h	78,4	1000		80000		
Matériel Ciment	Kg	300	Kg	300	560			168000	198400
Sable	m ³	1	m ³	1	30000			30000	
eau	m ³	0,2	m ³	0,2	2000			400	
Total D déboursés									768400
PU									1075760

3. Détail quantitatif et estimatif

Le détail quantitatif et estimatif du projet est présenté dans le tableau ci-après :

Tableau 40: Détail quantitatif et estimatif

REF	DESIGNATION DES TRAVAUX	U	Quant	PU (Ar)	Montant (Ar)
0 - INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER					
0-01	Installation de chantier	fft	1	95 396 749	95 396 749
0-02	Repli de chantier	fft	1	45 238 049	45 238 049
Total INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER					140 634 798
1 - TERRASSEMENT					
1-01	PREPARATION DU TERRAIN	m2	565,69	1 522,72	861387,48
1-02	FOUILLE EN RIGOLE OU EN TRANCHEE	m3	288,184	151987	43800221,6
Total TERRASSEMENT					44661609,1
2 - OUVRAGE EN INFRASTRUCTURE					
2-01	Béton de propreté dosé à 200 kg/m3	m3	48,035	341796	16418170,86
2-02	Béton dosé a 350 kg/m	m3	77,795	500276	38919204,8
2-03	Armatures de béton	kg	7001,55	8498	59499171,9
2-04	Coffrage	m2	70,015	33768	2364266,52
2-05	Dallage	m3	60,24	155820	9386596,8
2-06	Maçonnerie de moellon	m3	65,88	256718	16912581,8
Total OUVRAGE EN INFRASTRUCTURE					143499992,7
3 - OUVRAGE EN SUPERSRUCTURE					
3-01	Béton dosé a 350 kg/m3	m3	267,26	500276	133703763,8
3-02	Armatures de béton	kg	24053,4	8498	204405793,2
3-03	Coffrage	m2	240,534	33768	8122352,112
3-04	Maçonnerie de brique	m3	312,12	305046	95210957,52
Total OUVRAGE EN SUPERSTRUCUTRE					441442866,6
4 - RAVALEMENT					
4-01	Enduit au mortier de ciment dosé à 300kg/m3	m3	182,69	1075760	196530594,4
4-02	Enduit de plâtre	m3	52,44	7 4550	3909402
Total RAVALEMENT					200439996,4
5 - CARRELAGE ET REVETEMENT					

5-01	Carreaux de faïence murale	m2	264,98	50 000	13 248 750
5-02	Revêtement en carrelage	m2	1848	60 000	110880000
Total CARRELAGE ET REVETEMENT					124128750
6 - COUVERTURE - PLAFONNAGE					
6-01	Chape de redressement étanche dosé à 450 kg/m3	m3	2,31	4326560	9994353,6
6-02	Etanchéité	m3	9,24	1090560	10076774,4
6-03	Plafond de plâtre	m3	35,96	2149210	77285591,6
Total COUVERTURE - PLAFONNAGE					97356719,6
7 - PEINTURE					
7-01	Badigeonnage	m2	1091,78	1 400,00	1 528 490,39
7-02	Peinture acrylique pour intérieur	m2	1091,78	7 200	7 860 807,72
7-03	Peinture vinylique pour extérieur	m2	637,37	8 267	5 269 118,28
7-04	Peinture à l'huile	m2	238,48	11 539	2 751 791,87
Total PEINTURE					17 410 208,27
8 - MENUISERIE					
8-01	Fenêtre vitrée 0,5*0,8	U	12	70034,45	840413,4
	Fenêtre vitrée 1,1*1,2	U	44	261 695,72	11514611,68
8-02	Porte 1,2*2,4	U	16	291 800	4668800
	Porte 0,9*2,4	U	13	261 695,72	3402044,36
Total MENUISERIE					19585456,04
9- PLOMBERIE SANITAIRE					
9-01	Alimentation en eau	U	1	10 000 000	10 000 000
9-02	Lavabo en céramique	U	8	200 136	1601088
9-03	Douce	U	4	40 883	163532
9-04	WC à l'anglaise	U	16	361 336	5781376
9-05	Distributeur de papier hygiénique	U	16	24 602,50	393640
9-06	Lave-mains	U	4	55 355,63	221422,52
9-07	baignoire	U	8	464 893	3719144
9-08	Porte serviette	U	8	28 483	227864
Total PLOMBERIE SANITAIRE					22108066,52
10 - ELECTRICITE					

10-01	Tableau de distribution	U	1	1 733 028,49	1 733 028,49
10-02	Tableau secondaire de distribution	U	4	346 605,70	1386422,8
10-03	Paratonnerre	U	1	4 159 268,38	4 159 268,38
10-04	Câblage électrique	fft	1	5 000 000	5 000 000
10-05	Point lumineux à simple allumage	U	40	41 466	1658640
10-06	Point lumineux à double allumage	U	32	73 011	2336352
10-07	Prise de courant	U	80	58 454	4676320
Total ELECTRICITE					20950031,67
11 - ASSAINISSEMENT					
11-01	Tuyaux de chute pour eaux vannes et eaux usées	ml	460,30	8 872	4083743,67
11-02	Fosse septique	U	1	4 000 000	4000000
Total ASSAINISSEMENT					8083743,67

Tableau 41: Récapitulation du devis estimatif

N° Prix	Désignation	Unité (Ar)
0	INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER	140 634 798
1	TERRASSEMENT	44661609,1
2	OUVRAGE EN INFRASTRUCTURE	143499992,7
3	OUVRAGE EN SUPERSTRUCUTRE	441442866,6
4	RAVALEMENT	200439996,4
5	CARRELAGE ET REVETEMENT	124128750
6	COUVERTURE - PLAFONNAGE	97356719,6
7	PEINTURE	17 410 208,27
8	MENUISERIE	19585456,04
9	PLOMBERIE SANITAIRE	22108066,52
10	ELECTRICITE	20950031,67
11	ASSAINISSEMENT	8083743,67
Total HT		1280302239
TVA 20 %		256060447,8
TOTAL TTC		1536362687

Arrêté le montant total estimé du projet à la somme un milliard cinq cent trente-six millions trois cent soixante-deux mille six cent sept Ariary (1536362687 Ar), y compris la taxe sur la valeur ajoutée au taux de vingt pour cent (20 %) d'un montant de deux cents cinquante-six millions six cents quatre mille quatre cent quarante-sept Ariary (156060447,8Ariary).

Soit le montant du coût au mètre carré bâti à la somme de trois millions trois cent vingt-cinq mille quatre cent soixante Ariary (Ar 3325460,36).

Chapitre XII : Etude de planification

1. Méthode PERT

1.1. Historique

La méthode « PERT » (Program Evaluation and Research Task ou Program Evaluation and Review Technic) a été mise au point lorsque les Etats-Unis ont entrepris de créer leur force d'attaque nucléaire (sous-marins et fusée Polaris). Il fallait aller vite pour rattraper le retard pris sur l'URSS. Ce projet était soumis à de nombreux problèmes techniques (délai fixé, coordination de 250 fournisseurs et 9000 sous-traitants.)

Pour obtenir l'efficacité maximale des efforts de chacun pour l'agencement du projet, il fallait disposer d'une méthode systématique de planification, de contrôle, et de correction. La création de la méthode PERT fut décidée dans ce but, et son utilisation ramena la durée du projet de six ans à deux ans et demi.

La méthode PERT permet d'évaluer la durée de réalisation d'un projet complexe et de détecter les parties de ce projet ne supportant aucun retard. Elle résout des problèmes appelés problèmes d'ordonnement.

Le projet sera subdivisé en tâches. En général, elles ne pourront toutes être réalisées simultanément, certaines tâches devront être achevées avant que d'autres ne puissent débuter.

1.2. Principe de la méthode :

Réduire la durée totale d'un projet par une analyse détaillée des tâches ou activités élémentaires et de leur enchaînement. On étudie les délais sans prendre en compte les charges.

1.3. Détermination du nombre de jour et le nombre d'effectif

Tableau 42: Détermination du nombre de jour, de semaine et le nombre d'effectif, source auteur

Désignation	CEC		CE		Maçon		Manœuvre		Ferrailleur		Coffreur		Plombier		Electricien		Ouvrière spécialisé		TOTAL		
	NJ	NB	NJ	NB	NJ	NB	NJ	NB	NJ	NB	NJ	NB	NJ	NB	NJ	NB	NJ	NB	NJ	NS	NB
Installation							5	7											5	0,83	7
Approvisionnement							6	8											6	1	8
Terrassement							2	6											2	0,33	2
Infrastructure	21	5	21	21	21	6	21	22	21	32	21	1							21	3,5	87
Superstructure	59	5	59	24	59	6	59	18	59	40	59	1							59	9,83	94
Ravalement	58	10	58	20	58	40	58	20											58	9,66	90
Carrelage et revêtement	54	5	54	17			54	34									54	34	54	9	90
Couverture et plafonnage	3	2	3	7			3	14									3	14	3	0,5	37
Peinture																	13	6	13	2,7	6
Menuiserie																	9	10	9	1,5	10
Plomberie sanitaire													20	10					20	3,33	10
Electricité															15	10			15	2,5	10
Assainissement																	17	9	17	2,83	9
Replie de chantier							5	6											5	0,83	6
TOTAL																			287	47,83	466

2. Relation d'antériorité

Tableau 43: Relation d'antériorité, source auteur

TACHES	DUREE (JOURS)	DUREE (SEMAINE)	TACHES ANTERIEURES	EFFECTIF
A	5	0,83	-	7
B	6	1	-	8
C	2	0,33	A	2
D	21	3,5	A-B-C	87
E	59	9,83	D	94
F	58	9,66	E	90
G	54	9	F	90
H	3	0,5	G	37
I	13	2,7	H	6
J	9	1,5	E	10
K	20	3,33	J	10
L	15	2,5	I	10
M	17	2,83	L-K	9
N	5	0,83	M	6

3. Réseau PERT

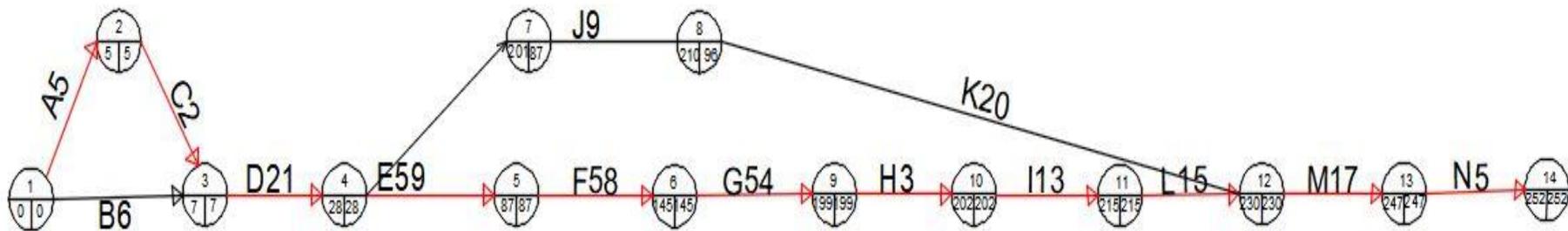


Figure 31: Organigramme de réseau PERT, source auteur

CONCLUSION

L'étude d'un projet de construction est un travail minutieux et précis qui implique plusieurs phases essentielles de la réalisation des bâtiments. Ce mémoire de fin d'études nous a permis de passer en revue ces différentes phases et d'approfondir nos connaissances dans ce domaine.

Dans un premier temps, la conception et l'étude architecturale nous ont permis de mettre en évidence les différents aspects qui caractérisent un bâtiment. Nous avons ensuite abordé l'étude technique, qui traite du dimensionnement des différents éléments de l'ouvrage. Cela inclut le calcul de l'infrastructure et de la superstructure, des étapes cruciales pour assurer la stabilité et la solidité de l'ensemble.

Enfin, dans la dernière partie de notre travail, nous avons élaboré les devis descriptifs et estimatifs pour obtenir un prix sommaire de notre projet de construction. Cela nous a permis de prendre en compte les coûts associés à chaque aspect du projet.

L'étude de ce projet nous a permis de consolider nos connaissances acquises à l'institut d'Enseignement supérieur d'Antsirabe-Vakianakaratra en matière de construction de bâtiments. Nous avons pris conscience que la conception et l'étude approfondie sont cruciales pour éviter des erreurs potentiellement dangereuses. En effet, une mauvaise conception ou une étude insuffisante pourraient entraîner des conséquences graves, tant sur le plan humain que matériel.

L'expérience pratique dans la mise en œuvre est également primordiale et complète nos connaissances théoriques. Les deux aspects sont indissociables pour mener à bien un projet de construction.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] RENAUD H, Dessin Technique et lecture de plan de Bâtiment et Béton Armé,
Edition Foucher 1996
- [2] RENAUD H, Guide de calcul en Béton Armé, Edition Foucher 1994
- [3] Ernst NEUFERT, LES ELEMENTS DES PROJETS DE CONSTRUCTION, *7è Edition*
- [4] RPA22, Règle de parasismique Algérien 22
- [5] Mr Youssef LIMAMI Cours Béton arme en ligne
- [6] Règles NV 65 et annexes, Eyrolles, 1990
- [7] Commune urbaine Antsirabe
- [8] Immobilier Antsenakely Antsirabe
- [9] fascicule pour constructions paracycloniques

WEBOGRAPHIE

[1] http://WWW.Google_earht.com

[2] <http://WWW.Topelivre.com>

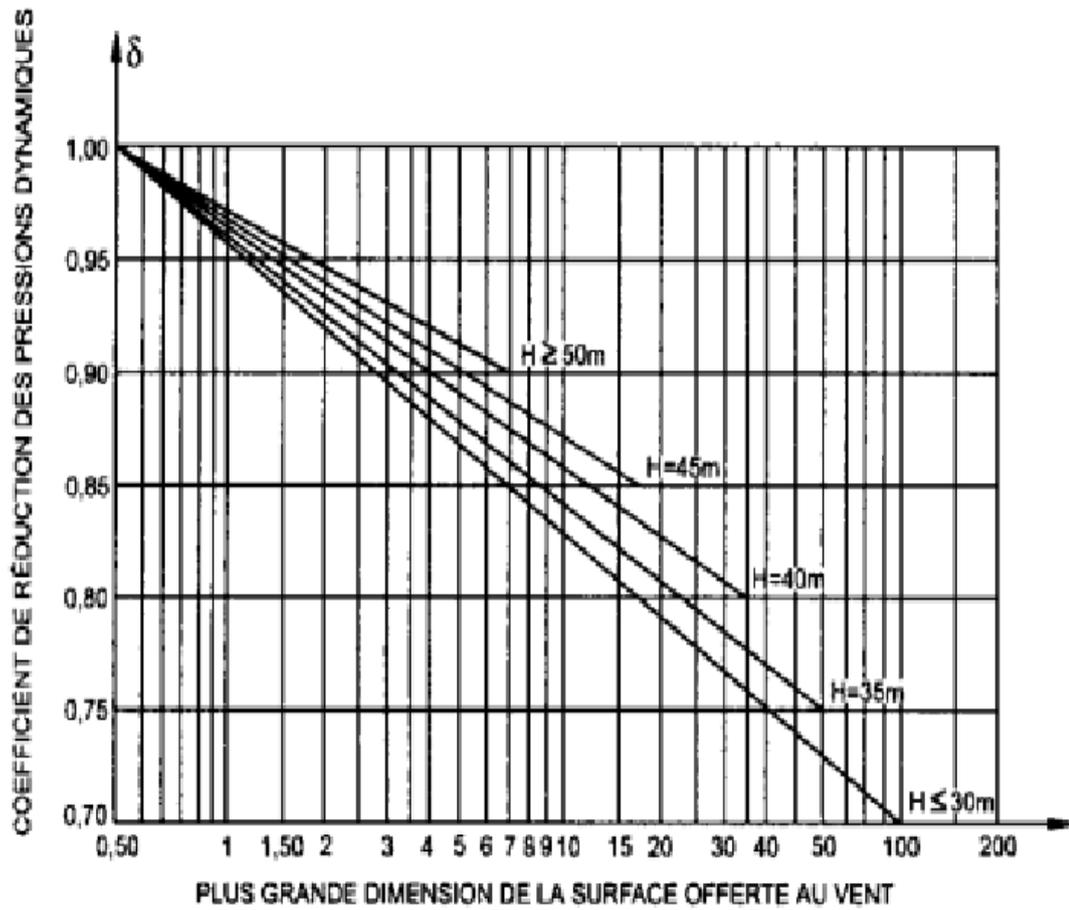
[3] <http://WWW.4geniecivil.com>

[4] <http://WWW.Wikipedia.com>

[5] <http://WWW.MonographieMada.com>

ANNEXE

Annexe1 : EFFET DU VENT



Annexe2 : DESCENTE DE CHARGE

Descente de charge sur P2

Niveau x	désignatio n	G						Q			
		L (m)	l (m)	H (m)	S ou V	P U (KN)	Total	L (m)	L (m)	PU (KN)	Total
N1	Chape	4,75	5,22	0,03	0,75	0,2	0,15				
	Toiture terrasse	4,75	5,22	0,15	3,72	25	92,98				
	Plafond de plâtre	4,75	4,78		22,71	0,09	2,1				
	Poutre	9,32	0,22	0,35	0,72	25	17,94				
	Poteaux	0,4	0,22	3,22	0,28	25	7,1				
	Linteaux	2,4	0,11	0,2	0,05	25	1,32				
	Mure	11,13	0,22	2,85	5,59	18	100,5				
	Enduit	11,13	3,2	0,03	1,1	22	24				
	Terrasse accessible							4,75	5,22	1,5	37,2
	Climat							4,75	5,22	1	24,8
	Entretien							4,75	5,22	1	24,8
	TOTAL						226,1				86,8
	N2	Carreau +pose	4,75	4,78		11,13	0,9	20,44			
Dalle		4,75	5,22	0,15	3,72	25	92,98				
Plafond de plâtre		4,75	4,78 4		22,71	0,09	2,1				
Poutre		9,32	0,22	0,35	0,72	25	17,94				
Poteaux		0,4	0,22	3,22	0,28	25	7,1				
Linteaux		2,4	0,22	0,2	0,05	25	1,32				
Mure		11,13	0,22	2,85	5,59	18	100,5				
Enduit		11,13	3,2	0,03	1,1	22	24				
Chambre								4,75	2	1,5	14,25
Salle à mangé								2,61	2,5	1,5	9,79
Couloire								2,5	2,48	2,5	15,5
TOTAL							246,4				39,54
N3	Carreau +pose	4,75	4,78		11,13	0,9	20,44				
	Dalle	4,75	5,22	0,15	3,72	25	92,98				

	Plafond de plâtre	4,75	4,78		22,71	0,09	2,1				
	Poutre	9,32	0,22	0,35	0,72	25	17,94				
	Poteaux	0,4	0,22	3,22	0,28	25	7,1				
	Linteaux	2,4	0,22	0,2	0,05	25	1,32				
	Mure	11,13	0,22	2,85	5,59	18	100,5				
	Enduit	11,13	3,2	0,03	1,1	22	24				
	Chambre							4,75	2	1,5	14,25
	Salle à mangé							2,61	2,5	1,5	9,79
	Couloire							2,5	2,48	2,5	15,5
	TOTAL						246,4				39,54
N4	Carreau +pose	4,75	4,78		11,13	0,9	20,44				
	Dalle	4,75	5,22	0,15	3,72	25	92,98				
	Plafond de plâtre	4,75	4,78		22,71	0,09	2,1				
	Poutre	9,32	0,22	0,35	0,72	25	17,94				
	Poteaux	0,4	0,22	4,4	0,39	25	9,68				
	TOTAL						143,2				

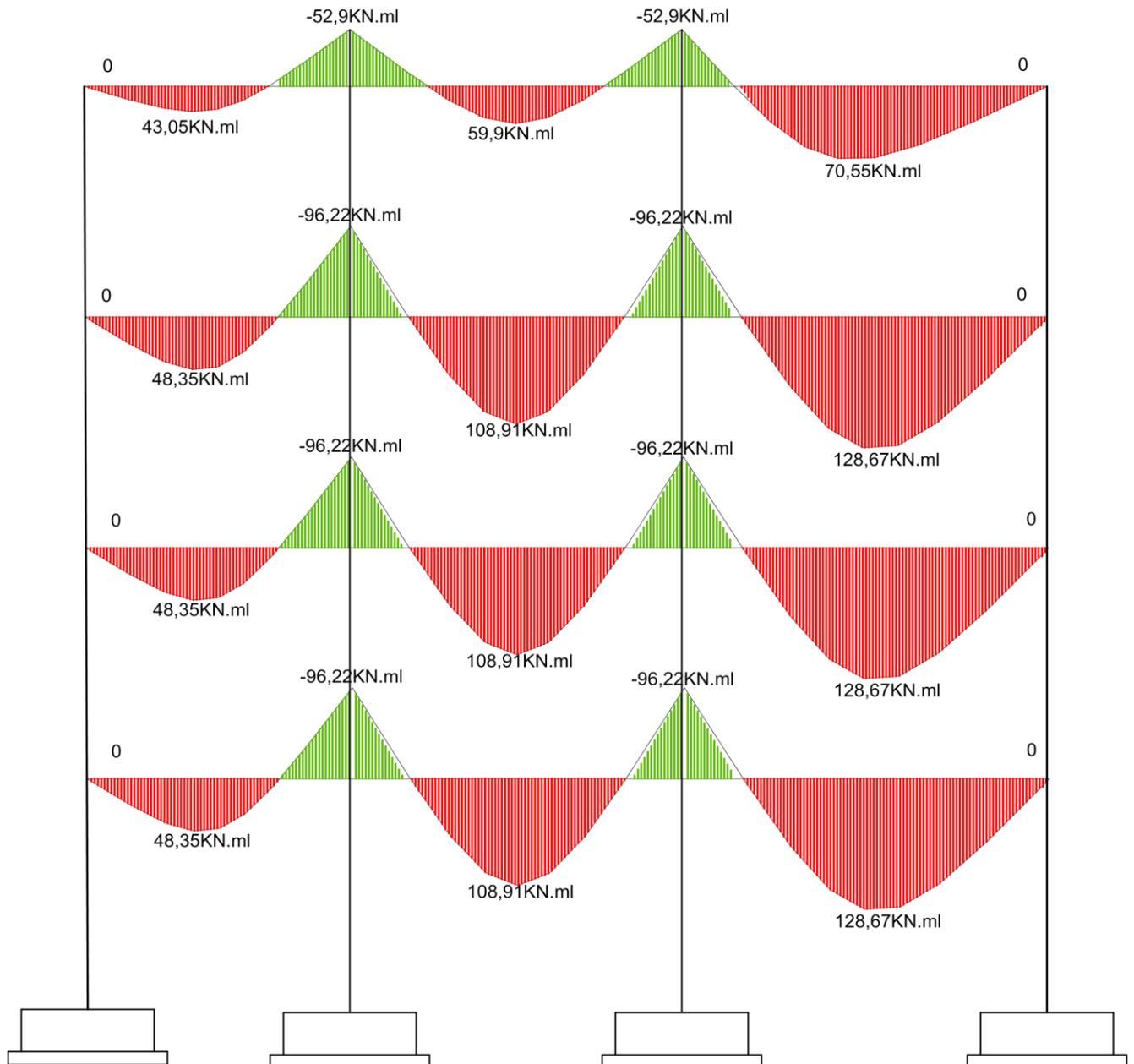
Descente de charge sur P4

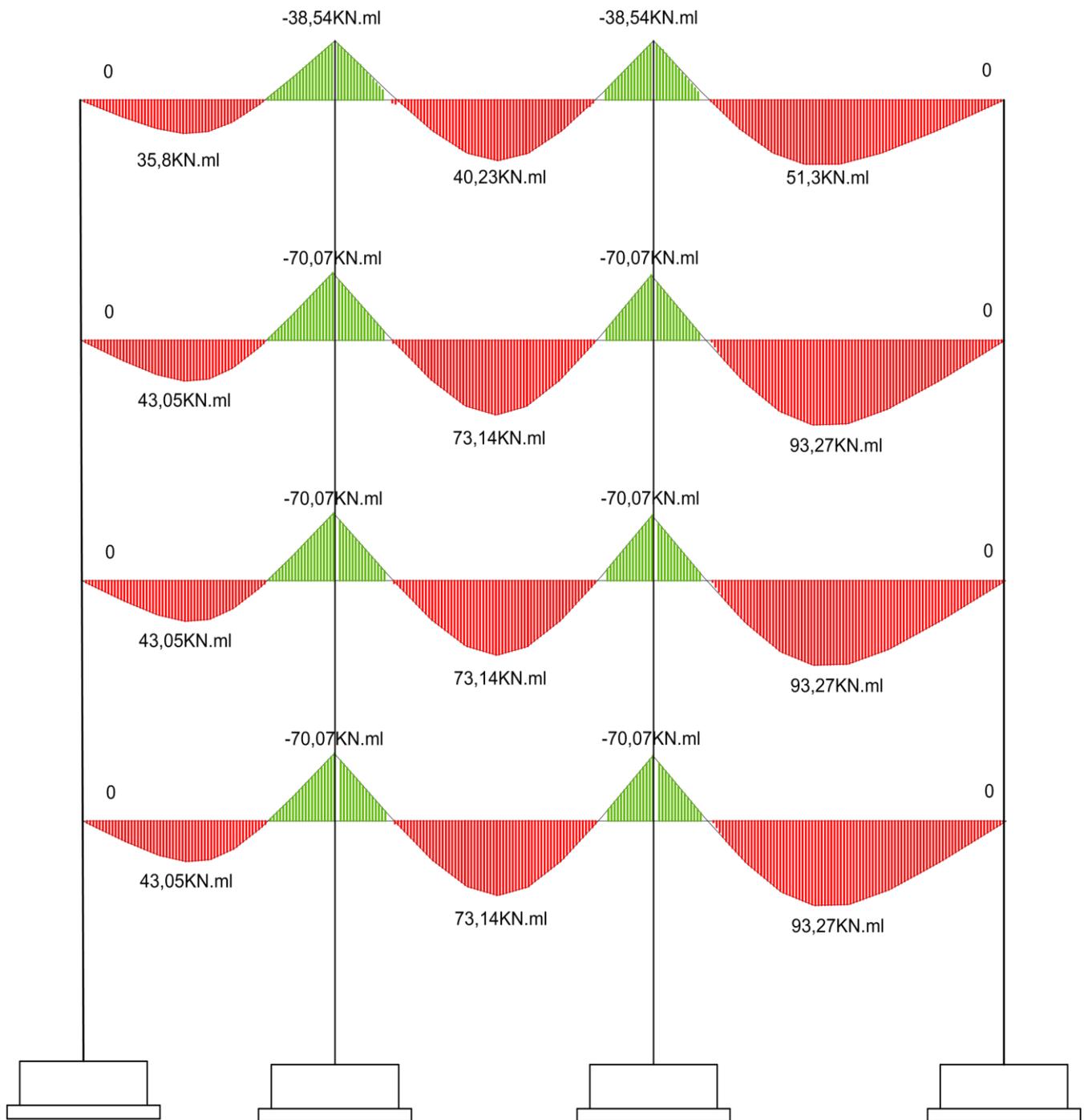
Niveau x	désignation	G						Q			
		L(m)	l(m)	h(m)	S ou V	P U (KN)	Total	L(m)	l(m)	PU (KN)	Total
N1	Chape	5,22	2,72	0,03	0,43	22	9,37				
	Dalle	5,22	2,72	0,15	2,13	25	53,25				
	Plafond de plâtre	5	2		10	0,09	0,9				
	Poutre	7,5	0,22	0,35	0,58	25	14,44				
	Poteaux	0,22	0,22	3,22	0,156	25	3,9				
	Linteaux	1,4	0,22	0,2	0,06	25	1,5				
	Mure	7,1	0,22	2,85	4,45	18	80,13				
	Enduit	7,1	3,2	0,03	0,7	22	15				
	Terrasse accessible							5,22	2,72	1,5	21,53
	Climat							5,22	2,72	1	14,2
	Entretien							5,22	2,72	1	14,2
	TOTAL							178,5			49,93

N2	Carreau +pose	5	2,5		12,5	0,9	11,25				
	Dalle	5,22	2,72	0,15	2,13	25	53,25				
	Plafond de plâtre	5	2,5		12,5	0,09	1,13				
	Poutre	7,5	0,22	0,35	0,58	25	14,44				
	Poteaux	0,22	0,22	3,22	0,156	25	3,9				
	Linteaux	1,4	0,22	0,2	0,06	25	1,5				
	Mure	7	0,22	2,85	4,39	18	79				
	Enduit	7	3,2	0,03	0,67	22	14,78				
	Salon							2,5	0,75	1,5	2,82
	Couloire							2,5	1,75	2,5	10,94
	Chambre							2,5	2,5	1,5	9,38
	TOTAL						179,25				23,14
	N3	Carreau +pose	5	2,5		12,5	0,9	11,25			
Dalle		5,22	2,72	0,15	2,13	25	53,25				
Plafond de plâtre		5	2,5		12,5	0,09	1,13				
Poutre		7,5	0,22	0,35	0,58	25	14,44				
Poteaux		0,22	0,22	3,22	0,156	25	3,9				
Linteaux		1,4	0,22	0,2	0,06	25	1,5				
Mure		7	0,22	2,85	4,39	18	79				
Enduit		7	3,2	0,03	0,67	22	14,78				
Salon								2,5	0,75	1,5	2,82
Couloire								2,5	1,75	2,5	10,94
Chambre								2,5	2,5	1,5	9,38
TOTAL							179,25				23,14
N4		Carreau +pose	5	2,5		12,5	0,9	11,25			
	Dalle	5,22	2,72	0,15	2,13	25	53,25				
	Plafond de plâtre	5	2,5		12,5	0,09	1,13				
	Poutre	7,5	0,22	0,35	0,58	25	14,44				
	Poteaux	0,22	0,22	4,4	0,22	25	5,33				
	TOTAL						85,4				

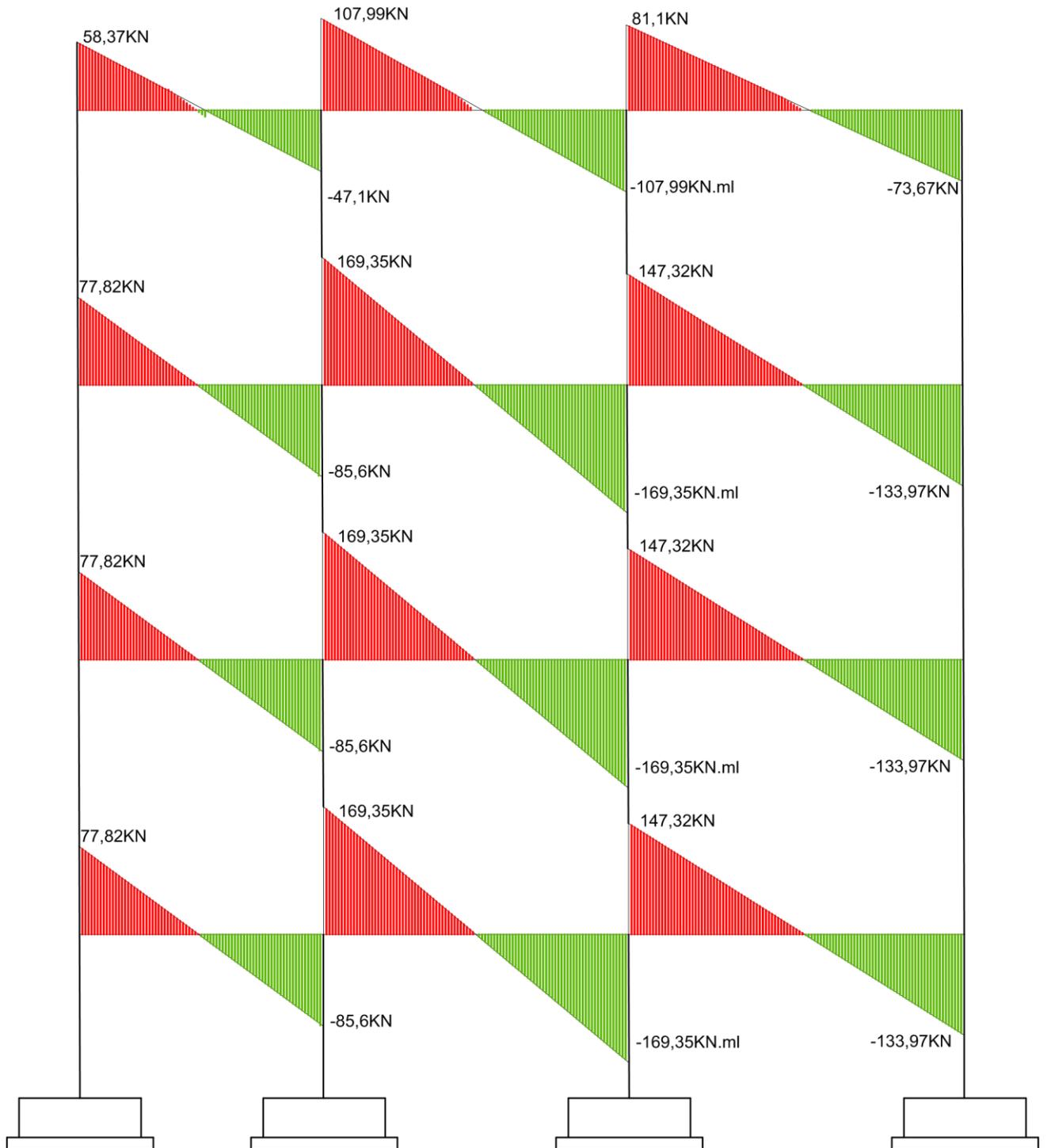
Annexe3 : Courbes enveloppé

Courbe enveloppe des moments fléchissant des poutres continue à l'ELU : kN

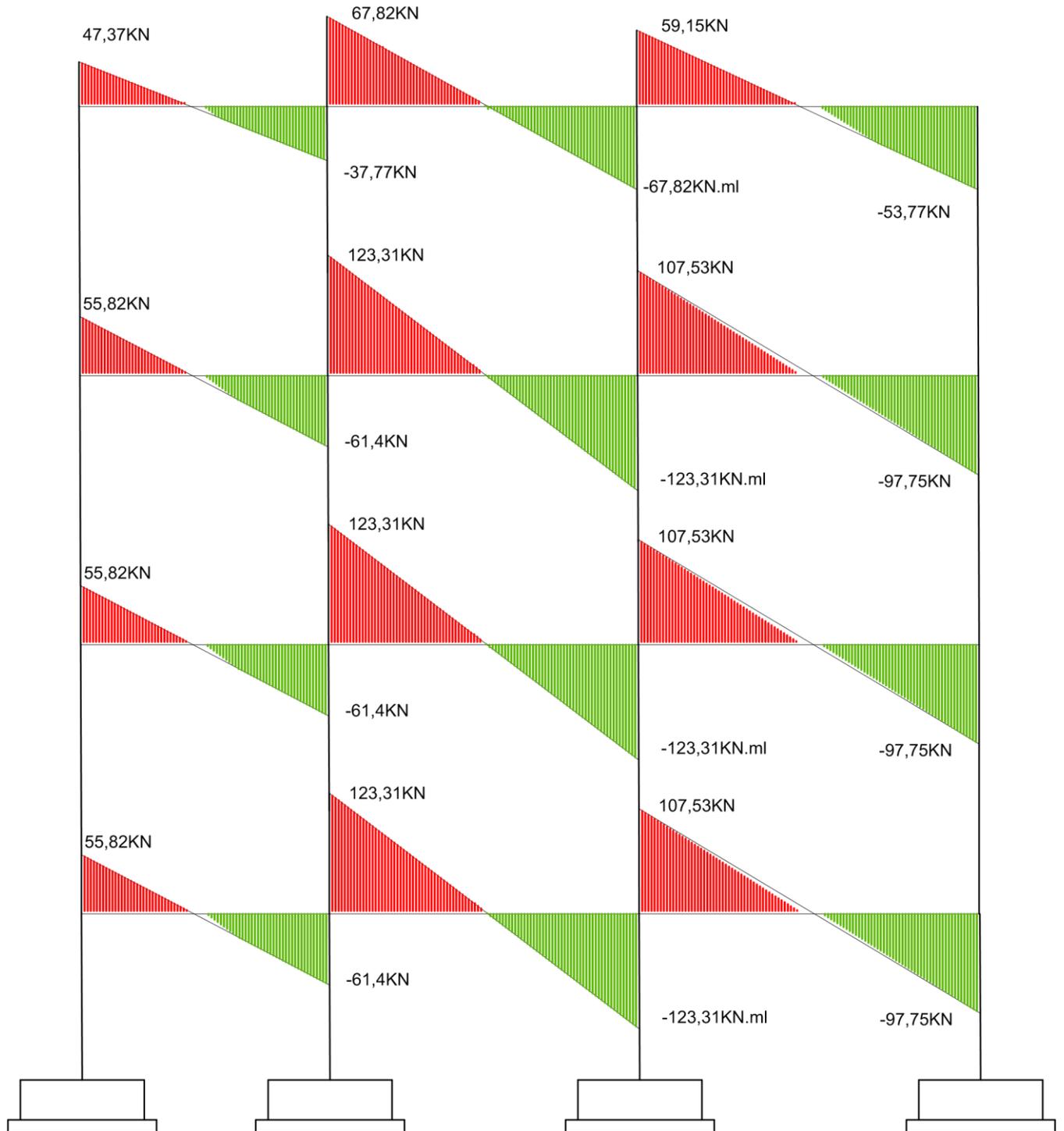




Courbe enveloppe des moments fléchissant des poutres continue à l'ELS : kN

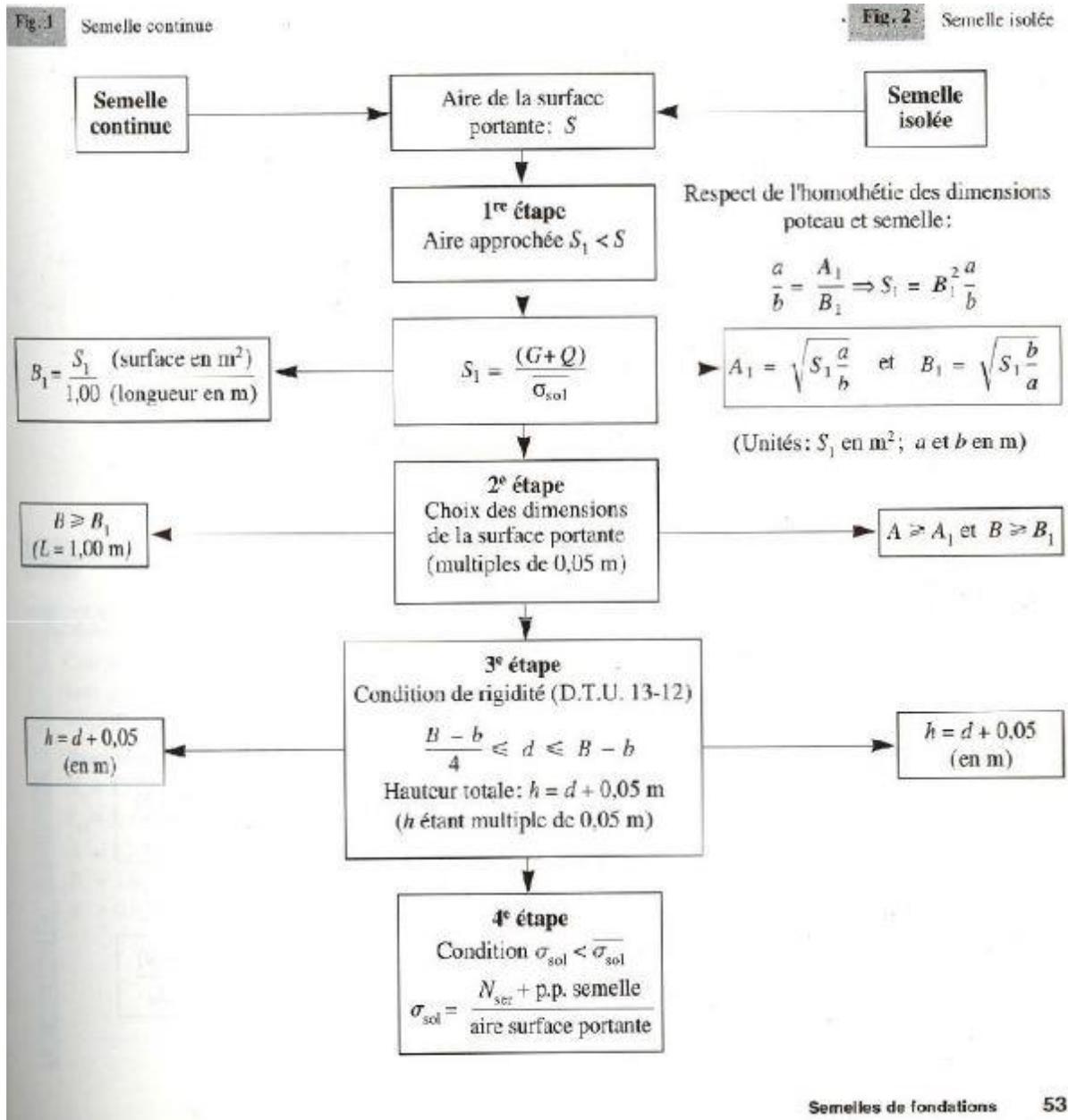


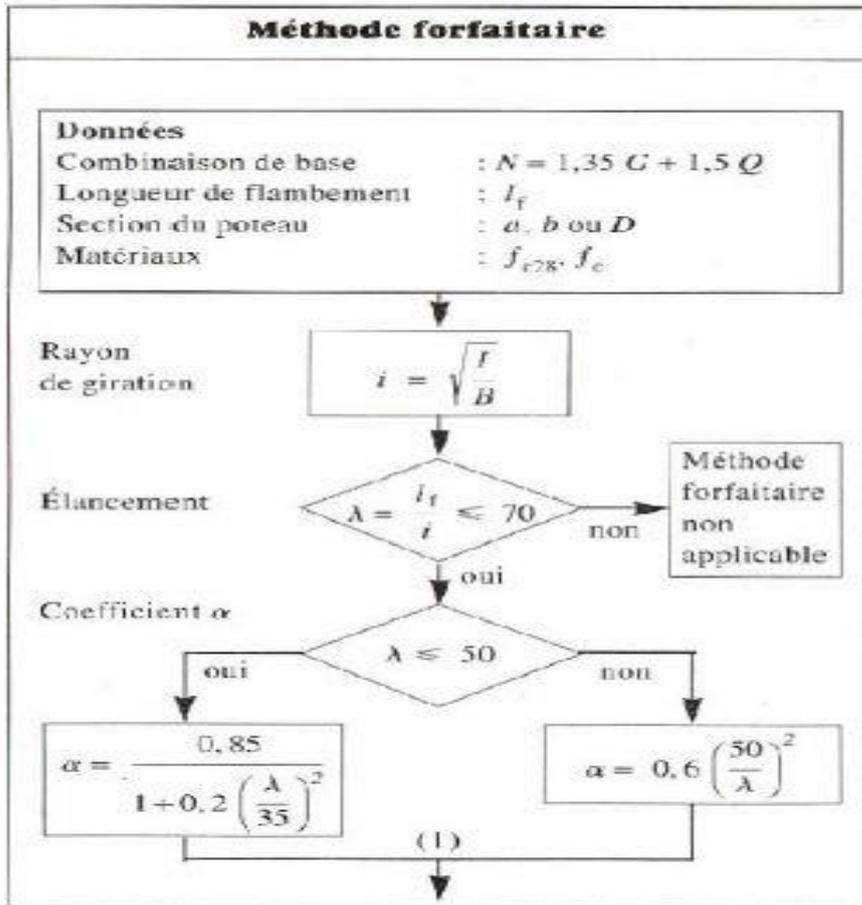
Courbe enveloppe des efforts tranchants des poutres continue à l'ELU : kN



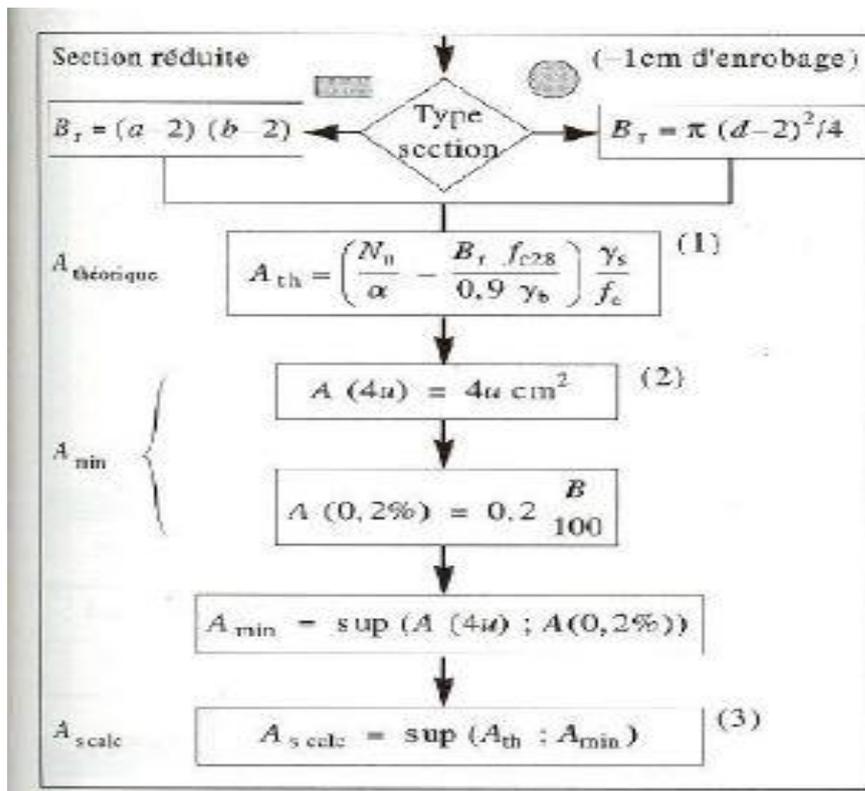
Annexe4 : DIMENSIONNEMENT DE LA SUPERSTRUCTURE

Organigramme de calcul en béton armé





(1) Si $N_d/2$ appliqué avant 90 j : diviser α par 1,10
 28 j : diviser α par 1,20, remplacer



Méthode des bielles comprimées

Semelle continue sous mur

- Nappe inférieure // B (p.m.)

$$A_x = \frac{N_u (B - b)}{8 d f_{su}}$$

- Nappe supérieure $\perp B$
(aciers de répartition placés dans le sens longitudinal)

$$A_y = A_x / 4$$

Semelle isolée sous poteau

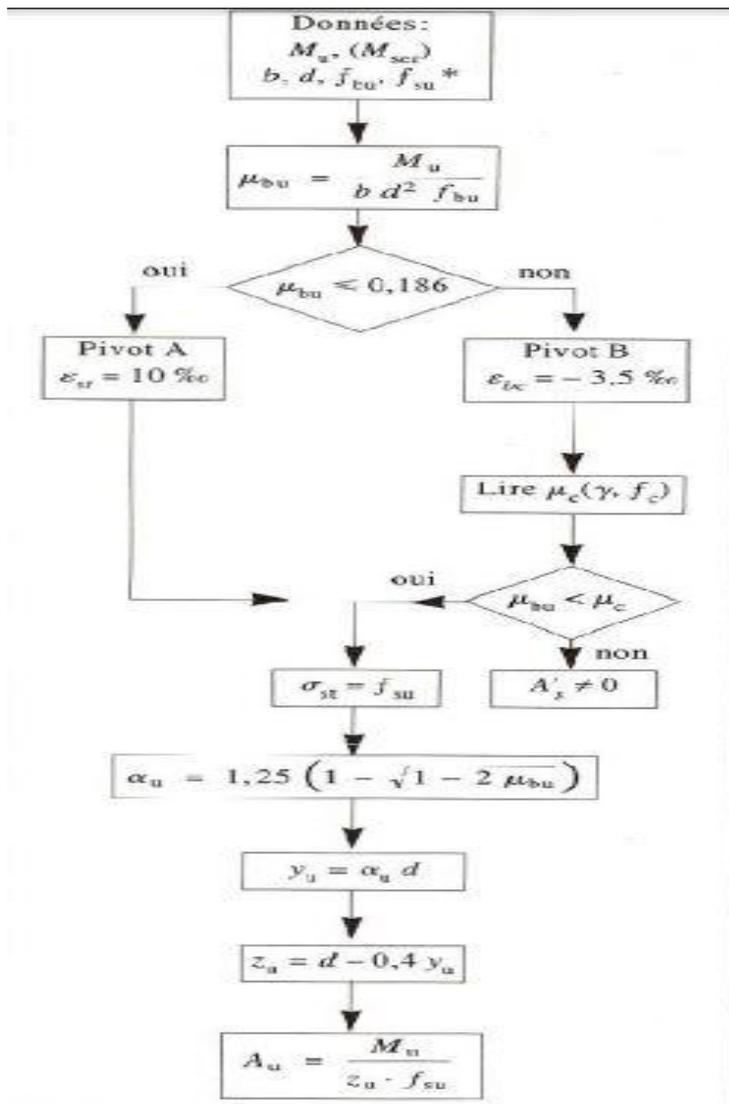
- Nappe inférieure // B

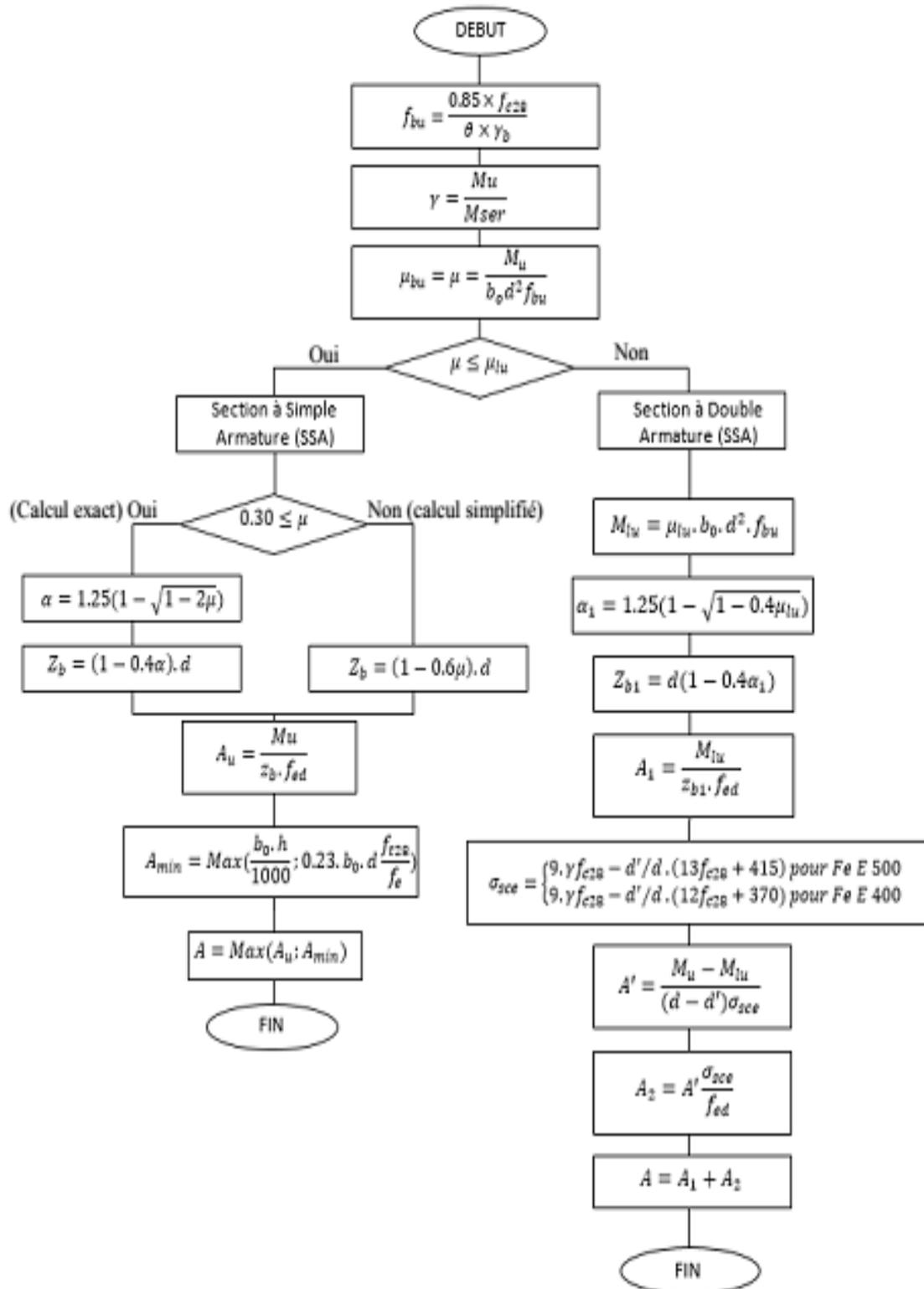
$$A_x = \frac{N_u (B - b)}{8 d f_{su}}$$

- Nappe supérieure // A:
($d_1 < d$)

$$A_y = \frac{N_u (A - a)}{8 d_1 f_{su}}$$

NB. N_u ne tient pas compte de l'action du poids propre de la semelle dans le calcul des aciers.

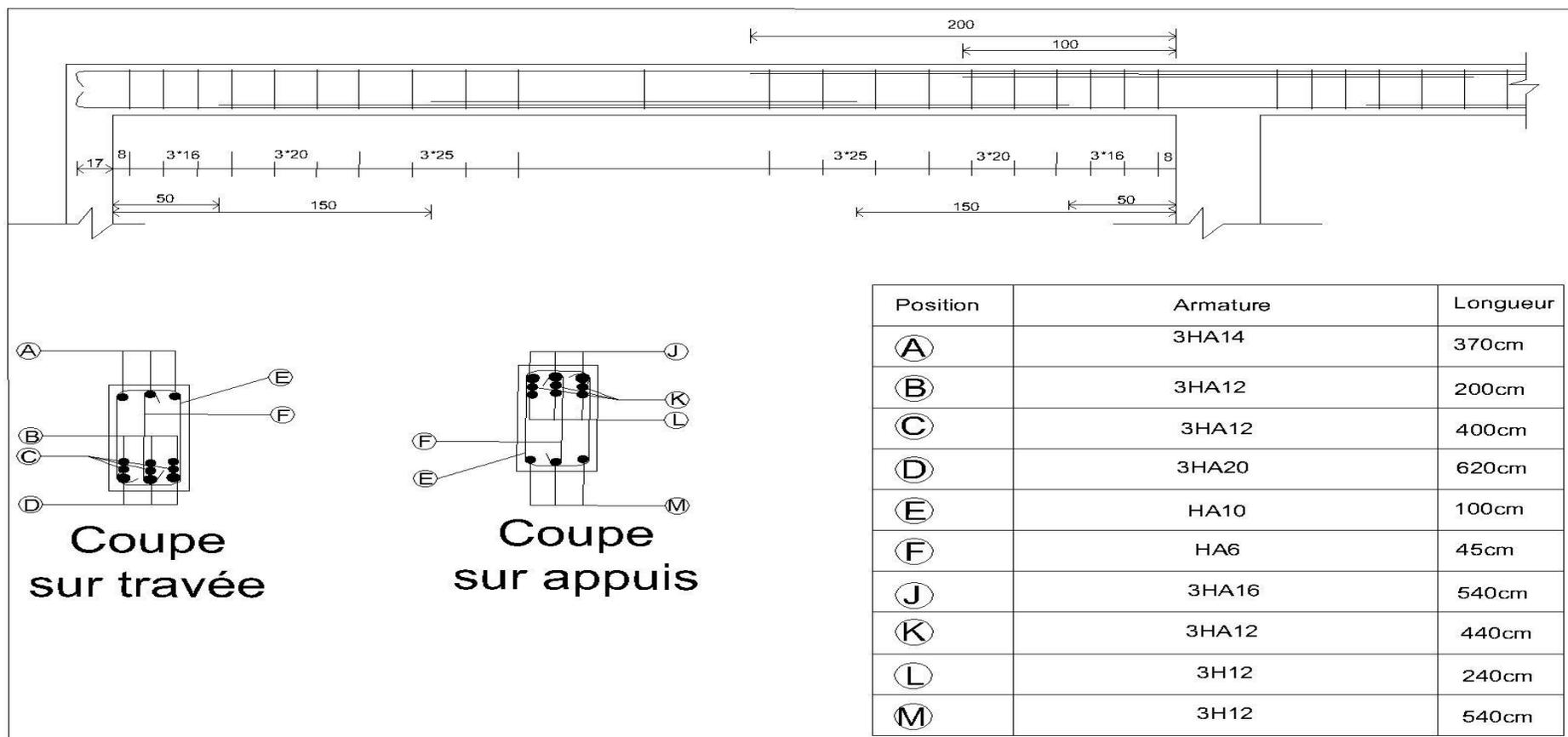




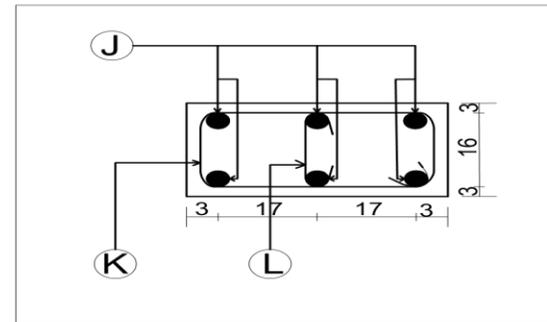
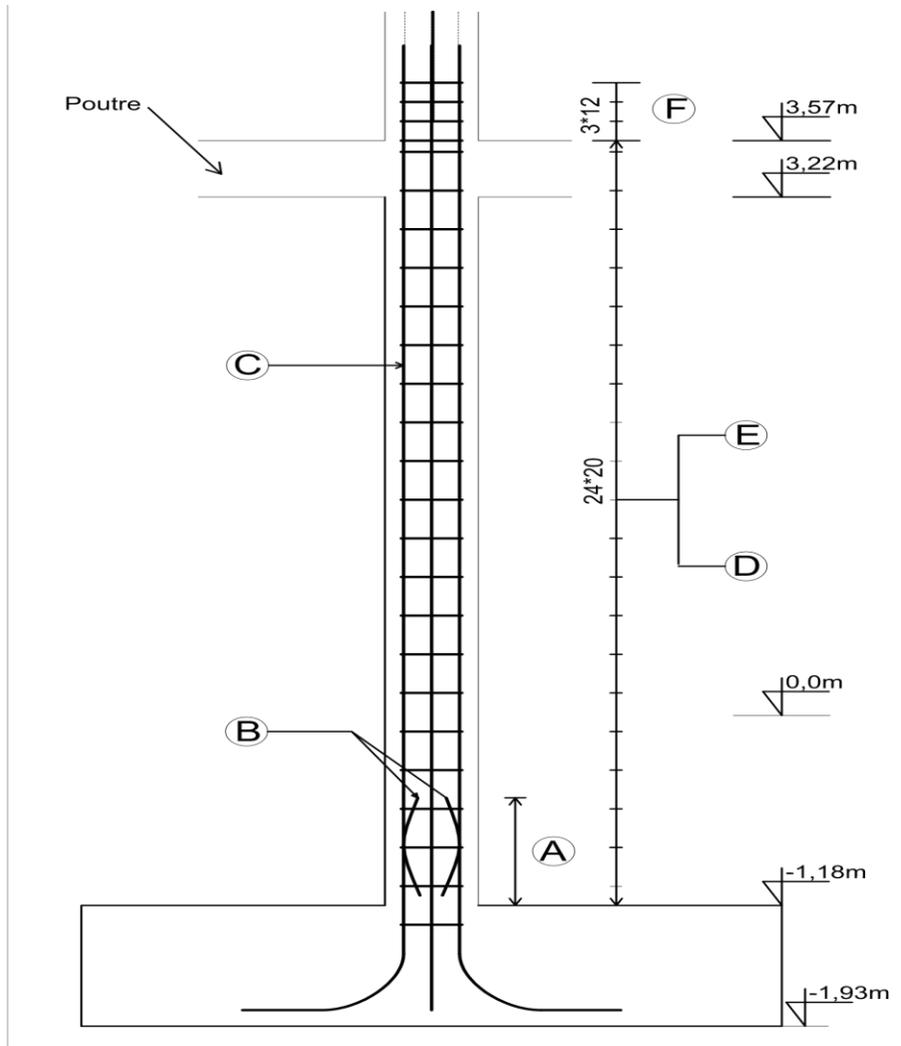
$\alpha = \frac{l_x}{l_y}$	$\nu = 0$		$\nu = 0,20$	
	Etat limite ultime ELU et état limite de service ELS		Etat limite de déformation	
	$\mu_x = \frac{M_x}{q l_x^2}$	$\mu_y = \frac{M_y}{M_x}$	$\mu_x = \frac{M_x}{q l_x^2}$	$\mu_y = \frac{M_y}{M_x}$
0.40	0.110	0.250	0.012	0.293
0.45	0.140	0.250	0.105	0.333
0.50	0.097	0.250	0.098	0.378
0.55	0.089	0.250	0.092	0.420
0.60	0.082	0.305	0.086	0.476
0.65	0.075	0.369	0.080	0.530
0.70	0.068	0.430	0.074	0.585
0.75	0.062	0.509	0.069	0.643
0.80	0.056	0.595	0.063	0.710
0.85	0.051	0.685	0.058	0.778
0.90	0.046	0.778	0.053	0.840
0.95	0.041	0.887	0.048	0.923
1.00	0.037	1.000	0.044	1.000

Annexe5 : PLAN DE FERRAILLAGE

POUTRE



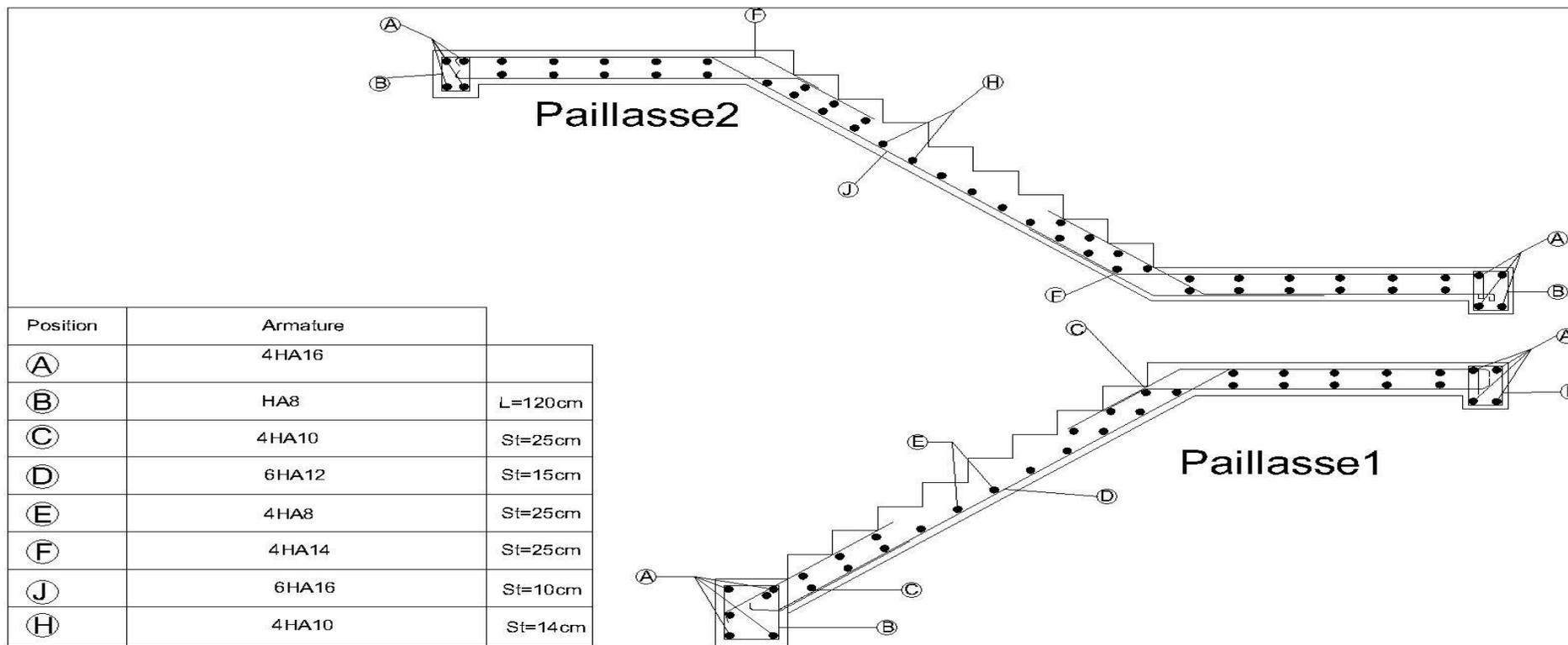
POTEAU



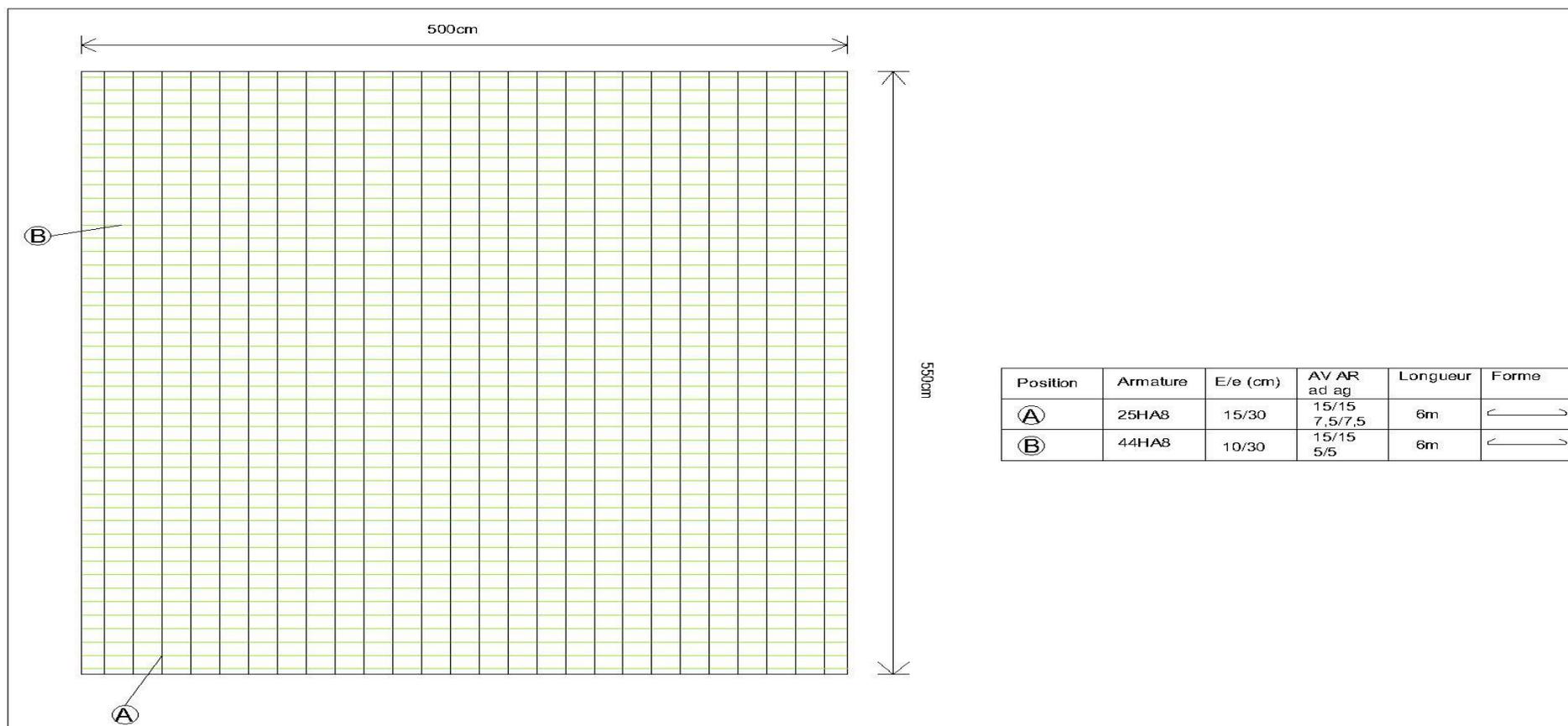
Section

Position	Armature	Longueur
A	recouvrement	70cm
B	attente dans la semelle	
C	Armature de calcul 6HA25	523cm
D	20 Etrier de HA6	28cm
E	20 Cadre de HA10 d'espace de 24cm	111cm
F	3cours transversaux disposés d'espace de 12cm	111cm
J	Armature de calcul 6HA25	523cm
K	Cadre de HA10	111cm
L	Etrier de HA6	28cm

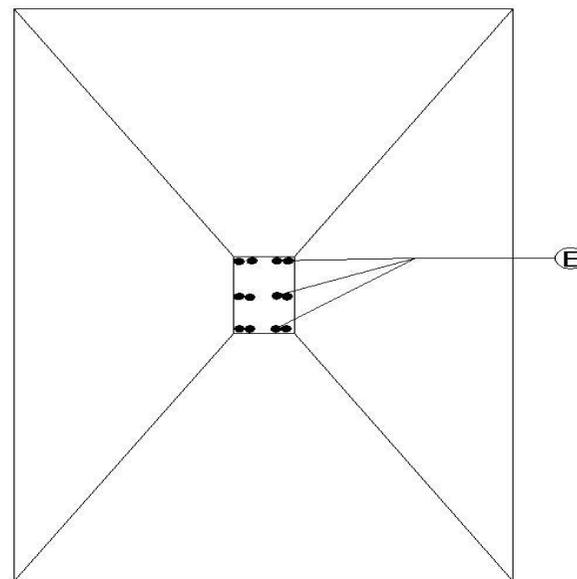
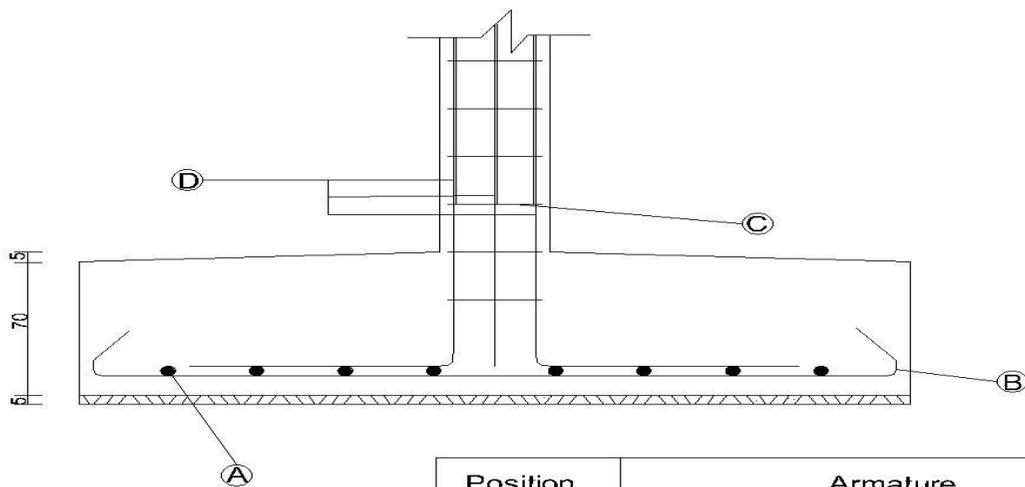
ESCALIER



DALLE

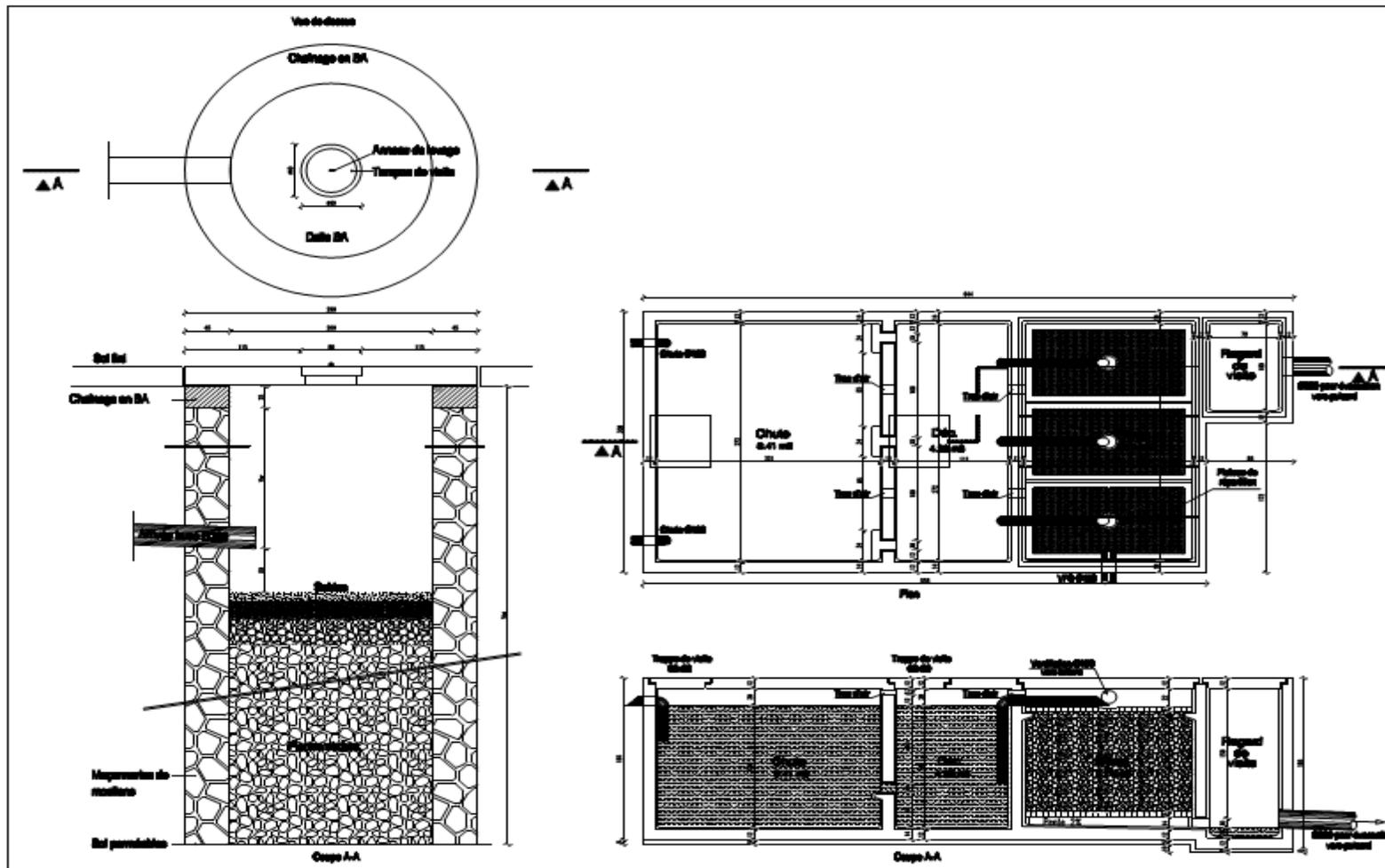


SEMELLE



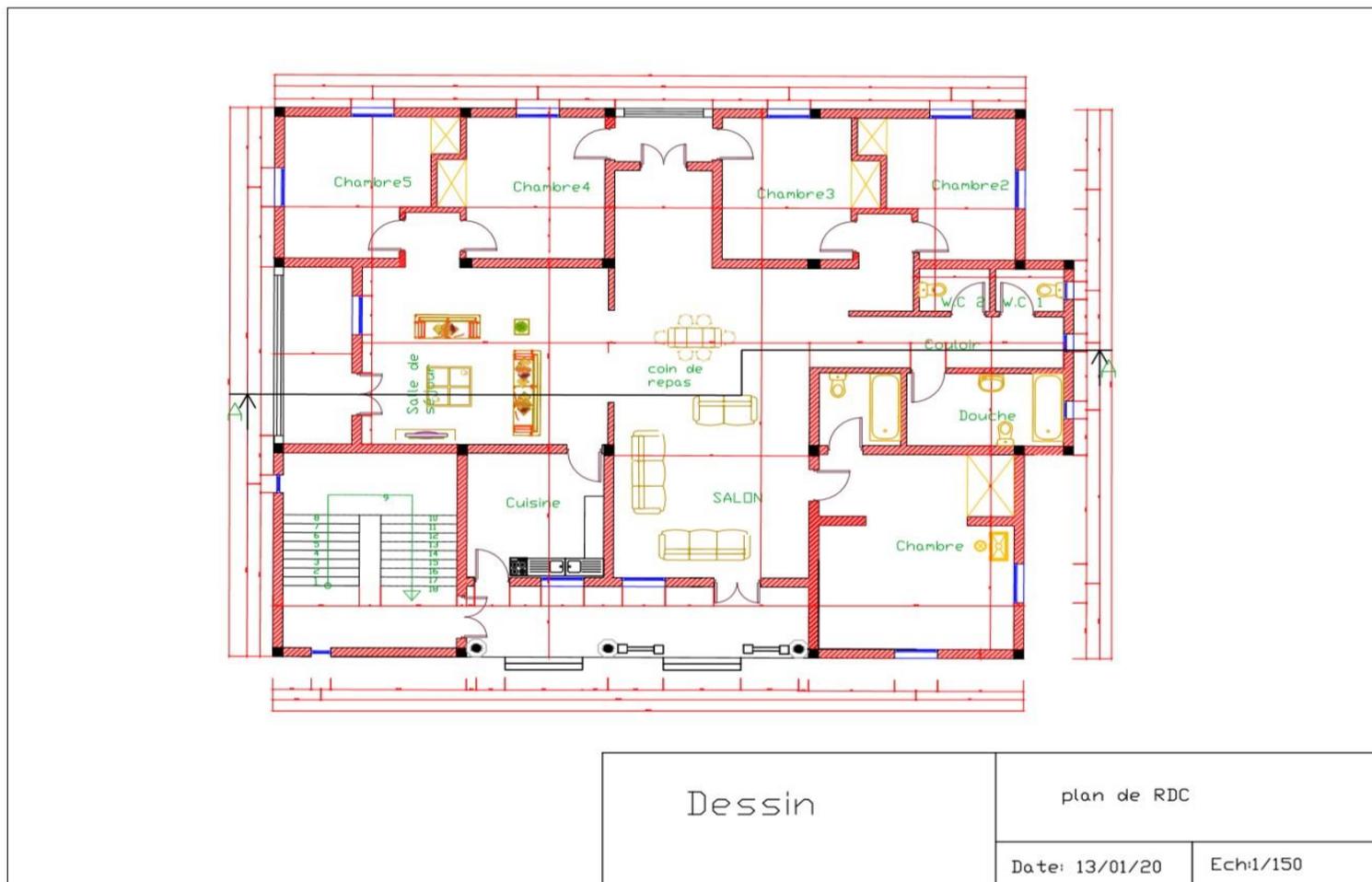
Position	Armature	
Ⓐ	8HA20	St=32cm
Ⓑ	8HA16	L=18cm
Ⓒ	HA10	St=24cm
Ⓓ	6HA25	L>70cm
Ⓔ	6HA25	

Annexe6 : PLAN DE FOSSE SEPTIQUE

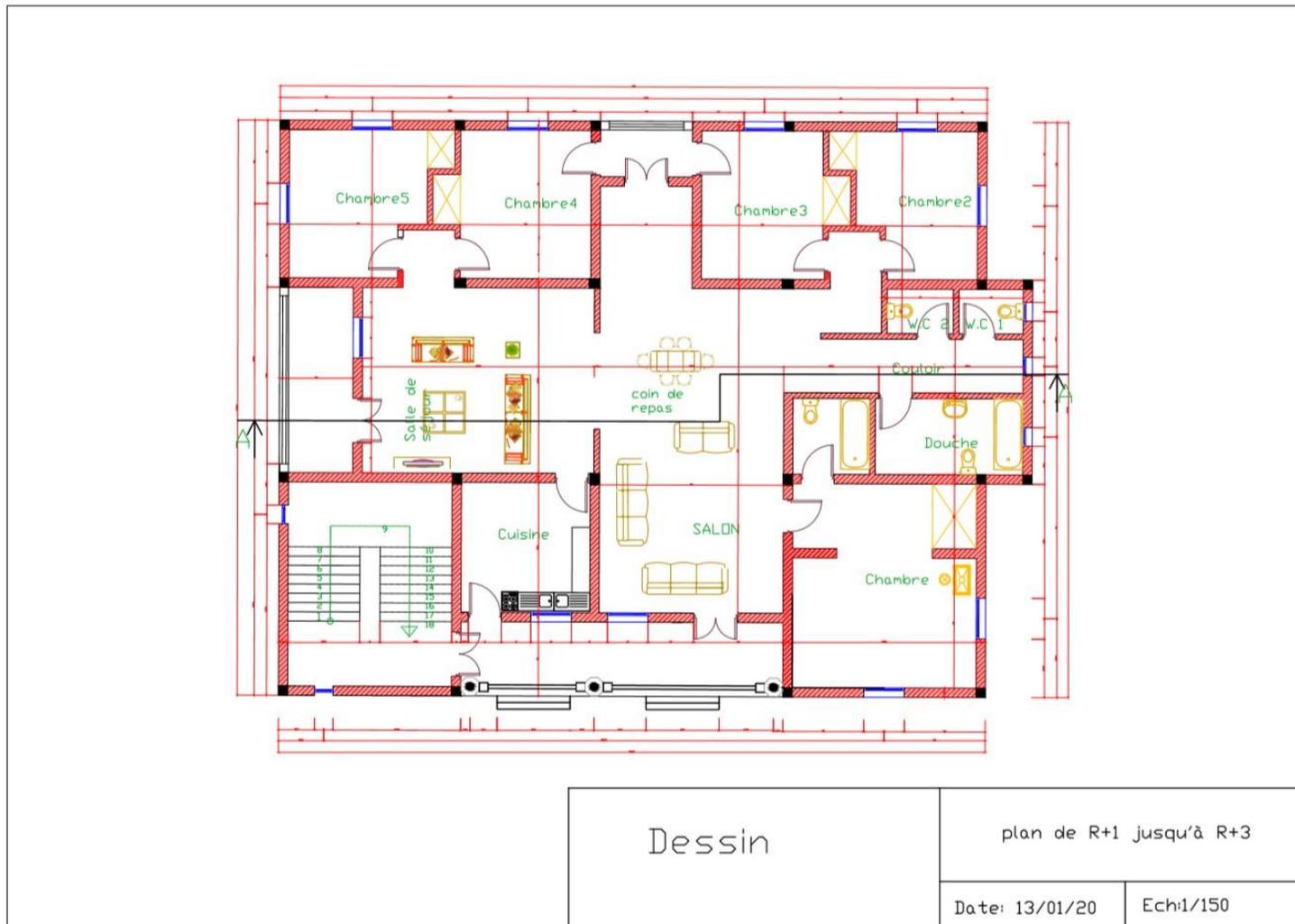


Annexe7: PLAN D'ARCHITECTURE

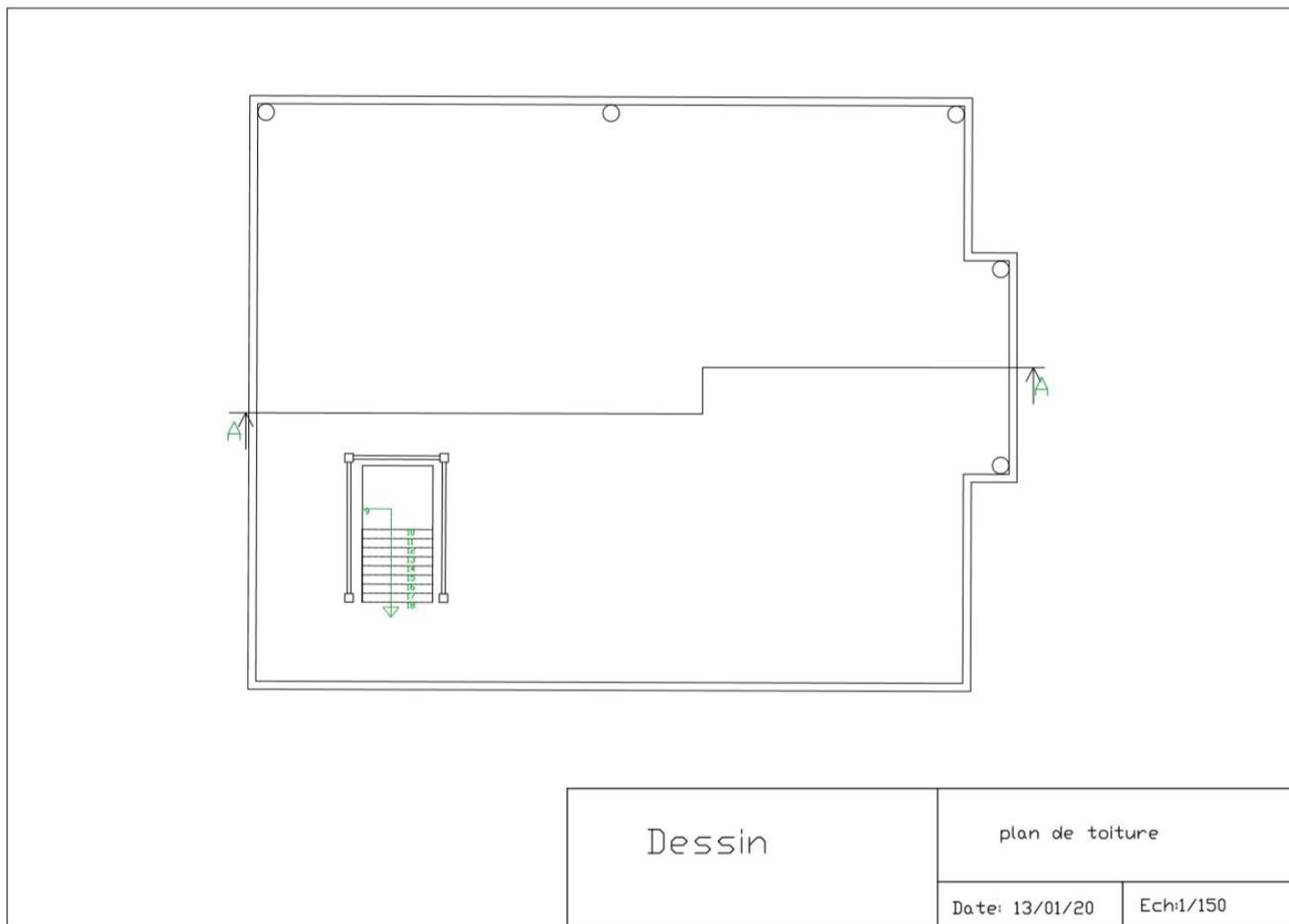
Plan de RDC



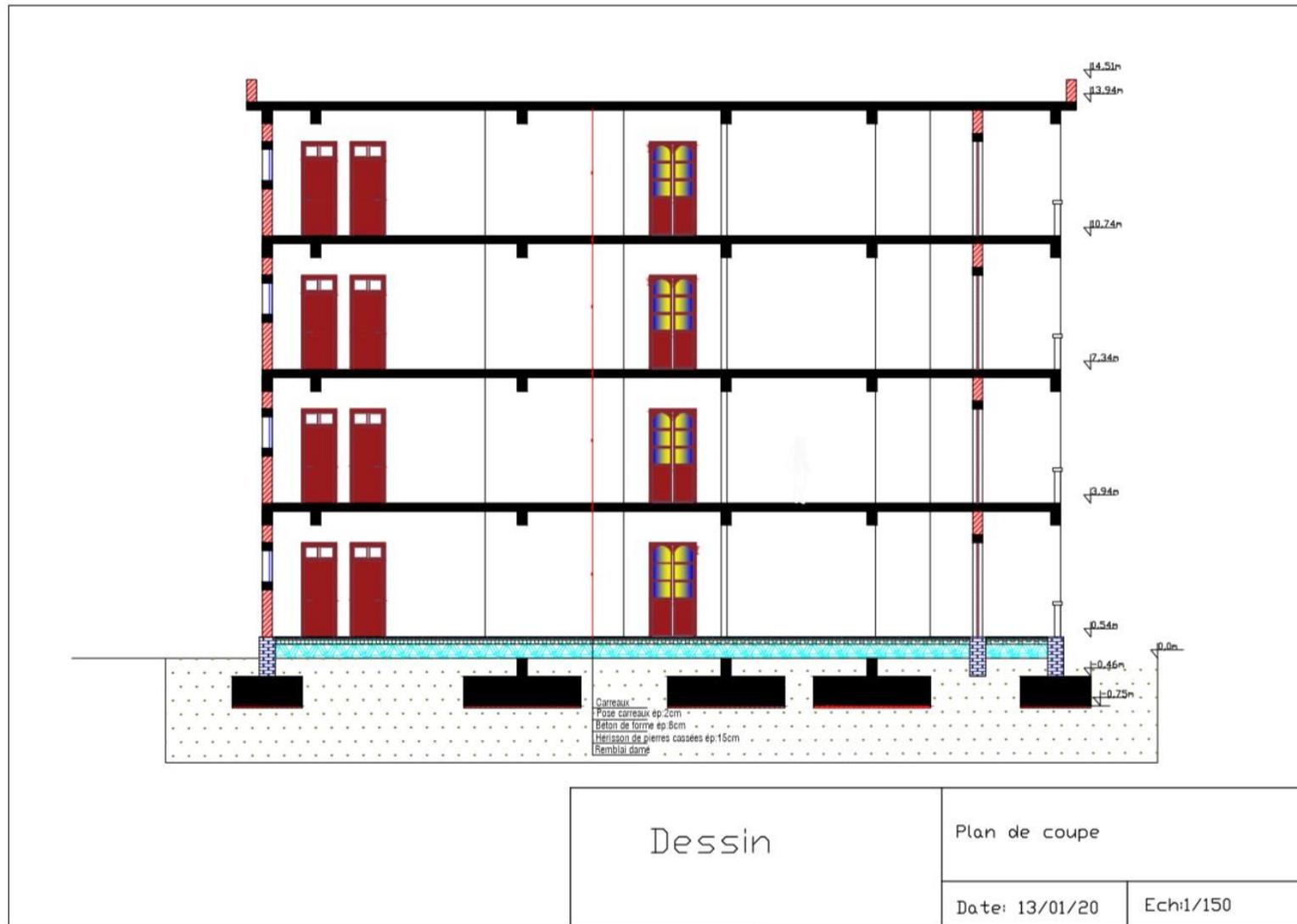
Plan de tous les étages



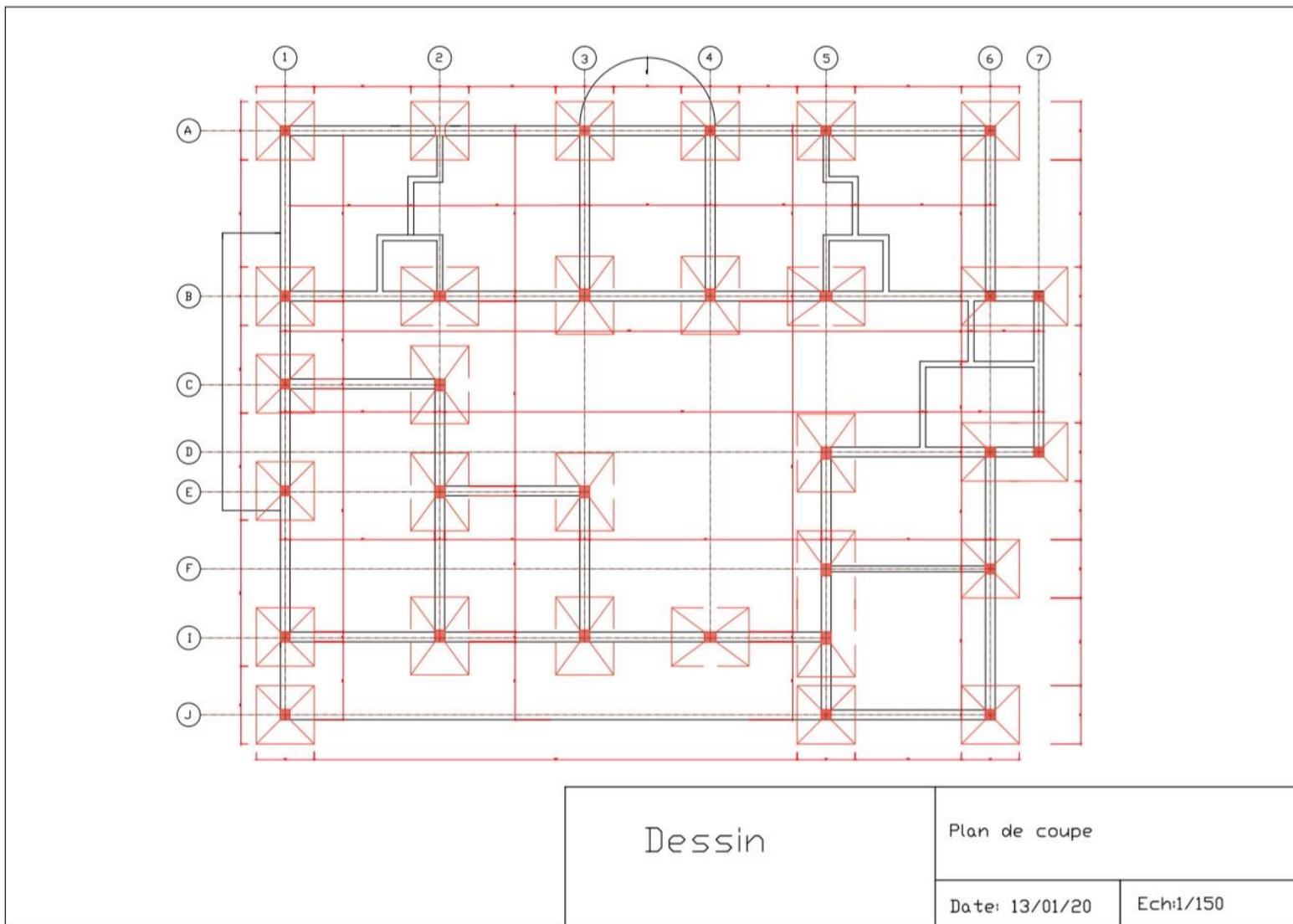
Plan de toiture



Plan de coupe



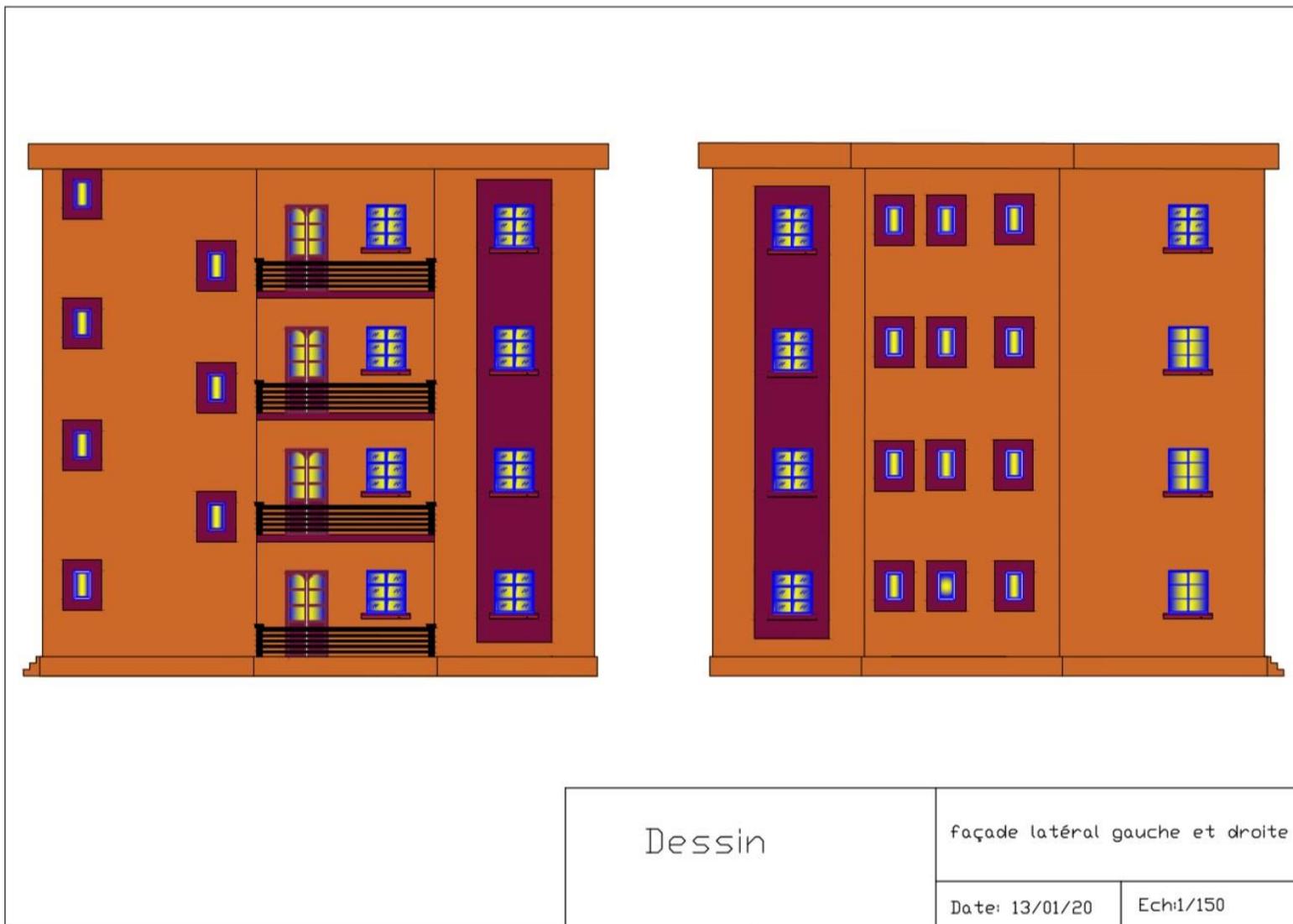
Plan de fondation



Façade principale et postérieur



Vue de gauche et vue de droite



PLAN DE SITUATION

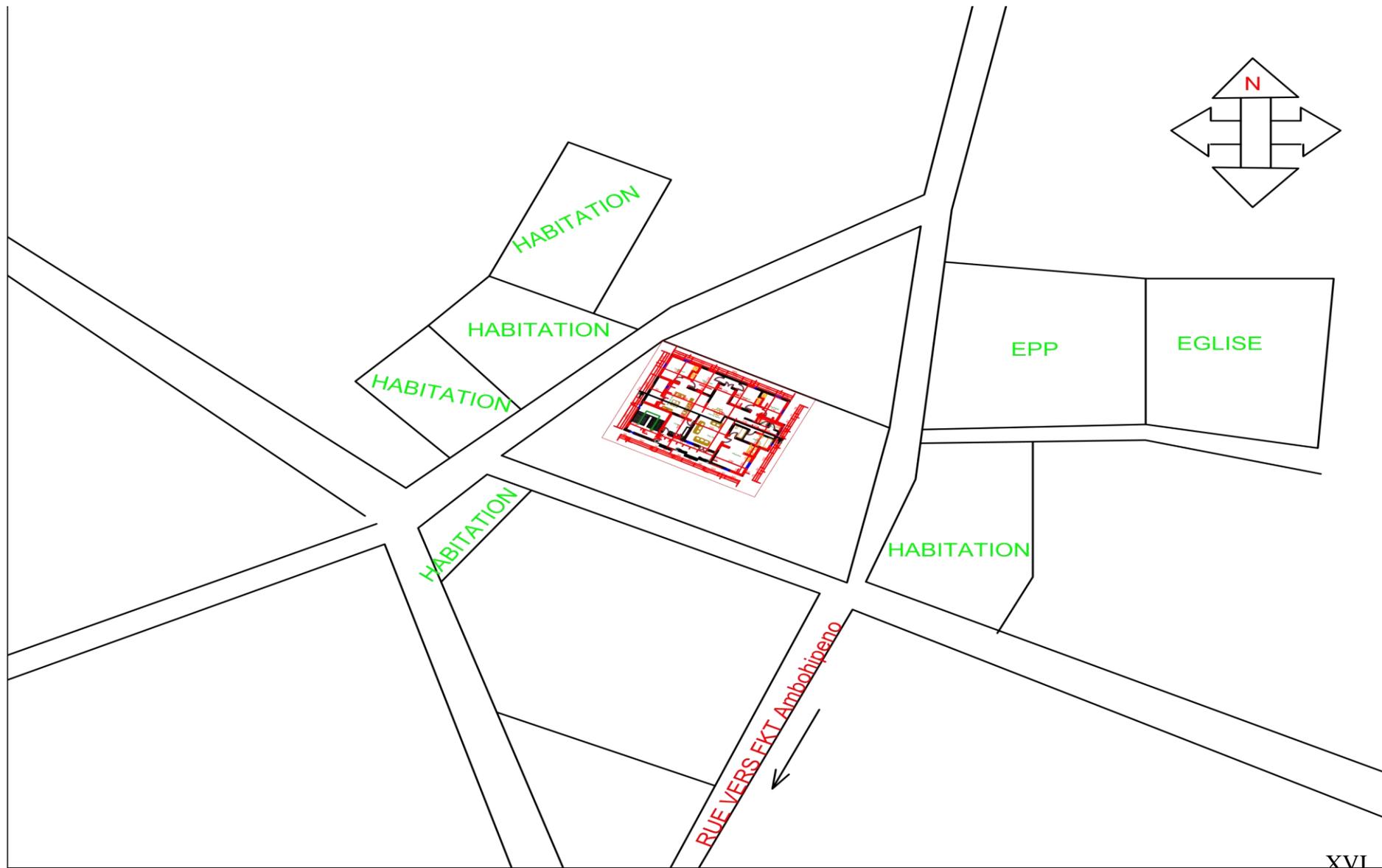


TABLE DE MATIERE

REMERCIEMENTS	i
SOMMAIRE.....	ii
LISTE DES FIGURES	iii
LISTE DES TABLEAUX	v
LISTE DES ANNEXES	vii
LISTE DES NOTATIONS ET ABREVIATIONS	viii
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : Cadre général du projet	2
Chapitre I : Généralité sur le lieu d'implantation de projet.....	3
1. Localisation de la ville.....	3
2. Climat	3
2.1. Température.....	3
2.2. Pluviométrie	4
3. Situation démographie.....	6
3.1. Population.....	6
3.2. Activité de la population.....	8
4. Situation agro-écologique.....	8
4.1. Secteur économique.....	8
4.1.1 Elevage.....	8
4.1.2 Tourisme	10
4.2. Secteur Social	10
4.2.1. Education	10
4.2.2. Santé.....	11
Chapitre II : Justification du projet.....	13
1. Contexte actuel des logements à Antsirabe	13

2. Statut d'occupation	13
3. Analyse du projet :	14
3.1. Présentation du site :	14
Chapitre III : Conception architecturale du bâtiment	15
1. Généralité :	15
1.1 Perspectives	15
1.2 Façades	15
1.3 Esquisse	15
2. Les éléments structurels :	17
2.1 Toitures	17
2.2 Ossatures	17
2.3 Murs et cloisons intérieurs	18
2.4 Façades	18
2.5 Les ouvertures	18
2.5.1 Portes	18
2.5.2 Fenêtres	18
2.5.3 Escalier	18
3. Aménagements intérieurs :	19
3.1 Exigence d'habitabilité	19
3.2 Etage courant et Rez- de- chaussée	19
Chapitre IV : Confort et sécurité du bâtiment	20
1. Confort :	20
2. Aération :	20
3. Hygrométrie :	20
4. Acoustique :	20
5. Vision:	20

6. Sécurité:	21
7. Sécurité des éléments structurels:	21
Résumé :	21
DEUXIEME PARTIE : Études techniques	22
Chapitre V : Pré dimensionnement des éléments structuraux	23
1. Introduction :	23
2. Les poutres :	23
2.1. Les poutres principales :	23
2.2. Les poutres secondaires :	24
3. Les poteaux :	25
4. La dalle	26
Résumé	27
Chapitre VI : Descente de charge	27
1. Généralités	28
1.1. But et Principe	28
1.2. Démarche de calcul	28
1.3. Hypothèses de calcul	28
2. Descente des charges dues aux charges verticales	29
2.1. Charges permanentes	29
2.2. Surcharges d'exploitation	30
3. Présentation de l'axe à étudier et démarche de calcul	30
4. Descente des charges dues aux charges horizontales	34
4.1. Les surcharges climatiques	34
4.2. Effet du vent	35
4.3. Calcul de la pression dynamique de base :	35
4.3.1. Effet de hauteur Ch	36
4.3.2. Effet de site Cs	37

4.3.3. Effet de masque C_m	37
4.3.4. Effet de dimension δ	37
4.4. Descente des charges dues au vent	38
4.4.1. Principe général	38
4.4.2. Position du centre de gravité.....	38
4.4.3. Calcul des efforts F_i dus au vent :	40
4.4.4. Récapitulation de toutes les charges appliquées a chaque niveau	41
Résumé	42
Chapitre VII : Etudes de structure	43
1. Définition et fonction:	43
2. Méthodes de calcul	43
3. Choix de la méthode	43
3.1. Principe de la méthode de Forfaitaire.....	44
3.1.1. Calcule de sollicitation.....	44
3.1.1.1. Règle de moment	44
3.1.1.2. Moment minimales du moment M_t, M_g, M_d	44
3.1.1.3. Etape de calcule :	45
3.1.1.4. Effort tranchant	46
4. Evaluation des charges:	46
4.1. Portique de calcul	46
4.2. Combinaison des actions	46
4.3. Charges verticales sur la poutre.....	47
4.4. Charges horizontales.....	49
5. Vérification de l'application pour la poutre continue :	51
5.1. Vérification des conditions pour chaque travée	51
6. Courbes enveloppes.....	52

Résumé	52
Chapitre VIII : Etude de la superstructure	53
1. Hypothèses et données pour les calculs en béton arme	53
1.1. Notion des Etats Limites	53
1.2. Etats d'exposition de la construction ou de l'élément étudié	53
1.3. Caractéristiques du béton :	54
1.3.1. Résistance caractéristique à la compression :	54
1.3.2. Résistance caractéristique à la traction :	54
1.3.3. Contrainte admissible de compression :	54
1.3.4. Résistance de calcul en compression à l'ELU	54
1.4. Caractéristiques des aciers	55
1.4.1. Limite d'élasticité	55
1.4.2. Module d'élasticité	55
1.4.3. Contrainte de l'acier en service	55
2. Calcul de poutre continue	56
2.1. Calcule de ferrailage d'une poutre	56
2.1.1. Sur appui intermédiaire (aux points 2 ou 3)	56
a. Caractéristique de matériaux	56
b. Calcule de coefficient γ	56
c. Moment ultime réduite	56
2.1.2. Sur la travée AB	58
a. Caractéristique de matériaux	58
b. Calcule de coefficient γ	58
c. Moment ultime réduite	58
2.2. Contrôle de pourcentage des aciers	59
2.3. Calcule de l'encrage filant	60

2.3.1.	Valeur limite ultime de la contrainte d'adhérence	60
2.3.2.	Encrage rectiligne	60
2.3.3.	Ancrage par courbure des barres tendues	60
a.	Rayon de courbure minimale	60
b.	Longueur nécessaire <i>l1</i> et <i>l2</i>	60
2.4.	Calcul de cadre ; étriers	61
2.4.1.	Justification et disposition constructive	61
a.	Vérification de cisaillement	61
2.4.2.	Armature d'âme	61
a.	Vérification de cisaillement	61
b.	Diamètre d'armature	62
c.	Espacement théorique	62
d.	Position du premier cours	62
e.	Espacement maximal	62
-	Espacement Max sur l'appui	63
-	Nombre des répartitions :	63
2.5.	Justification aux appuis	63
2.5.1.	Profondeur utile de l'appui	63
2.5.2.	Profondeur minimal	63
2.5.3.	Section minimale des aciers inferieur prolonges sur l'appui	63
2.6.	Calcule de l'encrage filant cadrée	64
2.6.1.	Valeur limite ultime de la contrainte d'adhérence	64
2.6.2.	Encrage rectiligne	64
2.6.3.	Ancrage par courbure des barres tendues	64
a.	Rayon de courbure minimale	64
b.	Longueur nécessaire	64

3.	POTEAU	65
3.1.	Définition.....	65
3.2.	Rôles	65
3.3.	Choix du poteau à étudier	65
3.4.	Caractéristiques du poteau à étudier	66
3.5.	Evaluation des charges	66
3.6.	Calcul de l'armature longitudinale	66
3.6.1.	Section de poteau	66
3.6.2.	Vérification de la condition du non flambement	66
3.6.3.	Détermination de coefficient α	67
3.6.4.	Section réduite du béton	67
3.6.5.	Calcul de l'armature Théoriquement	67
3.6.6.	Calcul de l'armature minimal	68
3.6.7.	Armature de calcul.....	68
3.7.	Disposition constructive	68
3.7.1.	Armature Transversal	68
3.7.2.	Contrôle de pourcentage des aciers.....	68
3.7.3.	Espacement des cadres.....	69
a.	Longueur de recouvrement	69
b.	Nombre de cours transversaux disposés sur la longueur l_r	69
c.	Enrobage minimal	69
d.	Encrage de cadre	69
-	Rayon courbure minimal	69
-	Longueur nécessaire	69
4.	PLANCHER EN DALLE PLEINE.....	70
4.1.	Généralité.....	70

4.2.	Rôles et Fonctions	70
4.3.	Principes de calcul	70
4.4.	Dimensionnement de la dalle	72
4.4.1.	Vérification du sens de la dalle	72
a.	Calcul de α	72
4.4.2.	Vérification de l'épaisseur de la dalle	72
4.4.3.	Evaluation des charges	72
a.	Charge permanente	72
b.	Charge d'exploitation	72
4.4.4.	Calcul de sollicitation	73
a.	Calcul de moment à l'ELU dans les deux sens :	74
b.	Calcul de l'effort tranchant à l'ELU dans les deux sens :	74
c.	Calcul de moment à l'ELS dans les deux sens :	74
d.	Calcul de l'effort tranchant à l'ELS dans les deux sens :	74
4.4.5.	Calcul d'armature de la dalle	75
a.	Section minimal des aciers	75
b.	Section des aciers déterminés à partir de la sollicitation de calcul	75
c.	Calcul de l'armature dans le sens lx	76
d.	Calcul de l'armature dans le sens ly	76
4.4.6.	Vérification de non fragilité	77
4.4.7.	Espacement	77
5.	CALCUL DE L'ESCALIER	78
5.1.	Caractéristique de l'escalier	78
5.2.	Pré dimensionnement	80
5.2.1.	Nombre de marche	80
5.2.2.	Vérification de la marche	80

5.2.3. Largeur d'escalier :	80
5.3. Conception des dalles d'escalier et systèmes porteurs	81
5.3.1. Choix du système d'appuis :	81
5.4. Dimensionnement de l'escalier	82
5.4.1. Calcule des paillasse d'escalier	82
5.4.1.1. Choix de l'épaisseur :	82
5.4.1.2. Evaluation des charges.....	83
5.4.1.2.1. Charge permanentes.....	83
5.4.1.2.2. Charge d'exploitation	83
5.4.1.3. Combinaison des actions	84
5.4.2. Calcule des moments de flexion	85
5.4.3. Calcul des armatures	86
5.4.3.1. Paillasse 1	86
5.4.3.2. Paillasse 2 :	88
5.4.3.3. Vérification de la flèche (ELS).....	90
5.4.3.3.1. Pour la travée L1.....	90
5.4.3.3.2. Pour la travée L2-console- :	91
Chapitre IX : Etude de l'infrastructure	92
1. Type de fondation.....	92
1.1. Fondations superficielles	92
1.1.1. Semelles isolées	92
1.1.2. Semelles filantes	92
1.1.3. Radiers	92
1.2. Fondations semi-profondes ou puits.....	93
1.3. Fondations profondes ou pieux.....	93
2. Etude de la fondation.....	93

2.1. Choix du type de fondation	93
2.2. Dimensionnement de la semelle	93
2.2.1. Contrainte de sol	93
2.2.2. Evaluation des charges.....	94
2.2.3. Etape de dimensionnement de la semelle	94
2.2.4. Détermination de l'acier tendu.....	96
2.2.5. Disposition constructive et calcul de l'encrage	97
TROISIEME PARTIE : L'évaluation financière et planification du projet.....	98
Chapitre X : Devis descriptif	99
Chapitre XI : Détail quantitatif et estimatif.....	110
1. Coefficient de débourses	110
2. Sous-détail de prix	111
3. Détail quantitatif et estimatif	118
Chapitre XII : Etude de planification	123
1. Méthode PERT	123
1.1. Historique	123
1.2. Principe de la méthode :	123
1.3. Détermination du nombre de jour et le nombre d'effectif.....	124
2. Relation d'antériorité.....	125
3. Réseau PERT	126
4. Planning flèche	127
CONCLUSION	128
BIBLIOGRAPHIE.....	129
WEBOGRAPHIE	130
ANNEXE	I
Annexe1 : EFFET DU VENT	II
Annexe2 : DESCENTE DE CHARGE	III

Annexe3 : Courbes enveloppé.....	VI
Annexe4 : DIMENSIONNEMENT DE LA SUPERSTRUCTURE.....	X
Annexe5 : PLAN DE FERRAILLAGE	XVI
Annexe6 : PLAN DE FOSSE SEPTIQUE.....	XXI
Annexe7: PLAN D'ARCHITECTURE	XXII
TABLE DE MATIERE.....	XVI



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR D'ANTSIRABE VAKINANKARATRA
MENTION GENIE CIVIL

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme
De licence en Bâtiment et Travaux Publics.

Renseignements concernant l'auteur :

Nom: ANRIANTAHINA

Prénoms : Alphonse Ricco

Numéro : 034 14 417 95

Thème du mémoire : << ETUDES DE PROJET DE CONSTRUCTION D'UNE MAISON
D'HABITATION R+3 SIS A AMBALAKISOA-BEMASOANDRO >>

Nombre des pages : 130

Nombre des tableaux : 43

Nombre des figures : 32

Encadreur : RAKOTONDRAVOHITRA Rinah Masinandrianina

Résumé du mémoire : Le présent mémoire traite de l'étude d'un projet de construction d'un immeuble à 3 étages situé à Ambalakisoa-Bemasoandro, Antsirabe. Le travail réalisé comprend différents volets, notamment les calculs des structures et des armatures, l'élaboration d'un devis estimatif, ainsi que l'analyse financière du projet. L'évaluation financière finale devrait permettre de planifier le projet de manière optimale.

Mots Clés : Conception, Ossature, Calcul de structure, Béton armé

Abstracte :

This thesis deals with the study of a construction project for a 3-story building located in Ambalakisoa-Bemasoandro, Antsirabe. The work carried out includes various aspects, including the calculations of the structures and reinforcements, the preparation of a cost estimate, and the financial analysis of the project. The final financial evaluation should enable the optimal planning of the project.

Keys worde : Conception, Ossature, Calcul de structure, Béton armé