



**INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR-ANTSIRABE
VAKINANKARATRA**

CYCLE DE TECHNICIEN SUPERIEUR

PROMOTION 2020

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DE LICENCE EN BATIMENTS ET TRAVAUX
PUBLICS

**PROJET DE CONSTRUCTION D'UNE « UNIVERSITE R+2 » SISE A
ANTSahasoa ANTSIRABE**



➤ **PRESENTE PAR :** **RAMANAMISATA** Manjakatoavina Erico

➤ **ENCADRE PAR :** Monsieur **RANOARISON** Hardy

➤ **EXAMINATEUR :** Monsieur **KOTONANDRASANA** Franck

➤ **Spécialité :** Bâtiments

Années Universitaires : 2019-2020



**INSTITUT D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR-ANTSIRABE
VAKINANKARATRA**



CYCLE DE TECHNICIEN SUPERIEUR

PROMOTION 2020

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DE LICENCE EN BATIMENTS ET TRAVAUX
PUBLICS

**PROJET DE CONSTRUCTION D'UNE « UNIVERSITE R+2 » SISE A
ANTSAHASOA ANTSIRABE**



➤ **PRESENTE PAR :** **RAMANAMISATA** *ManjakatoavinaErico*

➤ **ENCADRE PAR :** Monsieur **RANOARISON** *Hardy*

➤ **EXAMINATEUR :** Monsieur **KOTONANDRASANA** *Franck*

➤ **Spécialité :** *Bâtiments*

Années Universitaires : *2019-2020*

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

SOMMAIRES

LISTES DES NOTATIONS, ABREVIATIONS ET SYMBOLES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

INTRODUCTION

- **PREMIERE PARTIE : PRESENTATION GENERALE**
 - CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA DISTRICT D'ANTSIRABE
 - CHAPITRE II : STATISTIQUE DE DIDEK
 - CHAPITRE III : PRESENTATION DU PROJET
- **DEUXIEME PARTIE : MODE D'EXECUTION DES TRAVAUX ET LA PROVENANCE DES MATERIAUX**
 - CHAPITRE I : LES DOSSIERS A FOURNIR AVANT LA CONSTRUCTION
 - CHAPITRE II : LES PRINCIPAUX OUVRAGES DU CONSTRUCTION D'UN BATIMENT
 - CHAPITRE III : QUALITE ET PROVENANCE DES MATERIAUX
- **TROISIEME PARTIE : ETUDES TECHNIQUES**
 - CHAPITRE I : PRE-DIMENSIONNEMENTS
 - CHAPITRE II : DESCENTE DE CHARGES
 - CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT ET CALCUL DES ARMATURES
- **QUATRIEME PARTIE : ETUDES FINANCIERES**
 - I. DEVIS DESCRIPTIF
 - II. DEVIS QUANTITATIF
 - III. DEVIS ESTIMATIF

CONCLUSION

ANNEXES

PLAN ARCHITECTURAUX

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous tenons à remercier le Dieu tout puissant qui nous a donné la force et la santé durant la réalisation de ce travail de mémoire de fin d'études.

Ensuite, nous remercions également à :

- ❖ Monsieur **RAJAONARISON Edit Franck**, Directeur de l'Institut d'Enseignement Supérieur Antsirabe-Vakinankaratra.
- ❖ Monsieur **RAKOTONANDRASANA Franck**, examinateur.
- ❖ Monsieur **RAKOTONDRAVOHITRA Masinandrianina Rinah** et tous les Enseignants qui ont contribué leurs efforts tout au long de nos études.
- ❖ Tous les personnels administratifs de l'IES-AV.
- ❖ Monsieur le Président et tous les membres de jury, d'avoir accepté leur jugement sur ce présent ouvrage malgré leurs occupations personnelles et professionnelles.
- ❖ Monsieur **RAVELOMANANA Mamy Raol**, Président de l'Université d'Antananarivo.

Nos vifs remerciements vont aussi à Monsieur **RANOARISON Hardy** mon encadreur pédagogique.

Enfin nous remercions profondément notre famille pour son soutien moral, matériel et financier. Nous adressons également nos sincères remerciements à tous les amis et tous ceux qui ont participé à l'élaboration de ce travail de mémoire.

UN GRAND MERCI A TOUS

LISTE DES NOTATIONS, ABREVIATIONS ET SYMBOLES

A : section d'armature

A ; B : Cotés de la semelle

A_{th} : section théorique de l'armature

B : section du béton

B.A : béton armé

B.A.E.L : Béton Armé aux Etats Limites

B_r : section réduite du béton

C.P.A : ciment portland artificiel

C.P.J : ciment portland composé

C.U : Code Urbanisme

d : Hauteur utile

D.T.U : Documents Techniques Unifiés

E.L.S : Etats Limites des Services

E.L.U : Etats Limites Ultimes

E.P : eaux pluviales

E.U : eaux usées

E.V : eaux vannes

E_s : Module d'élasticité longitudinale

f_{bu} : contrainte de calcul

f_{cj} : résistance caractéristique du béton en compression à j jours

f_e : Limite d'élasticité

f_{tj} : résistance caractéristique du béton en traction à j jours

G : Charge Permanents

I : moment quadratique

i : rayon de giration

I_f : longueur de flambement

l₀ : hauteur libre de poteau

M_a : moment sur appui

M_e : moment sur appui de droite
 M_o : moment isostatique évalué au centre
 M_{ser} : moment en service
 M_t : moment en travée
 M_u : moment ultime
 M_w : moment sur appui de gauche
 N_{ser} : charge sur semelle
 N_{ser} : Effort normal en service
 N_u : Effort normal à ultime
 p : charge uniformément répartie par unité d'aire
P.V.C : chlorure de polyvinyle plastifié
 Q_B : Charges d'exploitations
R.D.C : Rez-de-chaussée
 V : effort tranchant
W.C : Water Close
 y : distance de l'axe neutre à la fibre considérée
 z : bras de levier
 α : coefficient
 α : position relative de la fibre neutre
 α_{bu} : moment ultime réduit
 β : bras de levier réduit
 γ_b : coefficient de sécurité
 γ_s : Coefficient de sécurité
 η : coefficient de fissuration de l'acier
 λ : élancement
 μ : moment ultime réduit
 σ_{bc} : contrainte de compression du béton
 σ_{sol} : Contrainte de calcul admises sur le

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Nombre d'infrastructures scolaire publiques par district.....	3
Tableau 2: Nombre d'établissements privés par district.....	3
Tableau 3: Répartition de l'espace du RDC	8
Tableau 4: Répartition de l'espace du premier étage	9
Tableau 5: Répartition de l'espace du deuxième étage	10
Tableau 6 : Classement des granulats	22
Tableau 7 : Classification des sables.....	22
Tableau 8 : Hauteurs des poutres	34
Tableau 9 : Calcul de la base des poutres.....	34
Tableau 10 : Vérification de non déformabilité d'une poutre	35
Tableau 11 : Vérification de non flambement des poteaux.....	36
Tableau 12 : Valeur d'effort normal pour chaque poteau	36
Tableau 13 : dimensionnement des poteaux	37
Tableau 14 : Descente de charge du poteau P1	42
Tableau 15 : Descente de charge du poteau P2	43
Tableau 16 : Descente de charge du poteau P3	45
Tableau 17 : Descente de charge du poteau P4	46
Tableau 18 : Descentes de charge des poteaux de la file B.....	47
Tableau 19 : Pression dynamique de base à 10m de hauteur	47
Tableau 20 : Forces exercées par le vent pour chaque poteau	50
Tableau 21 : Charge permanentes à chaque niveau des poteaux	51
Tableau 22 : Charge dues à l'effet du séisme à chaque niveau des poteaux	51
Tableau 23 : Récapitulatif des charges agissant sur le poteau P4	51
Tableau 24 : Quelque valeur de charge admissible en fonction de la nature du sol	53
Tableau 25 : Section des armatures aux appuis.....	67
Tableau 26 : Choix des aciers utilisés pour chaque appui.....	67
Tableau 27 : Section des armatures en travées.....	67
Tableau 28 : Choix des aciers utilisés pour chaque travée.....	68
Tableau 29 : Section des armatures aux appuis.....	71
Tableau 30 : Choix des aciers utilisés pour chaque appui.....	71
Tableau 31 : Section des armatures en travées.....	71

Tableau 32 : Choix des aciers utilisés pour chaque travée.....	72
Tableau 33 : Moment à prendre en compte aux appuis et aux travées.....	76
Tableau 34 : Comparaison de μ_{bu} et μ_{lu} de la dalle	76
Tableau 35 : Sections des armatures de la dalle.....	77
Tableau 36 : Armatures du plancher d'épaisseur 15 cm.....	78
Tableau 37 : Norme d'escalier	80
Tableau 38 : dimension de l'escalier.....	82
Tableau 39 : Installation et repli de chantier	84
Tableau 40 : Terrassement	85
Tableau 41 : Avant métré de l'ouvrage.....	87
Tableau 42 : sous détail de prix de la fouille.....	88
Tableau 43 : sous détail de prix du béton de propreté.....	88
Tableau 44 : sous détail du béton dosé à 350.....	89
Tableau 45 : sous détail de prix du ferrailage	89
Tableau 46 : sous détail de prix du coffrage	90
Tableau 47 : sous détail de l'enduit.....	90
Tableau 48 : devis estimatif du projet.....	94
Tableau 49 : récapitulatif du devis estimatif du projet.....	94
Tableau 50 : Estimation de temps de travaux et des ouvriers à travailler	96
Tableau 51 : Planning tâche du projet.....	96
Tableau 52 : Diamètre des canalisations primaires.....	94
Tableau 53 : Dimension des descentes d'eaux pluviales	95
Tableau 54 : Récapitulatif des charges agissant sur le poteau P1	98
Tableau 55 : Récapitulatif des charges agissant sur le poteau P2	98
Tableau 56 : Récapitulatif des charges agissant sur le poteau P3	98

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Plan de situation du projet	6
Figure 2: Plan de fonctionnement (R.D.C)	9
Figure 3: Plan de fonctionnement (Etage R+1).....	10
Figure 4: Plan de fonctionnement (Etage R+2).....	10
Figure 5 : Les files du bâtiment.....	40
Figure 6 : Les poteaux à étudier	40
Figure 7 : Efforts Horizontaux F_i sur les poteaux de la file B au niveau N1 à N2	50
Figure 8 : Section de la semelle	54
Figure 9 : Plan de ferrailage de la semelle	56
Figure 10 : Disposition constructive d'armature du poteau.....	61
Figure 11 : coupe longitudinale de la poutre à étudier	64
Figure 12 : coupe transversale de la poutre à étudier	69
Figure 13 : Dimension de la dalle à étudier	73
Figure 14 : Moments au niveau des appuis et aux travées	75
Figure 15 : Schéma de l'escalier	81
Figure 16 : Planification avec chemin critique.....	97
Figure 17 : Graphique planning flèche.....	97
Figure 18 : Graphique de répartition de main d'œuvre.....	98
Figure 19 : Planning de Gantt	98

LISTE DES ANNEXES

Annexe I : Secondes Ouvres

Annexe II : Descente des charges avec effet climatique

Annexe III : Organigrammes de calcul des structures en Béton Armé

Annexe IV : Modélisation et armatures sur ROBOBAT

INTRODUCTION

Le département du génie civil comprend tous les travaux de bâtiment et travaux publics. De nos jours, à peu près la majorité de constructions est assurée par des ouvriers qui n'ont pas suivi une formation professionnelle. Donc pour assurer la sécurité et la performance de la construction selon les règles d'urbanisme et pour la vue panoramique des lieux, il faut respecter les règles de l'art.

Ainsi, l'éducation est l'une des facteurs de développement d'un pays, c'est pour cela que les dirigeants du pays se consacrent beaucoup à l'éducation Supérieur des jeunes Malagasy ; le lycée Notre dame de la Salette a aussi un but d'aider ces jeunes surtout leurs élèves pour qu'ils puissent poursuivre l'étude supérieur.

On a choisi le thème de ce mémoire : « **Projet de construction d'une Université R+2 sis à Antsahasoa Antsirabe** »

Notre travail de mémoire comporte quatre parties :

Tous d'abord la première partie sera consacrée aux « **présentations générales** », y compris la présentation du district Antsirabe ; Statistique du Diocèse (DIDEC) Antsirabe ; et la présentation du projet.

Ensuite, la deuxième partie : « **mode d'exécution des travaux et la provenance des matériaux** ». Dans cette partie nous parlerons les démarches à faire pour exécuter ce projet et les qualités requises des matériaux.

Puis, la troisième partie, « **les études techniques** » qui concernent tous les différents calculs, surtout des éléments en Béton Armée.

Et enfin la quatrième partie : « **l'étude financière** » qui aboutira à l'évaluation de son coût.

PARTIE I :
PRESENTATION GENERALE

I. PRESENTATION DU DISTRICT ANTSIRABE

Le District Antsirabe se situe au centre de Madagascar ; le deuxième district le plus nombreux au niveau de la population après la ville d'Antananarivo. C'est pour cela qu'il manque encore des infrastructures scolaires malgré les bâtiments scolaires présents et envois de construction aussi bien publique que privée :

District	Nb de commune	Nb de fokontany	Nb d'EPP	Nb de CEG	Nb de lycée public	Nb de lycée technique public	Nb de centre de formation professionnelle
Ambatolampy	18	162	155	18	2	0	0
Antanifotsy	12	248	242	12	1	0	0
Antsirabe I	1	60	50	6	1	1	1
Antsirabe II	20	204	202	20	1	0	2
Betafo	18	152	209	18	1	0	0
Faratsiho	9	97	135	9	1	0	0
Mandoto	8	75	130	9	1	0	2
Ensemble de la région	86	998	1123	98	8	1	5

Tableau 1 : Nombre d'infrastructures scolaire publiques par district

(Source : Annuaire statistique MEN 2007-2008)

District	Nombre d'école primaire privée	Nombre de collège privé	Nombre de lycée privé	Nombre de lycée technique privé
Ambatolampy	150	17	5	0
Antanifotsy	147	16	6	0
AntsirabeI	106	43	15	2
AntsirabeII	169	28	4	0
Betafo	145	13	2	1
Faratsiho	200	17	3	0
Mandoto	64	6	1	0
Total	981	140	36	3

Tableau 2: Nombre d'établissements privés par district

(Source : Annuaire statistique MEN 2007-2008)

1. Statistique dans les lycées publics :

Le nombre d'élèves inscrit en 2nd dans les lycées publics durant l'année scolaire 2007-2008 a été de 1 607. Au total, 4 227 élèves sont inscrits aux lycées publics de Vakinankaratra durant l'année scolaire 2017-2018, dont plus du tiers a étudié à Antsirabe I.

Par ailleurs, le nombre de candidats des lycées publics d'enseignement général au BACC en 2008 a été de 1 225. Le taux de réussite moyen a été de 38.3%, dont le district d'Antanifotsy enregistre 57.8% contre 27.4% pour Antsirabe I.

2. Statistique dans les lycées privés :

Le nombre d'élèves inscrit en 2nd dans les lycées publics durant l'année scolaire 2007-2008 a été de 3 098, soit presque le triple de celui des lycées publics. Au total, 7 852 élèves sont inscrits aux lycées privés de Vakinankaratra durant l'année scolaire 2017-2018, dont plus de la moitié a étudié à Antsirabe I.

En outre, le nombre de candidats des lycées publics d'enseignement général au BACC en 2008 a été de 2 347. Le taux de réussite moyen a été de 47%, un niveau supérieur à celui des lycées publics. Le district de Mandoto enregistre un taux de 68% contre 29% pour Ambatolampy.

Le nombre des élèves dans l'enseignement secondaire du second cycle ne cesse d'augmenter, ainsi le taux des Bacheliers, en prenant l'année scolaire dernier, le taux de réussite au BACC 2020 est environ à 77%.

II. STATISTIQUE DU DIDEC :

Le DIDEC (Direction Diocésaine de l'Enseignement Catholique) est une organisation catholique pour l'éducation diocésaine, c'est-à-dire organisation de l'étude par district. Le diocèse d'Antsirabe est dirigée par l'Evêque Mgr Philippe RANAIVOMANANA, les Vicaires Généraux : Rév. P. Louis Ernest RAZAKARISOA, Rev P. Janvier Edèse RAZAFINDRABERA et les membres du bureau.

Voici quelque exemple de statistique scolaire pour le diocèse Antsirabe :

1. Maisons de formation :

- Petit séminaire « Notre Dame de l'Annonciation »
- Séminaire Propédeutique « St Jean Baptiste »
- Grand Séminaire de philosophie « St Paul »
- Inter noviciat – inter postulat

2. Centres pastoraux :

- Foyer de charité Mandaniresaka
- Centre DiantanaAmbohimena
- Centre spirituel Antsahasoa
- FAFI Antsahatanteraka

3. Centres d'éducation :

- Préscolaires : 33 (1.302 élèves)
- Écoles primaires : 441 (67.323 élèves)
- Écoles secondaires Niveau I : 86 (35.670 élèves)
- Écoles secondaires Niveau II : 28 (9.602 élèves)
- Écoles supérieures : 02 (2.320 étudiants)

Alors, il n'y a que : l'ESSVA et l'ASJA sont les deux écoles supérieures d'enseignement catholique du district Antsirabe et même à la région Vakinankaratra.

(Source : 2018DiocèseAntsirabe)

III. PRESENTATION DU PROJET :

Localisation

L'objet de ce projet est de construire une université, situé dans la Commune Urbaine Antsirabe, précisément au fokontany Vohijanahary.

Cette figure montre la localisation du projet.

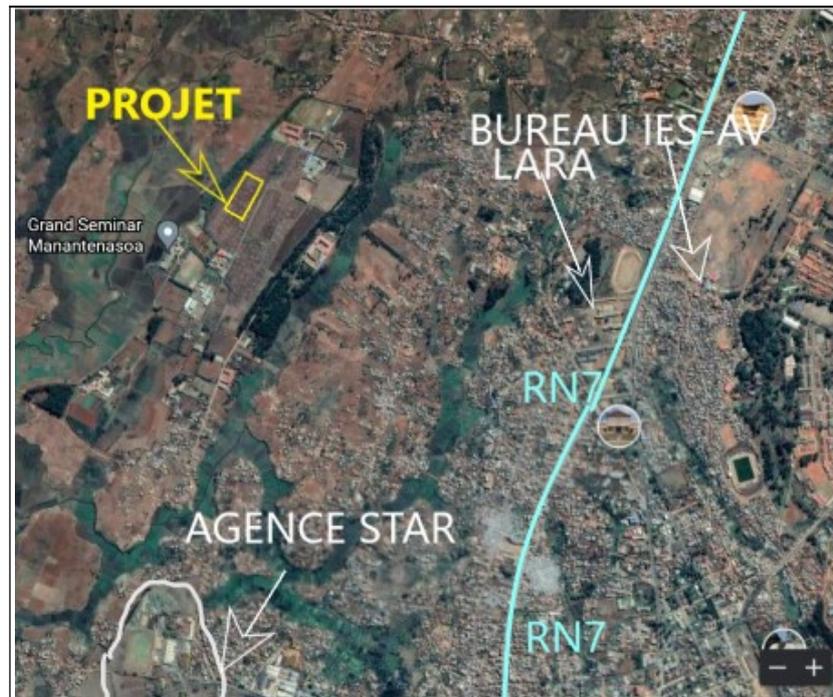


Figure 1: Plan de situation du projet

(Source Google earth)

Situation géographique

La commune est délimitée comme suit :

- Au Nord : Commune Ambohimiarivo
- Au Sud : Commune Mangarano
- A l'Est : Commune Ambohitrandriana
- A l'Ouest : Commune Belazao

Climat

Le climat présente un climat de type tropical tempéré par l'altitude. L'année comporte deux saisons bien distinctes :

- Une saison pluvieuse et moyennement chaude de Novembre à Mars ;
- Une autre fraîche et relativement sèche du Mai à Septembre ;
- Une saison fraîche et relativement froide d'Avril en Octobre ;
- La pluviométrie annuelle est de 1.40mm ;
- La température moyenne est de 18° C environ

1. Définition :

L'université est un ouvrage concernant l'enseignement supérieur après l'étude dans l'enseignement secondaire du second cycle. Notre projet c'est la construction d'une école supérieure intitulée : UNIVERSITE NOTRE DAME DE LA SALETTE ANTSAHASOA sis à Antsirabe.

Implantation du projet :

Le Travaux est implanté dans Fokontany Vohijanahary.

- la façade principale est orientée vers le Nord Est,
- la façade postérieure donne sur le Sud-Ouest,
- la façade latérale gauche se tourne vers Nord-Ouest,
- la façade latérale droite voit le Sud Est.

Perspective de la construction :

L'université prend la forme d'un rectangle de longueur 30m, de largeur 10m et de hauteur 11m

Le niveau du rez-de-chaussée est rehaussé de 20 cm du terrain naturel de deux degrés de marches.

La toiture est en tol galvanisé soutenue par des charpentes en bois.

Mouvement des façades :

La façade principale représente le style de la construction. Une véranda située au rez-de-chaussée et au centre du deuxième étage.

Les fenêtres vitrées décorées par la menuiserie en aluminium garantiront une aération et un éclairage maximum à l'intérieur. Elles sont disposées à chaque niveau de la construction.

La façade postérieure n'est pas même allure que celle de la façade principale. Les vérandas sont annulées.

La façade latérale Gauche présente le même aspect que la façade latérale droite ayant une décoration polygone caché imité de cristal.

Eléments structurels :

Le rez-de-chaussée (RDC) :

Le rez-de-chaussée se compose : Une véranda qui conduit dans des divers bâtiments, le Hall ; l'accueil ; le Salle de prof ; deux salles d'étude A1 et A2 ; un escalier droit à trois palais de repos qui conduit au premier étage ; deux toilettes bien séparé pour fille et pour garçon composé chacun quatre WC en anglaise ; et la salle d'eau.

Dimensions réelles :

La hauteur sous plafond est de 2.875 m

Locaux	Surfaces (m²)	Nombre	Surface totale (m²)
Véranda	11.20	1	11.20
Cage d'escalier	16	1	16
Accueil	32	1	32
Salle de prof	32	1	32
Salles d'étude: A1, A2	26.64	2	53.28
Toilette	25	4	100
Salle d'eau	10	2	20
Dégagement	25.62	1	25.62

Tableau 3: Répartition de l'espace du RDC

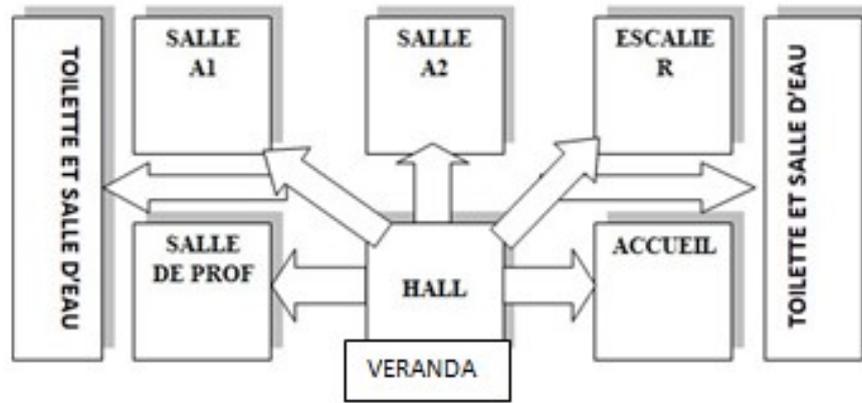


Figure 2: Plan de fonctionnement (R.D.C)

Le premier étage (R+1) :

La répartition des pièces du premier étage est presque la même qu'au rez-de-chaussée. Il n'y a plus de vérandas ; mais le hall, la salle de prof, et l'accueil sont remplacées par trois salles d'étude.

Dimensions réelles :

La hauteur sous plafond est de 2.875m

Locaux	Surfaces (m ²)	Nombre	Surface totale (m ²)
Cage d'escalier	16	1	16
Salles d'étude: B1, B2	26.64	2	53.28
Salles d'étude: B3, B4	23.5	2	47
Toilette	25	4	100
Salle d'eau	10	2	20
Dégagement	25.62	1	25.62

Tableau 4: Répartition de l'espace du premier étage

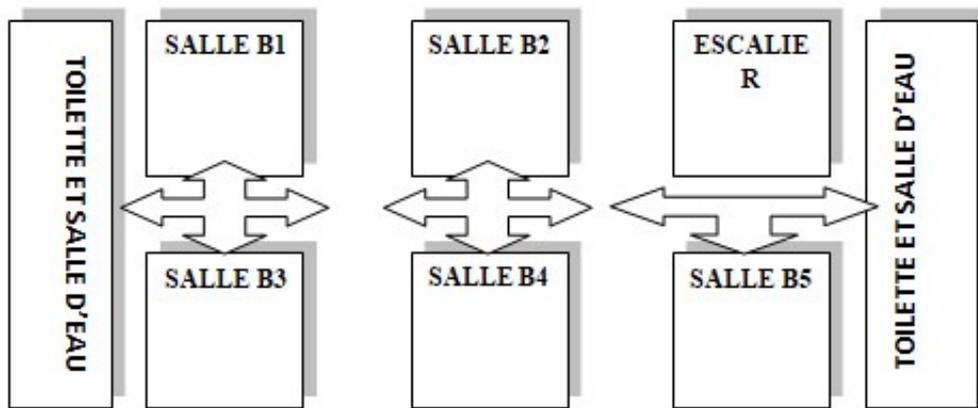


Figure 3: Plan de fonctionnement (Etage R+1)

Le deuxième étage :

C'est au deuxième étage qu'on trouve le bureau du Directeur ; la grande salle ; salle de médiatéc ; labo ; deux salle d'étude et les toilettes avec salle d'eau et la cage d'escalier.

Dimensions réelles :

La hauteur sous plafond est de 2.875m

Locaux	Surface (m ²)	Nombre	Surface total (m ²)
Cage d'escalier	16	1	16
Toilette	14.5	2	25
Salle d'étude : C1	26.64	1	26.64
Salle d'étude : C2	24.3	1	24.3
Bureau	26.64	1	26.64
Médiatéc	30	1	30
Labo	30	1	30
Grande salle	35.4	1	35.4

Tableau 5: Répartition de l'espace du deuxième étage

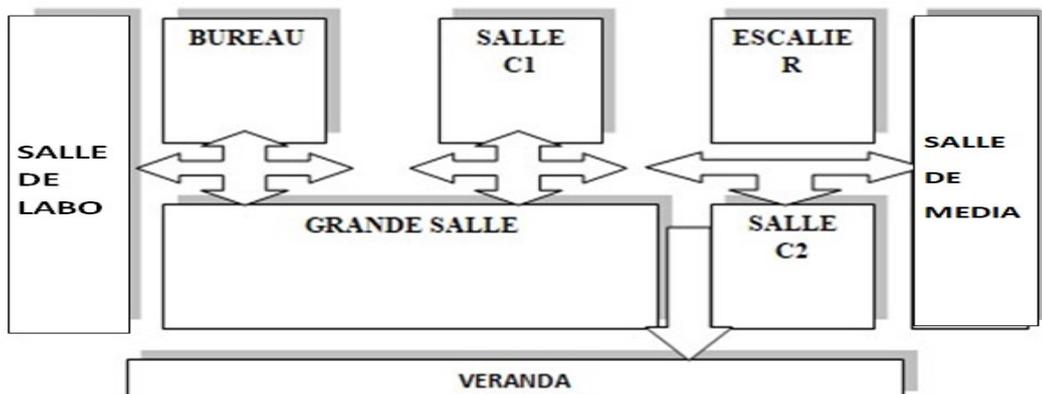


Figure 4: Plan de fonctionnement (Etage R+2)

PARTIE II :
MODE D'EXECUTION DES TRAVAUX
ET LA PROVENANCE DES
MATÉRIAUX

I. LES DOSSIER A FOURNIR AVANT LA CONSTRUCTION

Avant d'exécuter les travaux, il y a encore des pièces écrites à vérifier comme la demande d'alignement, demande de certificat d'urbanisme et le permis de construction.

Demande d'alignement :

- Plan de situation : c'est plan qui donne où se situe l'endroit à l'échelle 1/1000 ou 1/2000. Il est délivré par le SERVICE TOPOGRAPHIQUE avec coordonnées Laborde. Il est délivré à 90 jours après le dépôt du dossier.
- Certificat de situation juridique : il est délivré par le SERVICE DU DOMAINE. La date de délivrance est au plus d'une semaine.
- Un plan d'implantation à l'échelle 1/00 ou 1/200.

Bref, la délivrance de la demande d'alignement ne requit qu'après présentation du plan de situation juridique dans la durée de 3 mois.

La délivrance d'alignement sera 90 jours après le dépôt du dossier à la commune.

Il faut accompagner avec le plan de situation et le certificat de situation juridique un plan d'implantation contenant le plan du bâtiment à construire, le plan de la fosse septique avec évacuation des eaux et plan du puisard si nécessaire à l'échelle 1/100.

1. Demande permis de construction :

Le permis de construire est obligatoire avant tout le début de travaux. Pour avoir un permis de construire, il y a plusieurs dossiers à fournir.

Le dossier présenté à la mairie et à la direction départementale de l'équipement (D.D.E) comporte entre autre :

- ❖ Un plan de situation à l'échelle 1/5000 ; 1/10000.
- ❖ Un plan de masse à l'échelle 1/500 ;
- ❖ Les vues en plan de chaque niveau à l'échelle 2cm par mètre (0,02) ;
- ❖ Les coupes verticales à l'échelle 0,02 (2cm par mètre) ;
- ❖ Les façades (façade principal, postérieure, latérale gauche et latérale droite)
- ❖ Le plan de passage des canalisations souterraines, voirie et réseaux divers (V.D.R) ;
- ❖ La notice descriptive des travaux (devis descriptif).

- Il faudra d'abord les formalités administratives obligatoires à effectuer en vue de construire
- Pour en être sûr, il faut un certificat d'urbanisme avant d'en effectuer l'achat
- ❖ Les services de la mairie délivrent en trois exemplaires de la demande de certificat d'urbanisme.
- ❖ A cette demande en trois exemplaires, vous joignez un plan de situation détaillé du terrain.
- ❖ Le premier exemplaire est à envoyer à la mairie de la commune où se situe le terrain, et les deux autres, au directeur départemental de l'équipement.
- ❖ Après deux mois de la date de dépôt, vous recevrez votre certificat d'urbanisme. Il est valable un an.
- ❖ Vous passez l'acte d'achat du terrain devant le notaire, vous voilà propriétaire !
- ❖ Maintenant, vous passez penser à l'étude des plans de votre future maison.
- ❖ Dans l'atelier d'architectures va mettre au point le projet, en tenant compte de vos idées et de vos désirs, pour l'obtention de permis de construire

II. LES PRINCIPAUX OUVRAGES DE CONSTRUCTION D'UN BATIMENT

Installation de chantier :

Tout d'abord, il faut construire le mur de clôture provisoire :

Pour raison de sécurité :

- Des matériaux stockés pour éviter le vol ;
 - Des travaux pour éviter l'accident pour les personnes étrangères aux travaux.
- Pour différencier la partie à construire.

Travaux de terrassement :

Ils permettent de préparer l'assise de la construction et de ses abords.

Travaux à effectuer :

- creuser à l'emplacement des fondations
- dégager les terres extraites
- niveler, aplanir ou combler suivant les cas. Matériel utilisé : engins mécaniques.

Implantation:

Avant le creusement de la fouille pour fondation, il faut faire l'implantation de l'ouvrage. Elle sert à matérialiser sur le terrain les lignes principales de la construction. Exemples : les murs de façade, les fondations, les terrassements....

Opérations à effectuer :

- des alignements (lignes directrices)
- des tracés d'angle
- des nivellements (plans horizontaux, repères de niveau)

Fondation :

Elles servent à transmettre directement au sol les charges du bâtiment en tenant comptes de sa propre masse. Notre cas est « semelles isolée » c'est-à-dire : semelle placée sous un poteau .Les fondations sont des ouvrages en béton.

Béton**➤ Mélange**

Pour le mélange des matériaux constituant, on emploie la bétonnière à toupie basculante avec benne de chargement de capacité 500 litres. La bétonnière permet d'obtenir une régularité et une qualité supérieure des bétons. L'eau ne doit être ajoutée que progressivement. Le béton de propriété est dosé de 250 Kg/m^3 et le béton armé est dosé de 350 Kg/m^3 .

➤ Coffrage et Décoffrage

Les coffrages sont moulés en bois généralement provisoires à l'intérieur desquels seront placées les armatures et où sera coulé le béton.

Ils doivent être réalisés de telle sorte que la mise en place du béton soit facile et qu'on puisse les enlever aisément lorsque le béton aura acquis une durée suffisante.

Les coffrages sont appelés à supporter des poids élevés, envisagent une vibration ou pervibration du béton, et sont soumis aux ébranlements dus au damage ; donc ils doivent être très solidement construits, plus jointifs et biens étayés. Si on emploie du bois, celui-ci doit être sain et proprement raboté sur toutes ses faces. L'épaisseur des planches couramment employées est de 2 à 3 cm.

La distance des armatures entre elle et aux parois des coffrages, doit être suffisante pour permettre la mise en place correcte du béton et laisser une distance libre au moins égale à la grosseur maximum de l'agrégat. Le décoffrage doit être effectué en enlevant les panneaux sans efforts brusques et violents de façon à ne pas abîmer le béton. Le délai de décoffrage varie suivant l'ouvrage exécuté.

➤ Mise en place du béton

Le béton est transporté de la bétonnière à son lieu d'emploi par des engins spécialisés (camion toupie) suivant la distance et la quantité. Pendant ces différentes opérations de transport, il faut veiller à éviter la ségrégation du béton (agrégats accumulés au bas des récipients) en le remuant à chaque fois que cela est possible. Pour éviter le phénomène de cavité, on ne doit pas faire tomber le béton d'une hauteur supérieure à 1.50m. Il est recommandé de ne pas bétonner pendant des heures trop chaudes de la journée pour éviter une évaporation très rapide de l'eau, nuisible à la prise et le durcissement du béton. Il est indispensable de mouiller abondamment les coffrages avant de couler le béton. La mise en œuvre du béton nécessite que le béton, soit bien tassé au fer et à mesure du remplissage des coffrages pour assurer une bonne adhésion du béton aux armatures d'une part, et la protection des armatures contre la corrosion d'autre part. On utilise alors le pervibrateur pour minimiser les vides dans le béton.

➤ Les armatures

L'armature est un assemblage, par soudures ou attaches, constitué par des ronds aciers :

- Longitudinaux appelés aciers principaux.
- Transversaux appelés cadres, étriers, épingles, cerces, spires cadres frettés.

Les murs :

Ce sont des ouvrages verticaux en maçonnerie, porteurs ou de remplissage. Ils ont pour rôle de participer à la stabilisation de l'ouvrage, de clôturer ou de délimiter un espace. Ils assurent le confort intérieur, l'isolation thermique et acoustique. Ils contribuent à l'esthétique, grâce aux parements muraux et revêtements, aux enduits, aux peintures. Dans la maçonnerie, les briques doivent être disposées en panneresse, alternées à chaque niveau pour éviter la fissuration des murs. Les différentes briques sont appareillées par le mortier de ciment. Il faut vérifier l'horizontalité et l'équerrage des murs à une hauteur, à mur fini.

Les mortiers :

Les mortiers servent surtout à réaliser : les maçonneries, enduits et chapes.

Le rôle des mortiers varie suivant la nature des ouvrages :

- Assurer la liaison des éléments constitutifs des murs.
- Transmettre les charges par les joints horizontaux, verticaux ou inclinés, des murs porteurs.
- Assurer la protection contre les intempéries par les enduits extérieures.
- Protéger des infiltrations d'eau et de l'humidité.
- Revêtir les murs sous-sol par des enduits intérieurs.
- Nivelier la surface béton par réalisation de chape.

Les dosages des mortiers de ciments à utiliser : 350 Kg/m^3

Les enduits et revêtements intérieurs :

Ils servent à la décoration et à la protection des murs et des sols. On distingue :

- Les enduits de base de plâtre : sur murs, cloisons et plafonds.
- Les revêtements de murs : faïences, grès émaillé et plaquettes décoratives.
- Les revêtements de sols: carrelages en grès cérame, plastiques et moquettes.

Les planchers :

Ce sont les ouvrages horizontaux porteurs des charges permanentes et des surcharges d'exploitation à chaque étage. Ils s'appuient sur : les murs de façade, les murs de refend et la structure poteau poutres.

Ils constituent un écran isolant

- thermique (contre les échanges de chaleur),
- acoustique (contre les bruits aériens et d'impact).

Désignation des planchers suivant leur mode de réalisation :

- Planchers traditionnels réalisés entièrement sur le chantier ex : dalle pleine en béton armé
- Planchers semi-préfabriqués comportant :
- es poutrelles en béton armé ou en béton précontraint

- des entrevous en béton, en terre cuite, en polystyrène, etc.
- une dalle de compression réalisée sur place.
- Planchers-préfabriqués comportant :
 - d'une seule pièce
 - par éléments de grandes dimensions

Les hourdis constituent les coffrages pour les nervures et la dalle de compression.

Ils doivent se poser sur des planches disposées horizontalement dans le sens du plancher. On procède aux étapes suivantes : étayage en bois ou métallique – coffrage – pose des hourdis - ferrailage de nervures et la dalle de compression – pose de dalle et béton – des conduites d'électricité – coulage de béton.

III. QUALITE ET PROVENANCE DES MATERIAUX

1. Les matériaux naturels de construction :

Ce sont les matériaux qui proviennent des différentes roches pour servir à la réalisation des ouvrages en maçonnerie (murs, revêtements de sols, couverture, mortiers et bétons, etc....).

Quelques exemples d'ouvrage en matériaux naturels

- Murs en pierres de taille
- Maçonnerie de moellons en calcaire, en granit, en grès, etc. ...
- Revêtements de sol ou de murs en dalle de marbres, de schistes, de calcaire.
- Composition de mortier et béton : les granulats (gravillon ou sable de roche dures et très dures

Avantage des matériaux naturels pour la construction

Ils sont les plus meilleurs matériaux pour construire les éléments porteurs comme :

- ✓ Les murs porteurs (façade en moellon taillés),
- Décoration et protection (soubassement de maison),
- Revêtement horizontal (dallage sur Terrasse),
- revêtement vertical (dalle de pierre scellée dans le mur porteur)

2. Les granulats : sable et gravillon :

Ce sont des matériaux inertes provenant des roches, matériaux naturels extraits des carrières ou de greniers et choisis pour leur propre bonne qualité et ils sont entrés dans la composition des mortiers et des bétons. Les granulats peuvent être naturels et artificiels selon leurs provenances.

Granulats naturels

Ils proviennent de la désagrégation naturelle des roches (sous l'effet de l'eau, du gel, du vent) :

- Ignées : porphyres, basaltes
- Sédimentaires : calcaires, sillico-calcaires
- Métamorphiques : grès durs

Ils sont extraits :

- Directement des rivières comme les sables de Loire, de seine, sables et graviers du Rhône et les sables et graviers de la Garonne.
- De gisements, dépôts d'alluvions par l'ancienne rivière : sable de fontainebleau.
- Des dunes de sable fin transporté par le vent, ce sont le sable de dune.

Granulats artificiels

Ils sont obtenus :

- par concassage et criblage en carrière: de roches naturelles dures (sable concassé et gravier concassé), et de scories de haut-fourneaux (laitier concassé)
- par fabrication de granulats dits légers (argile expansée par cuisson à 1100°C, vermiculite par grillage à 900°C, laitier expansé par vapeur d'eau, et schistes expansés).

Les pouzzolanes sont des scories provenant des volcans

- Elles sont exploitées en Italie (Pouzzoles) et en Auvergne (Puy-de-Dôme).
- Elles ont un aspect rugueux et caverneux.
- Ce sont des granulats naturels, expansés et légers.

APPELLATION		Dimension de la maille des tamis en mm
Pierres cassée et cailloux	Gros	50 à 80
	Moyens	31,5 à 50
	petits	20 à 31,5
Gravillons	Gros	21,5 à 20
	Moyens	8 à 12,5
	Fins	5 à 8
Sable	Gros	1,25 à 5
	Moyens	0,31 à 1,25
	Fins	0,08 à 0,31
Fines, Farines et Fillers	poudre	inférieur à 0,08

Tableau 6 : Classement des granulats**Qualité d'un bon sable**

Un bon sable est formé de grain présentant des aspérités (bon accrochage du ciment) et exempt d'impureté (sels, organique). Pour cela, il doit être tamisé et éventuellement lavé.

Le sable marin est à éviter, car il pourrait être décollé sur l'ouvrage après quelques moments plus tard, c'est-à-dire, le sable marin n'a pas d'accrochage au ciment.

De préférence, on utilise le sable de rivière en raison de sa propreté.

Terminologie	Diamètre en mm	Utilisation
Sable très fin	0.045 à 0.090	Mortier
Sable fin	0.090 à 0.125	
Sable moyen	0.125 à 0.250	Crépissage
Sable gros	0.250 à 2.500	Chape
Grave	2.5 à 5	Béton

Tableau 7 : Classification des sables

3. Les éléments constitutifs du béton :

Le béton est la composition du ciment, sable et gravillon avec l'eau qui est également dosé à 250 à 400 kg/m³, sauf le béton de propreté dosé à 150 à 250 kg/m³. C'est-à-dire, le poids de ciment par mètre cube du béton mis en œuvre est compris entre 250 à 400 kg et 150 à 250 kg.

Exemple de dosage du béton dosé à 350 kg/m³ :

Ciment CEM I (CPA).....350 kg

Sable de rivière0.450 m³

Gravillon : 5/15 + 15/25.....0.850 m³

Eau170 L

Avec gravillon de 5/15 = $1/3 \times 0.850 \text{ m}^3$ et gravillon de 15/25 = $2/3 \times 0.850$

- **Les aciers pour armatures :**

Définition :

L'acier est un matériau indispensable pour la construction du béton armé. C'est ce qu'on appelle armature. Dans le marché, l'acier est généralement vendu en barre de 12 m de longueur avec le diamètre qui varie de 6 à 40 mm

Types d'acier utilisé :

Pour les armatures, on emploiera l'acier à haute adhérence de nuance FeE400. D'après le calcul de béton armé, son allongement unitaire est limité à 10 %. Généralement, le coefficient de sécurité de l'acier est $\gamma_s = 1.15$. La haute adhérence est généralement obtenue par des nervures en saillie sur le corps de l'armature, ou par torsion d'un fil circulaire.

Pourquoi armée le béton

On a mis des aciers au sein de béton car :

- Il y a une bonne adhérence entre eux ;
- Le béton résiste bien la compression et les aciers résistent bien la traction ;
- Ils sont des mêmes coefficients de dilatation.

- **L'eau de gâchage :**

L'eau utilisée dans la construction devra être pure, c'est-à-dire, sans acide ni alcali. On évite alors l'eau sale et l'eau qui contient des produits chimiques.

- **Le ciment :**

Le ciment est le produit de cuisson au plus de 1000 °C de calcaire marneux et argileux ou, d'autre constituant qui peut apporter de l'Alumine Al_2O_3 , de la Silice SiO_2 et de l'oxyde de fer Fe_2O_3 . Il y a beaucoup de différents types de ciments utilisées dans la construction mais nous n'utilisons que le ciment CEM I (CPA : Ciment Portland Artificiel).

4. Agglos de 20 :

L'agglos ou parpaing est un matériau rectangulaire obtenu par séchage d'un mortier en ciment; ayant divers dimension selon le choix du client. Mais l'agglos de 20 a un dimension de 20*20*40, c'est-à-dire qu'il a un longueur de 40cm, de largeur 20cm, et d'une hauteur 20cm aussi.

5. Les mortiers :

Un mortier est une pâte au moins molle obtenue à partir :

D'un liant : chaux, ciment, plâtre

De matières inertes : sable, graviers fins

De l'eau : agent fluidifiant

Rôles :

Le rôle du mortier est de relier, de faire coller entre eux et les éléments résistants de la maçonnerie : briques, pierres, agglomérées, moellons

Qualité requises :

- Le mortier doit être étanché en façade.
- Le mortier doit être adhérent aux matériaux.
- Le mortier doit être homogène.
- L'eau de gâchage doit être propre.

Pour obtenir une bonne étanchéité, un mortier doit être compact, c'est-à-dire, comporte le minimum de vide

Emplois :

Réalisation des joints de maçonneries, enduits protecteurs ou décoratifs des murs, chape d'usure et d'étanchéité sur le sol et sur la terrasse.

6. Les bois et menuisier :

Le titulaire doit utiliser des bois durs du pays, esthétiquement attractifs c'est-à-dire ayant une résistance considérable à l'attaque biologique. Ainsi les bois utilisés devront être secs, sains, exempt de tout trace de pourriture ou d'échauffure, de nœuds vicieux, des nœuds de pourris et imprégnés d'un produit présentant une efficacité fongicide et insecticide de longue durée genre « xylophène » ou d'un produit similaire. Le produit employé devra toutefois après séchage, permettre l'application des peintures.

Propriétés des bois de construction :

-Elles ont de densité relativement basse comparé aux matériaux de construction standard ; haute résistance à la flexion, à la traction et à la compression ; faible conductivité thermique ; irrégularité de croissance ; tendance à absorber et libérer l'humidité ; combustible et renouvelable.

-Le retrait longitudinal est approximativement 8 % du vert jusqu'à l'état sec. Le retrait est négligeable sur le plan tangentiel (0.1 % à 0.2 %).

Les bois ronds :

Ils sont réservés pour l'échafaudage et généralement à partir des jeunes arbres (3 ou 5 à 7 ans). Les pertes par sciage sont éliminées à 100 % et la résistance naturelle du bois sera maintenue. Le bois rond est plus résistant que le bois scié ayant la même section.

Les bois sciés : Ils seront réservés ici juste pour les portes pleines.

7. Le mâchefer :

Origine et la composition chimique :

C'est un résidu provenant :

- Soit de la combustion des charbons gras, anthraciteux, coke...
- Soit de l'incinération des ordures ménagères.

Les mâchefers sont plus riches que les laitiers de hauts fourneaux en silice (35 à 50 %) donc plus acides, et d'autant plus qu'ils contiennent moins de chaux (3 à 16 %). Ce qui provenant de l'incinération des ordures peuvent renfermer jusqu'à 15 % d'oxyde de fer.

Caractéristique du mâchefer :

C'est un matériau poreux et scoriacé, hétérogène, renfermant diverses impuretés :

- Des imbrûlés à l'état de grain cokéfiés, source d'accident dus aux combinaisons chimiques avec le ciment ou le plat ;
- Des sels expansifs produisant le même phénomène que le sable gypseux, et des efflorescences, et cela de long mois après la mise en œuvre, sous l'effet de l'humidité et de l'acidité de l'air (Magnésie et Chaux, Sulfates, Sulfures) ;

Quel mâchefer faut-il utiliser et / ou se les procurer ?

Les impuretés dans mâchefer utilisable en construction, ne doivent pas dépasser les valeurs suivantes :

- Imbrûlés 15 à 20 % Sulfate (SO_3) 1 %
- Chaux éteinte 2 % Sulfate 0.5 %

En outre, aucune trace de chaux ou de magnésie surcuits, ni de particules de fer. Ce sont les industries produisant la combustion complète des charbons dans leurs qui fournissent les meilleurs mâchefers et qualité constante : usines à gaz ; foyers industriels.

Utilisations du mâchefer :

Avant de l'utiliser, il y a des conditions préalables à suivre ; il faut :

- L'exposer aux intempéries durant au mois et au besoin l'arroser, d'où nécessité de s'approvisionner d'avance.
- Le cribler à la passoire module 35, de façons à éliminer les grains inférieurs à 205 mm

En effet, ce sont les fines qui renferment la plus grande partie des impuretés, et nécessitent d'avantage d'eau de mouillage. Le mâchefer constitue un granulat valable pour fabriquer des bétons légers. En outre, à l'état brut, en vrac, il sert de matériau filtrant pour lits bactériens, pour constituer des hérissonne, et en fond de remblai comme matériau drainant.

8. Assainissement :

Plomberie sanitaire :

La canalisation des appareils sanitaires sera réalisée en tuyau galvanisé avec toutes les pièces accessoires au bon fonctionnement des appareils. Les alimentations en eau froide auront des sections proportionnelles aux débits nécessaires au nombre d'appareils afin que ceux-ci aient un fonctionnement parfait. Tous les appareils sanitaires seront en faïences et doivent avoir l'agrément du concepteur avant pose.

Evacuation des eaux pluviales et des eaux usées :

Les eaux pluviales s'évacuent au sein de BCC Ø150 de diamètre en pente proportionnelle jusqu'au regard principal. Et pour les eaux usées, puis elles tombent ensemble vers l'égout public.

Canalisation des eaux vannes :

La canalisation des eaux vannes sera BCC Ø150 de diamètre pour l'évacuation jusqu'au puisard. Ces tuyaux seront sur le lit de sable de l'impureté d'éléments coquilliers et notamment d'argile.

Descente d'eau pluviale

Elle sera en tuyau PVC Ø80 posés sur colliers à deux boulons en fils galvanisés scellés au mur.

9. Peinture :

Les peintures ainsi que les produits de rebouchage et enduit seront en fonction de l'exposition de surface, notamment intérieure et extérieure. Ils devront parvenir sur le chantier dans des récipients clos comportant les marques d'origine et d'intensification. L'ouverture de l'emballage aura lieu en présence de l'agent chargé de contrôle. Les produits courants seront conformes à la qualité des échantillons agréés. Les matériaux employés seront de la même qualité et doivent répondre aux normes. Les peintures jouent le rôle de décoration et d'antirouille pour les ouvrages métalliques.

10. Vitrerie :

L'épaisseur des vitres dépendra de l'ouvrage à réaliser. Les qualités des verres ainsi que leurs mises en œuvre doivent être conformes aux normes.

Objet de quincaillerie :

Tous les objets de quincaillerie, serrurerie, ferrage doivent correspondre aux nécessités des travaux à exécuter. Les quincailleries devront être de la première qualité et seront conformes aux normes, les pattes de scellement recevront une couche antirouille avant pose.

Ils seront en métal inattaquable par la rouille.

11. Le carrelage :

Les carrelages sont des revêtements de sol ou de mur constitués de carreaux de grès cérame, de terre cuite, de faïence ou de verre. Ils peuvent être fabriqués par des artisans, mais leur production est surtout industrielle.

Nous n'utiliserons que des carreaux de grès cérame et ceux de faïence.

Les carreaux de grès cérame comprimé :

- La définition du matériau :

Ces carreaux de grès, référencés NF EN 176 P61-405, sont fabriqués à partir d'un mélange d'argile et de feldspath comprimé et portés à une température de cuisson de 1250°C.

Ils sont durs, imperméables, incombustibles et non rayables par une lame d'acier.

- Les formes et les dimensions :

Ces céramiques se présentent sous des formes très variées : en carrée, rectangle, hexagone ou trèfle, mais les dimensions les plus courantes sont : 10 cm x 10 cm, 10 cm x 20 cm, et 30 cm x 30 cm.

- Les domaines d'utilisation :

Les carreaux de grès cérame bruts (non émaillés) conviennent pour tous les emplois : sols et murs, intérieurs et extérieurs.

Les carreaux de grès cérame émaillés se répartissent entre quatre classes en fonction de leur résistance aux sollicitations dues au passage et au piétinement :

La classe I : définit les carreaux résistants à de très faibles sollicitations utilisables dans les salles de bains et les chambres sans liaison directe avec l'extérieur ;

La classe II : définit les carreaux résistant à de faibles sollicitations, aussi sont posés en revêtement de sol en appartements et maisons individuelles, à l'exception des cuisines, escaliers, et palier en liaison avec l'extérieur ;

La classe III : présente des carreaux qui doivent résister à des sollicitations moyennes : appartement et chambres d'hôtel ;

La classe IV : désigne des carreaux pouvant résister à des fortes sollicitations, donc utilisables dans toutes les parties d'immeuble et maisons individuelles, pour les entrées d'hôtel, les restaurants et les commerces.

Les carreaux de faïence

- La définition du matériau :

Les carreaux de faïence sous la norme NF EN 159 P61-408, sont constitués de terre cuite assez tendre appelée biscuit et d'une couche d'émail cuite au four qui recouvre le biscuit et l'imperméable. L'émail peut être brillant, semi-mat, mat ou nuagé. Leur fragilité interdit de les poser en revêtement de sol.

- Les formes et les dimensions :

Ces carreaux peuvent être carrés, rectangulaires, hexagonaux...

Les dimensions les plus courantes sont : 10.8 cm x 10.8 cm ; 10 cm x 20 cm ; 7.5 cm x 15 cm ; 15 cm x 15 cm ; 15 cm x 20 cm ; 20 cm x 20 cm ; 20 cm x 30 cm ; 20 cm x 40 cm.

- Le domaine d'utilisation :

Les carreaux de faïence sont exclusivement réservés au revêtement des murs.

PARTIE III :
ETUDES TECHNIQUES

I. PRE-DIMENSIONNEMENT

Le pré-dimensionnement consiste à évaluer les dimensions des éléments pour que chacun de ces derniers puissent résister efficacement à la sollicitation auquel ils sont soumis.

1) Les planchers :

Il y a trois types de planchers :

- Les planchers en bois
- Les planchers en BA (hourdis ou corps creux, Dalle pleine)
- Les planchers métalliques

Dans ce projet nous choisissons le plancher en BA (dalle pleine) dont l'épaisseur h ou e de la dalle est donnée par l'expression suivante :

$$\alpha = \frac{L_x}{L_y}$$

α : Condition de l'appui de la dalle

L_x : Longueur de la petite porté de la dalle (largeur)

L_y : Longueur du grand porté de la dalle (longueur)

$\alpha = \frac{L_x}{L_y} \leq 0.40$ Dalle portant sur une direction (sur un seul sens)

$$\frac{L_x}{35} \leq h \leq \frac{L_x}{30}$$

$\alpha = \frac{l_x}{l_y} \geq 0.40$ Dalle portant sur deux directions (sur deux sens)

$$\frac{L_x}{40} \leq h$$

Remarque : pour la raison de la construction l'épaisseur h de la dalle doit être comprise entre

$$8 \leq h \leq 20$$

Dans notre cas, la longueur du petite porté $L_x = 4$ m et la longueur du grande porté

$L_y = 6.75$ m, ce sont les dimensions de la salle SI_1 pareillement à SI_2 de $27m^2$.

Pour ce là on calcul α .

$\alpha = \frac{4}{6.75} = 0,59 > 0.40$, donc la dalle est portée par les 4 côtés. Dans ce cas h l'épaisseur du dalle est comprise entre $[\frac{L}{35}; \frac{L}{25}]$, tel que **L** est la porté de calcul dont la formule est

$$L = \sqrt{Lx * Ly}$$

$$L = \sqrt{400 * 675}$$

$$= 519.61$$

Alors $h \in [14.84 ; 20.78]$

On prend : **h = 15 cm**

2) Choix de l'ossature :

En général, il y a deux modes de construction en bâtiment :

Le bâtiment dit « à murs porteurs » et le bâtiment à ossature.

Nous avons choisi la construction à ossature qui assure la sécurité, et qui découle d'une synthèse logique d'élément diversité .Elle a pour fonction d'organe de résistance pour l'ossature : poteaux, poutres, chaînages, etc....

3) Poutre de section rectangulaire :

La hauteur **h** de la poutre est déterminée par la condition de rigidité ou déformabilité des poutres :

▪ Poutre isostatique :	$\frac{L}{16} \leq h \leq \frac{L}{10}$
▪ Poutre continue :	$\frac{L}{18} \leq h \leq \frac{L}{14}$

On va choisir la poutre continue pour avoir une meilleure architecture. Ainsi, dans notre cas, la plus grande portée est égale à **Ly=6.75m** ; et **Lx=4m** pour les poutres transversal.

Longueur entre nue d'appuis	L[cm]	$\frac{L}{18}$ [cm]	$\frac{L}{14}$ [cm]	On prend h [cm]
Poutre longitudinale	675	37.5	48.21	45
Poutre transversal	400	22.22	28.57	25

Tableau 8 : Hauteurs des poutres

Base de la poutre : **b**

$$0.3d \leq b \leq 0.5d$$

Avec $d=h-e$

e : 2.5cm pour l'enrobage des aciers ;

h : hauteur de la poutre

	h [cm]	d [cm]	0.3d [cm]	0.5d [cm]
Poutre longitudinale	45	42.5	12.75	21.25
Poutre transversal	25	22.5	6.75	11.25

Tableau 9 : Calcul de la base des poutres

Prenons la valeur de **b=20cm** pour avoir une conformité aux murs.

D'où les sections de la poutre sont **20*45 cm²** longitudinalement ; et **20*25cm²** transversalement.

Les dimensions ci-dessus doivent vérifier la première condition de non déformabilité d'une poutre :

$$\frac{h}{L_{max}} \geq \frac{1}{16}$$

Poutres	h(m)	Lmax(m)	$\frac{h}{L_{max}}$	1/16	condition
Longitudinale	0.45	6.75	0.066	0.0625	vérifiée
Transversale	0.25	4	0.0625	0.0625	vérifiée

Tableau 10 : Vérification de non déformabilité d'une poutre

4) Poteaux :

Ce sont des éléments porteurs verticaux qui constituent des points d'appuis pour transmettre les charges concentrées, et servent à supporter les poutres, planchers, etc....

Hypothèse

On pose les hypothèses suivantes :

- Les poteaux travaillent en compression centrée, simple ;
- La durée d'application des charges est plus de 24h ;
- Les aciers en Fe E 400
- Tous les efforts verticaux sont équilibrés par la section réduite du béton ;
- Le béton a pour caractéristiques : dosage 350kg/m³, de CEM I 42.5, $f_{c28} = 25$ MPa, $f_{t28} = 2.1$ MPa.

Vérification de la condition de non flambement

En réalité le poteau est soumis à une sollicitation simple et il doit remplir la condition de non flambement, telle que :

$$\frac{l_f}{a} \leq 14.4$$

l_f : longueur de flambement ($l_f = 0.7 \cdot l_0$), où l_0 est la longueur libre du poteau ;

a : largeur de la section du béton (on a la largeur comme celle du mur 20cm)

	Rez de chaussée	R+1	R+2
l_0	3.00	3.00	3.00
l_f	2.1	2.1	2.1
$\frac{l_f}{a}$	10.5	10.5	10.5
$\frac{l_f}{a} \leq 14.4$	Vérifiée	Vérifiée	Vérifiée

Tableau 11 : Vérification de non flambement des poteaux

On peut alors déterminer la section des poteaux par la relation :

$$S \geq \frac{N}{0.9 \cdot \sigma_{bc}}$$

S : section du poteau (a*b) ;

0.9 : coefficient de sécurité ;

N : effort normal qui agit sur le poteau considéré, $N = nqA$

- ✓ n : étant le nombre de niveaux supportés par le poteau ;
- ✓ q : la charge au m² supportée par le poteau venant du plancher. Cette charge est comprise entre 1.2T/m² et 1.5T/m² ; dans notre cas, on prend $q = 1.25T/m^2$;
- ✓ A : aire de chargement du poteau à étudier, $A = 24 \text{ m}^2$

Etage	Niveau n	Charge q [T/m ²]	Aire de chargement [m ²]	Effort normal N[T]
RDC	3	1.25	24	108
R+1	2	1.25	24	72
R+2	1	1.25	10.4	36

Tableau 12 : Valeur d'effort normal pour chaque poteau

σ_{bc} : contrainte de compression du béton, $\sigma_{bc} = \frac{0.85 f_{c28}}{\theta \gamma_b}$

- ✓ f_{c28} : résistance à la compression du béton à 28 jours d'âge, 25MPa ;
- ✓ θ : coefficient qui dépend de la durée d'application alors $\theta = 1$ car $t \geq 24h$;
- ✓ γ_b : 1.5 coefficient de sécurité.

D'où $\sigma_{bc} = \frac{0.8 \cdot 25}{1 \cdot 1.5} = 14.16 \text{ MPa}$.

Etage	N	$\frac{N}{0.9 * \sigma_{bc}}$	Valeur de b pour que a= 0.2m
RDC	108	0.0847 m ²	b ≥ 0.42
R+1	72	0.0565 m ²	b ≥ 0.28
R+2	36	0.0282 m ²	b ≥ 0.14

Tableau 13 : dimensionnement des poteaux

CONCLUSION :

Pour le rez-de-chaussée, on prend **20*45** cm²

Pour le premier étage, on prend **20*30** cm²

Pour le deuxième étage, on prend **20*20** cm²

II. DESCENTE DES CHARGES

1) Définition :

On appelle descente des charges, le principe de distribuer les charges sur les différents éléments que compose la structure d'un bâtiment. On commence par le niveau le plus haut (charpente, ou toiture terrasse) et on descend au niveau inférieur et cela jusqu'au niveau le plus bas (fondation).

La descente des charges consiste à calculer pour chaque porteur (mur, poteau, poutre, semelle...). Les charges qui leur sont transmises en considérant un à un les étages en partant de l'étage le plus haut et en descendant progressivement pour en faire le cumul à la fin de permettre à calculer des éléments porteur et de leur fondation.

On distingue deux charges :

- Les charges verticales
- Les charges permanentes dont l'intensité est constante ou varié très peu dans le temps.
- Les surcharges d'exploitation qui dépendent de l'utilisation.
- Les charges horizontales
- Les charges dues aux variations de la température et au retrait.
- Les charges climatiques du vent ou effet du vent

2) Principe de calcul :

Avant de commencer le calcul de la descente des charges, il est nécessaire d'établir un principe de structure niveau par niveau avec le sens de portée de la charpente et des planchers, balcon, les poteaux, les poutres, etc....

Ensuite on détermine les caractéristiques des éléments porteurs : types de planchers, revêtement de sol (épaisseurs et nature), types de toiture (tuile, ardoise, possibilité de neige), cloison, types et épaisseur de mur (briques, parpaing, béton).ces sont les charges permanentes (en daN/m ou daN/m² ou daN/m³).

Puis, on définit d'utilisation des pièces (logement, circulation, archives, bureau, etc.....) pour choisir les surcharge d'exploitation à appliquer au plancher (en daN/m ou daN/m²). Ces sont des charges qui prennent en compte les objets, les mobilier, des personnes et autres objets. On peut y inclure des cloisons qui peuvent être enlevé ou déplacées.

Les plans nécessaires pour faire le calcul :

- Plan d'architectures, pour choisir leur utilisation.
- Plan de coffrages, pour connaître les dimensions des éléments de structures.
- Les coupes pour avoir la hauteur.

Et pour terminer on récapitule les charges permanentes et surcharges d'exploitation dans un tableau unique.

3) Etat limite :

Un état limite est un état pour lequel une condition requise satisfaite à cesser d'être en cas de modification déformable de l'action. On distingue deux état limites : si on note G = charge permanente et Q = surcharge d'exploitation

Etat limite ultime (E.L.U.)

C'est la limite de résistance mécanique à la capacité portante maximal au-delà de laquelle, il y a une ruine de l'ouvrage en d'autre terme il y a une perte de l'équilibre statique de l'ouvrage.

$$P_u = 1,35G + 1,5Q$$

Etat limite de service (E.L.S)

L'état limite de service est lié aux conditions normales d'exploitation et de la durabilité de l'ouvrage ; cet état met en jeu les ouvertures exclusives de fissure, la compression excessive de Béton, les imbrications trop élevées et les déformations trop importante de l'ouvrage qui peuvent créer des problèmes

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

4) Choix de la file a étudier :

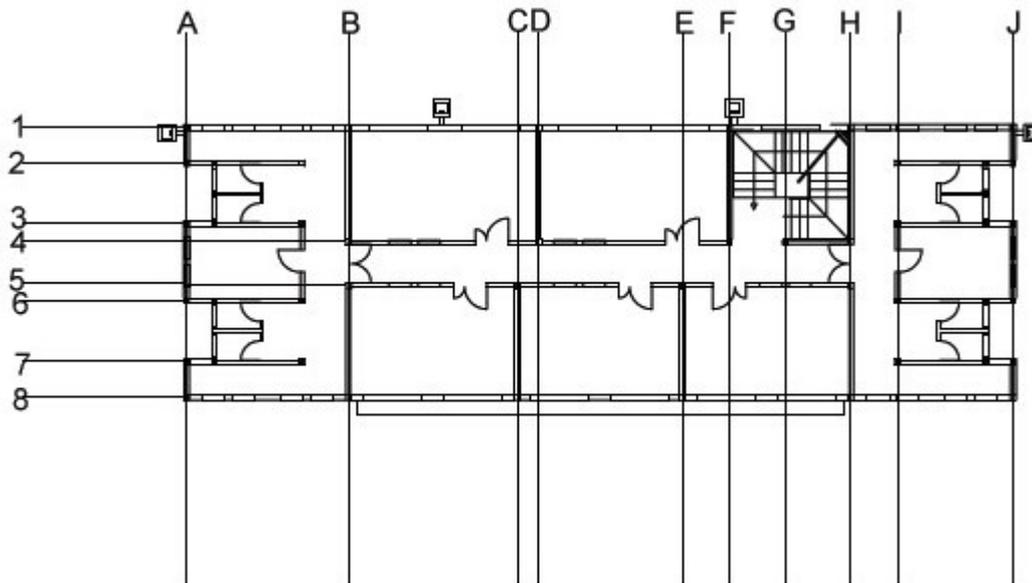


Figure 5 : Les files du bâtiment

Manifestement, les poteaux de la file B sont le plus chargés, donc nous allons étudier ses poteaux.

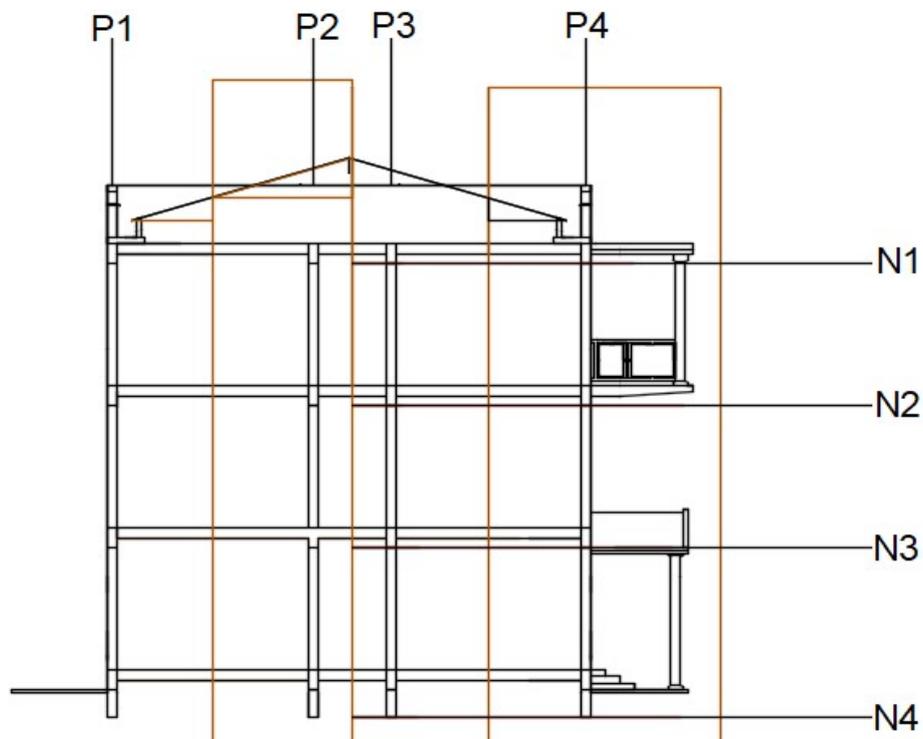


Figure 6 : Les poteaux à étudier

5) Descente de charge :

Descente de charge du P1 :

Niveau	Désignation	Dimension (m)			Charge propre		Totale G(KN)	Totale Q(KN)
		Long	larg	ép/haut	G	Q		
N1	Toiture	5.9625	0.48/sin16.92°		0.08	1.00	0.8	9.83
	Chêneaux en BNA	5.9625	0.20	0.15	22	1.00	3.96	0.18
	Parpaing	5.9625	0.20	0.26	3.25	1.00	1.014	0.30
	Etanchéité	5.9625	0.25	0.10	22	1.00	3.3	0.15
	Acrotère en parpaing	5.9625	0.20	0.70	3.25	1.00	2.73	0.84
	Acrotère en BA	5.9625	0.77+0.4	0.12	25	1.00	21.06	0.84
	Poutre long	5.9625	0.20	0.45	25		13.50	
	Poutre trans	4.224	0.20	0.25	25		5.28	
	Dallevra	3.3	2.66	0.25	25	1.00	54.86	2.19
	Volige	2.8+2.99	1.925		0.30		2.50	
	Enduit auve	6	0.03	0.5	22		1.98	0.09
Enduit	31.25	0.03	1.55	22		31.97		
Totale N1							53.83	13.77
N2	Venant de N1						53.83	13.77
	Poteau	0.20	0.20	2.9	25		2.90	
	Dalle	2.8+2.99	1.925	0.15	25		41.80	
	Poutre long	5.96	0.20	0.45	25		13.50	
	Poutre trans	4.64	0.20	0.25	25		5.80	
	Linteau	1.4	0.5	0.2	22	1.00	3.08	0.14
	Enduit	31.25	0.03	2.875	22		59.29	
	Enduit vera	0.8	0.03	2.875	22	1.00	1.52	0.07
	Mur long	5.96	0.20	2.675	3.25		10.53	
	Mur trans	1.925	0.20	2.875	3.25		3.60	
	Dalle vera	3.30	2.66	0.15	25		32.92	
Poteau vera	0.20	0.20	2.875	25		2.875		
Totale N2							166.14	13.77

N3	Venant de N2						166.14	13.77
	Poteau	0.30	0.20	2.9	25		4.35	
	Dalle	0.75+2.99	1.925	0.15	25		27	
	Poutre long	3.89	0.2	0.45	25		8.75	
	Poutre trans	4.64	0.20	0.25	25		5.80	
	Linteau	1.4	0.5	0.2	22	1.00	3.08	0.14
	Mur long	3.89	0.20	2.675	3.25		6.76	
	Mur trans	1.925	0.20	2.875	3.25		3.60	
	Enduit	23	0.03	2.875	22		43.64	
Totale N3						202.23	14.37	
N4	Venant de N3						202.23	14.37
	Poteau	0.45	0.20	2.9	25		6.52	
	Dalle	0.75+2.99	1.925	0.15	25		27	
	Poutre long	3.89	0.2	0.45	25		8.75	
	Poutre trans	4.64	0.20	0.25	25		5.80	
	Linteau	1.4	0.5	0.2	22	1.00	3.08	0.14
	Mur long	3.89	0.20	2.675	3.25		6.76	
	Mur trans	1.925	0.20	2.875	3.25		3.60	
	Sous poteau	0.2	0.2	0.8	25		0.8	
	Enduit	23	0.03	2.875	22		43.64	
Totale N4						418.75	14.97	

Tableau 14 : Descente de charge du poteau P1
Descente de charge du P2 :

Niveau	Désignation	Dimension (m)			Charge propre		Totale G(KN)	Totale Q(KN)
		Long	Larg	ép/haut	G	Q		
N1	Toiture	4.28	2.875 /cos16.92		0.08	1.00	1.03	12.86
	Poutre long	3.53	0.20	0.45	25		7.942	
	Poutre trans	2.875	0.20	0.25	25		3.594	
	Plafond contrep	Volume = 1.136 m ³			0.3		0.34	
Totale N1						12.90	12.86	

N2	Venant de N1						12.90	12.86
	Poteau	0.2	0.2	2.675	25		2.67	
	Dalle de salle	3.08	2.032	0.15	25	1.5	35.20	1.408
	Dalle dégage	3.53	0.7	0.15	25	3.5	32.43	1.297
	Dalle couloir	Volume = 0.32 m ³			25	3.5	7.89	1.12
	Poutre long	3.53+0.75	0.20	0.45	25		9.63	
	Poutre trans	2.875	0.20	0.25	25		3.594	
	Mur long	3.68	0.15	2.675	3.25		4.80	
	Mur trans	1.975	0.15	2.875	3.25		2.98	
	Enduit	10.71	0.03	2.875	22		20.32	
	Plafond plâtré	Volume = 1.136 m ³			0.09		0.102	
Totale N2						132.54	16.85	
N3	Venant de N2						132.54	16.85
	Poteau	0.3	0.2	2.675	25		4.01	
	Dalle de salle	3.08	2.032	0.15	25	1.5	35.20	1.408
	Dalle dégagem	3.53	0.70	0.15	25	3.5	32.43	1.297
	Dalle couloir	Volume = 0.32 m ³			25	3.5	7.89	1.12
	Poutre long	3.53	0.20	0.45	25		7.942	
	Poutre trans	2.875	0.20	0.25	25		3.594	
	Enduit	10.71	0.03	2.875	22		20.32	
Plafond plâtré	Volume = 1.136 m ³			0.09		0.102		
Totale N3						244	20.68	
N4	Venant de N3						244	20.68
	Poteau	0.45	0.2	2.675	25		6.02	
	Dalle de salle	3.08	2.032	0.15	25	1.5	35.20	1.408
	Dalle dégagem	3.53	0.70	0.15	25	3.5	32.43	1.297
	Dalle couloir	Volume = 0.32 m ³			25	3.5	7.89	1.12
	longrine long	3.53	0.20	0.45	25		7.942	
	longrinetrans	2.875	0.20	0.25	25		3.594	
	Enduit	10.71	0.03	2.875	22		20.32	
Sous poteau	0.2	0.2	0.8	25		0.80		
Totale N4						356.86	24.33	

Tableau 15 : Descente de charge du poteau P2

Descente de charge du P3 :

Niveau	Désignation	Dimension (m)			Charge propre		Totale G(KN)	Totale Q(KN)
		Long	Larg	ép/haut	G	Q		
N1	Toiture	4.28	2.875 /cos16.92		0.08	1.00	1.03	12.86
	Poutre long	3.53	0.20	0.45	25		7.942	
	Poutre trans	2.875	0.20	0.25	25		3.594	
	Plafond contrep	Volume = 1.136 m ³			0.3		0.34	
Totale N1							13.952	7.5
N2	Venant de N1						13.952	7.5
	Poteau	0.2	0.2	2.675	25		2.67	
	Dalle de salle	3.08	2.032	0.15	25	1.5	35.20	1.408
	Dalle dégage	3.53	0.7	0.15	25	3.5	32.43	1.297
	Dalle couloir	Volume = 0.32 m ³			25	3.5	7.89	1.12
	Poutre long	3.53+0.75	0.20	0.45	25		9.63	
	Poutre trans	2.875	0.20	0.25	25		3.594	
	Mur long	3.68	0.15	2.675	3.25		4.80	
	Mur trans	1.975	0.15	2.875	3.25		2.98	
	Enduit	10.71	0.03	2.875	22		20.32	
	Plafond plâtre	Volume = 1.136 m ³			0.09		0.102	
Totale N2							99.23	10.73
N3	Venant de N2						99.23	10.73
	Poteau	0.3	0.2	2.675	25		4.01	
	Dalle de salle	3.08	2.032	0.15	25	1.5	35.20	1.408
	Dalle dégagem	3.53	0.70	0.15	25	3.5	32.43	1.297
	Dalle couloir	Volume = 0.32 m ³			25	3.5	7.89	1.12
	Poutre long	3.53	0.20	0.45	25		7.942	
	Poutre trans	2.875	0.20	0.25	25		3.594	
	Enduit	10.71	0.03	2.875	22		20.32	
	Plafond plâtre	Volume = 1.136 m ³			0.09		0.102	
Totale N3							216.72	14.77

N4	Venant de N3						216.72	14.77
	Poteau	0.45	0.2	2.675	25		6.02	
	Dalle de salle	3.08	2.032	0.15	25	1.5	35.20	1.408
	Dalle dégagem	3.53	0.70	0.15	25	3.5	32.43	1.297
	Dalle couloir	Volume = 0.32 m ³			25	3.5	7.89	1.12
	longrine long	3.53	0.20	0.45	25		7.942	
	longrine trans	2.875	0.20	0.25	25		3.594	
	Enduit	10.71	0.03	2.875	22		20.32	
	Sous poteau	0.2	0.2	0.8	25		0.80	
Totale N4						246.10	18.31	

Tableau 16 : Descente de charge du poteau P3
Descente de charge du P4 :

Niveau	Désignation	Dimension (m)			Charge propre		Totale G(KN)	Totale Q(KN)
		Long	larg	ép/haut	G	Q		
N1	Toiture	5.9625	0.48/sin16.92°		0.08	1.00	0.8	9.83
	Chêneaux en BNA	5.9625	0.20	0.15	22	1.00	3.96	0.18
	Parpaing	5.9625	0.20	0.26	3.25	1.00	1.014	0.30
	Etanchéité	5.9625	0.25	0.10	22	1.00	3.3	0.15
	Acrotère en parpaing	5.9625	0.20	0.70	3.25	1.00	2.73	0.84
	Acrotère en BA	5.9625	0.77+0.4	0.12	25	1.00	21.06	0.84
	Poutre long	5.9625	0.20	0.45	25		13.50	
	Poutre trans	4.224	0.20	0.25	25		5.28	
	Dalle vera	3.3	2.66	0.25	25	1.00	54.86	2.19
	Volige	2.8+2.99	1.925		0.30		2.50	
	Enduit auve	6	0.03	0.5	22		1.98	0.09
	Enduit	31.25	0.03	1.55	22		31.97	
Totale N1						142.95	14.42	

N2	Venant de N1						142.95	14.42
	Poteau	0.20	0.20	2.9	25		2.90	
	Dalle	2.8+2.99	1.925	0.15	25		41.80	
	Poutre long	5.96	0.20	0.45	25		13.50	
	Poutre trans	4.64	0.20	0.25	25		5.80	
	Linteau	1.4	0.5	0.2	22	1.00	3.08	0.14
	Enduit	31.25	0.03	2.875	22		59.29	
	Enduit vera	0.8	0.03	2.875	22	1.00	1.52	0.07
	Mur long	5.96	0.20	2.675	3.25		10.53	
	Mur trans	1.925	0.20	2.875	3.25		3.60	
	Dalle vera	3.30	2.66	0.15	25		32.92	
	Poteau vera	0.20	0.20	2.875	25		2.875	
Totale N2						320.77	14.63	
N3	Venant de N2						320.77	14.63
	Poteau	0.30	0.20	2.9	25		4.35	
	Dalle	0.75+2.99	1.925	0.15	25		27	
	Poutre long	3.89	0.2	0.45	25		8.75	
	Poutre trans	4.64	0.20	0.25	25		5.80	
	Linteau	1.4	0.5	0.2	22	1.00	3.08	0.14
	Mur long	3.89	0.20	2.675	3.25		6.76	
	Mur trans	1.925	0.20	2.875	3.25		3.60	
Enduit	23	0.03	2.875	22		43.64		
Totale N3						423.75	14.77	
N4	Venant de N3						423.75	14.77
	Poteau	0.45	0.20	2.9	25		6.52	
	Dalle	0.75+2.99	1.925	0.15	25		27	
	Poutre long	3.89	0.2	0.45	25		8.75	
	Poutre trans	4.64	0.20	0.25	25		5.80	
	Linteau	1.4	0.5	0.2	22	1.00	3.08	0.14
	Mur long	3.89	0.20	2.675	3.25		6.76	
	Mur trans	1.925	0.20	2.875	3.25		3.60	
	Sous poteau	0.2	0.2	0.8	25		0.8	
Enduit	23	0.03	2.875	22		43.64		
Totale N4						528.25	14.91	

Tableau 17 : Descente de charge du poteau P4

Récapitulatifs :

Charge	Niveau	P1	P2	P3	P4
G	N1	53.83	12.90	13.952	142.95
	N2	166.14	132.54	99.23	320.77
	N3	202.23	244	216.73	423.75
	N4	418.75	356.86	246.10	528.25
Q	N1	13.77	12.86	7.5	14.42
	N2	13.77	16.85	10.73	14.63
	N3	14.37	20.68	14.52	14.77
	N4	14.97	24.33	18.31	14.91

Tableau 18 : Descentes de charge des poteaux de la file B

6) Les surcharges climatiques :

• **Effet du vent :**

Dans une construction, le vent fait partie des charges climatiques par ses effets qui peuvent être destructifs.

Son action est calculé selon le Document Technique Unifiée (DTU), le règlement neige et vent 65 dans 06-006.

✓ Hypothèses :

Premièrement, le vent est supposé horizontalement ;

Deuxièmement, l'action est exercée par le vent à une paroi du bâtiment, ainsi que de la forme de la paroi du bâtiment : plane ou courbe.

Troisièmement, l'action élémentaire unitaire **p** exercée par le vent sur une face d'un élément considéré est donné par la relation :

$$p = c * q$$

c : coefficient élémentaire de pression (elle est en fonction de la disposition de la construction);

q : pression dynamique (elle est en fonction de la vitesse du vent).

✓ Pression dynamique :

Elle est fonction de la vitesse du vent et donnée par la formule :

$$q = \frac{v^2}{16.3}$$

v : vitesse du vent

Selon l'article n°04 de la circulaire 010/MTP/DGE/DAUH/88, la vitesse du vent à Madagascar, selon son type, est donnée par :

Type de vent	Hauts plateaux	Hauts risques cycloniques
Vent normal, $q_{10,n}$ (daN/m ²)	50	143
Vent extrême, $q_{10,ex}$ (daN/m ²)	87.5	250

Tableau 19 : Pression dynamique de base à 10m de hauteur

✓ Pression dynamique de base corrigée :

Elle est obtenue par la relation :

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

 C_h : effet de la hauteur ; C_s : effet du site ; C_m : effet de masque ; δ : effet de dimension.✓ Effet de la hauteur :

Selon la norme NV 65III 1241, pour un bâtiment de hauteur compris entre 0 et 500 m, l'effet de la hauteur est donné par la formule :

$$C_h = \frac{q_h}{q_{10}} = 2.55 \times \frac{H+18}{H+60}$$

 q_h : pression dynamique à la hauteur H ; q_{10} : pression à une hauteur de 10m ;

H : hauteur du bâtiment.

Comme nous avons H =11.60 ; donc, on a $C_h = 1.05$ ✓ Effet du site :Les valeurs des pressions dynamiques de base normale ou extrême doivent être multipliées par un coefficient de site C_s , qui est fonction de la nature d'implantation d'une construction. $C_s = 0.8$ pour le site arbitré (site situé au fond de cuvette, entouré de colline, à l'abrit de toutes directions du vent) ; $C_s = 1$ pour le site normal (plaine ou plateau de grande étendue qui peut présenter des dénivellements peu importants) ; $C_s = 1.2$ pour le site exposé (site situé au sommet de la falaise, au bord de la mer, littoral en général sur une profondeur de 6km ainsi que les îles).**Dans notre cas, nous avons un site normal, donc $C_s = 1$.**✓ Effet de masque :Notre bâtiment n'est masqué que sur une partie de sa façade principale ; pour plus de sécurité, on prend $C_m = 1$.✓ Effet de dimension :

C'est un coefficient de minoration de la pression dynamique. Il est dépendant de la hauteur du bâtiment et de sa plus grande surface offerte au vent.

Selon le diagramme NV 65-RIII.2, on peut prendre, pour Antsirabe, une valeur moyenne : $\delta = 0.71$.

Donc nous avons :

→ La pression dynamique de base corrigée du vent normale :

$$q_{d,n} = 50 * 1.05 * 1 * 1 * 0.71 = 37.275 \text{ daN/m}^2$$

→ La pression dynamique de base corrigée du vent extrême :

$$q_{d,ex} = 87.5 * 1.05 * 1 * 1 * 0.71 = 65.23 \text{ daN/m}^2$$

Pour le cas défavorable, nous allons prendre le cas de la pression dynamique de base pour le vent extrême, soit : $q_d = 65.23 \text{ daN/m}^2$

Nous savons que le vent et le séisme font intervenir des efforts horizontaux qui introduise des moments fléchissant, des efforts tranchant ainsi que des normaux dans les poteaux.

✓ Calcule des efforts du vent :

❖ Détermination du centre de gravité :

Le centre de gravité est déterminé par la formule suivante :

$$x_g = \frac{\sum x_i S_i}{\sum S_i}$$

S_i = section du poteau ;

x_i = distance du poteau par rapport à un point.

Nous allons étudier la file B, le cas le plus défavorable :

Prenons comme origine du repère, l'axe du poteau P1

On a donc :

$$x_1 = 0.00\text{m}$$

$$x_2 = x_1 + 3.95 = 3.95\text{m}$$

$$x_3 = x_2 + 1.4 = 5.35\text{m}$$

$$x_4 = x_3 + 3.85 = 9.2\text{m}$$

On a une seule section de poteau de $0.2 * 0.2 \text{ m}^2$, $S = 0.04\text{m}^2$

$$\sum S_i (\text{m}^2) = 0.04 * 4 = 0.16\text{m}^2$$

$$\sum S_i x_i (\text{m}^2) = (0.04 * 0.00) + (0.04 * 3.95) + (0.04 * 5.35) + (0.04 * 9.2) = 0.74\text{m}^2$$

$$x_g = 4.625\text{m}$$

❖ Détermination des efforts sur les poteaux dus au vent :

Les efforts du vent sur les poteaux sont obtenus à partir de la formule suivante :

$$F = \frac{M * d_i * S_i}{I_g}$$

F_i : force sur les poteaux dus au vent ;

M : moment par rapport au bras de levier Z ; or $M = f * Z$, avec f est la force élémentaire pour chaque niveau tel que $f = h * V * L$

- h : hauteur cumulée ;
- V : vitesse du vent, $V = 65.23 \text{ daN/m}^2$
- L : distance entre axe des poteaux longitudinalement, $L = 5\text{m}$

d_i : distance de repère par rapport au repère considéré ;

I_g : Moment d'inertie, $I_g = \sum_{i=1}^n S_i d_i^2$

$$I_g = (0.04 * 4.625^2) + (0.04 * 0.675^2) + (0.04 * 0.725^2) + (0.04 * 4.575^2) = 1.73\text{m}^4$$

Niveau	h (m)	f (daN)	Z(m)	M (daN)	F1 (daN)	F2 (daN)	F3 (daN)	F4 (daN)
N1	1	326	0.5	163	17.5	2.5	3	17
N2	3.12	1017	1.56	1586	168.7	24.62	26.44	163.24
N3	6.24	2035	3.12	6349	675.40	98.60	106	668
N4	10	3261	5	16305	1734	253	272	1843
Vérification $F1+F2 = F3+F4$					2974		2974	

Tableau 20 : Forces exercées par le vent pour chaque poteau

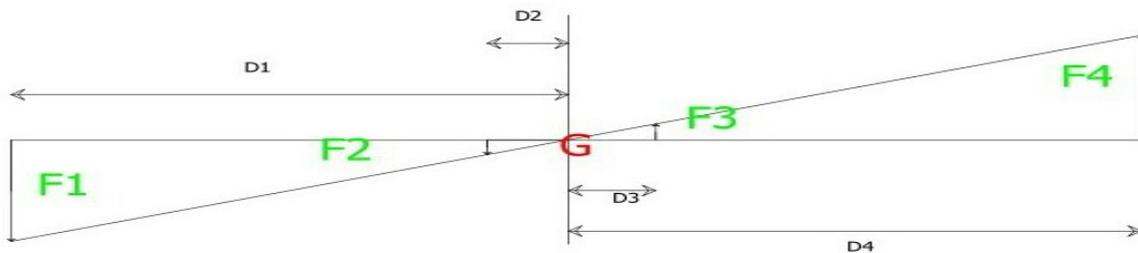


Figure 7 : Efforts Horizontaux F_i sur les poteaux de la file B au niveau N1 à N2

• **Effet du séisme :**

Les secousses sismiques imposent aux constructions des accélérations particulières pouvant atteindre la vitesse de l'accélération de la pesanteur : $g = 9.81m/s^2$.

En général, deux composantes sont à concevoir : horizontalement et verticalement.

Pourtant, on ne tient compte que le composante horizontale dans le calcul.

On a l'effet du séisme :

$$H = \frac{G}{100}$$

Avec G : charge permanentes

✓ **Charge permanentes G :**

Niveau	P1 (KN)	P2 (KN)	P3 (KN)	P4 (KN)
N1	53.83	12.90	13.95	142.95
N2	166.14	132.54	99.23	320.77
N3	200.78	242.66	183.98	422.3
N4	415.13	353.51	242.75	524.63

Tableau 21 : Charge permanentes à chaque niveau des poteaux

✓ **Charges dues à l'effet du séisme :**

Niveau	P1 (KN)	P2 (KN)	P3 (KN)	P4 (KN)
N1	0.5	0.1	0.1	1.5
N2	1.6	1.3	0.9	3.2
N3	2	2.5	1.8	4.2
N4	4.1	3.5	2.4	5.2

Tableau 22 : Charge dues à l'effet du séisme à chaque niveau des poteaux

7) **Récapitulatif des charges du poteau :**

Nous avons les combinaisons :

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

A l'ELS : $Q+G+0.77W$

Pour le poteau P4 :

niveau	G	Q	Vent	Séisme	total	ELU	ELS	1.15*ELU	1.15*ELS
N1	142.95	14.42	0.9	1.5	159.55	217	159.218	325.5	183.10
N2	320.77	14.63	1	3.2	339.6	459.18	338.63	528.06	389.42
N3	423.75	14.77	1.2	4.2	442.47	597.66	441.23	687.31	507.41
N4	528.25	14.91	1.3	5.2	546.04	742	548.16	853.3	630.39
%	94.82	3.94	0.30	0.95	100				

Tableau 23 : Récapitulatif des charges agissant sur le poteau P4

NB : Les autres poteaux sont présentés dans les annexes.

III. DIMENSIONNEMENT ET CALCUL DES ARMATURES

1) Calcul de l'infrastructure :

Définition :

On appelle infrastructure l'ensemble des éléments se trouvant dans le sol, c'est à dire sous le terrain naturel (fondation, sous-sol, cave).

Les fondations

On appelle fondation la base de l'ouvrage en contact avec le sol auquel elle transmet la charge totale (charges et surcharges).

Elle peut être aussi définie comme la partie du système porteur (murs ou ossature) qui se trouve au-dessous de la surface de nivellement de la construction.

- Stabilité de la fondation :

La détermination des dimensions des structures des bâtiments a pour objet la conservation d'un état d'équilibre stable. Comme tous les solides, les constructions obéissent aux lois générales de l'équilibre. Ainsi, l'ensemble de la construction, le sol d'assise doivent permettre d'écrire que la somme des forces suivant les deux axes principaux soit nulle, ainsi que la somme des moments.

La fondation doit, dans ce cadre, assurer :

L'équilibre entre la pression engendrée par la sollicitation (descente de charge de la construction) et la résistance du sol (contrainte admissible).

- ❖ La stabilité de la construction pour éviter les tassements trop importants ou le poinçonnement du terrain d'assise.
- ❖ L'ancrage du bâtiment pour ne permettre aucun glissement latéral est donc nécessaire d'adapter le type et la structure des fondations à la nature du sol qui va supporter l'ouvrage. Une étude de fondation ne peut être isolée de l'étude géotechnique du terrain d'assise.

Dans ce projet, on travaille dans la fondation superficielle.

- Les différents types de fondation :

Il y a quatre types de fondation :

- ❖ Fondations superficielles

- Fondation en semelle isolée
- Fondation sur rigoles
- Fondation en semelles filantes
- Fondation en radiers (général au partielle)

- ❖ Fondation semi-profonde

- Fondation sur puits

- ❖ Fondations profondes

- Fondation sur pieux (en bois, en béton, métallique)

- ❖ Fondation spéciales

2) Les charges ou contrainte admissible du sol :

Définition :

La contrainte admissible est la charge maximale (en bar ou daN/cm²) que peut supporter le sol et aussi la limite à laquelle le tassement croit rapidement. $\sigma_{sol} = \sigma_{adm}$

Vase	0.3	
Sol mou	0.3 à 0.5	Sol cohérent, dur (sable argileux compact) 3 à 5
Sable fin.....	1 à 2	Cailloux et graviers fins..... 4 à 7
Argile.....	1 à 3	Roches tendres (schiste, calcaire)..... 7 à 10
Sable gros	2 à 3	Roches moyennes (grès calcaire)..... 10 à 15
Sable gaillonneux.....	3 à 4	Roches massives et saines (granite).....20 à 30

Tableau 24 : Quelque valeur de charge admissible en fonction de la nature du sol

Semelle isolé sous poteau noté B7 :

- $P_u = 853.3 \text{ KN/m}$
- $P_{ser} = 630.39 \text{ KN/m}$

A. Dimension de la semelle :

a) **Longueur des côtés :**

$$S = \frac{P_{ser}}{\sigma_{sol}}$$

Où S est la surface de la semelle et σ_{sol} la contrainte admissible du sol qui a une valeur de 0,3Mpa ou 3bars.

Pour la semelle de section carrée, de cotés égaux A :

$$A = \sqrt{\frac{P_{ser}}{\sigma_{sol}}}$$

Car $S = A^2$ Donc

$$A = \sqrt{\frac{0.630}{0.3}}$$

$$A = 1.45$$

On prend $A = 1.5\text{m}$

b) **Epaisseur de la semelle :**

L'épaisseur sera calculée à l'aide de la convention suivante

$$e \geq \frac{B - b}{4}$$

$$e \geq \frac{1.5 - 0.2}{4}$$

$$e \geq 0.325$$

Prenons $e = 0.35 \text{ m} = 35 \text{ cm}$

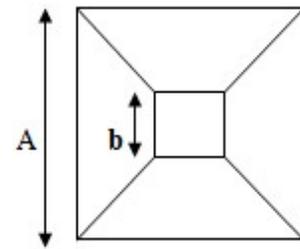


Figure 8 : Section de la semelle

→ **Hauteur utile :**

$$h = e + 5 \text{ cm}$$

$$h = 35 + 5 = 40 \text{ cm}$$

D'où la semelle du poteau aura une épaisseur $e = 35 \text{ cm}$, une hauteur $h = 40 \text{ cm}$ avec un enrobage de 5cm.

B. Contrôle de la contrainte du sol :

$$\sigma_{sol} = \frac{G + Q + P}{S} \leq \sigma_{sol \text{ adm}},$$

P : poids propre de la semelle ; tel que : $P = \text{Volume} * 25 = 1.5 * 1.5 * 0.40 * 25 = 22.5 \text{ KN} = 0.022 \text{ MPa}$

Et S est la surface portante ; tel que : $S = A^2 = 2.25$

$$\sigma_{sol} = \frac{0.528 + 0.015 + 0.022}{2.25}$$

$$\sigma_{sol} = 0.25 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{sol} \leq \sigma_{sol \text{ adm}} \Leftrightarrow 0.25 \leq 0.30 \text{ vérifié}$$

C. Calcul des sections des armatures :

$$A = \frac{Pu(B-b)}{8 h fed}$$

$$fed = \frac{fe}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 348 \text{ Mpa}$$

$$A = \frac{0.730 * (1.50 - 0.20)}{8 * 0.40 * 348} = 8.52 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A = 8.52 \text{ cm}^2$$

Soit **8HA12 = 9.05 cm²**

→ **Espacement :**

$$espacement = \frac{1.5}{8-1} = 0,2m$$

On prend l'espacement= 17 cm

→ **Épaisseur minimale aux extrémités :**

Cette épaisseur doit être calculée à l'aide de la convention suivante :

$$e > 6\phi l + 6 = 6*0.8+6 = 10.8cm$$

Notre épaisseur est de 35 cm donc c'est vérifié

Schéma de la disposition constructive de la semelle :

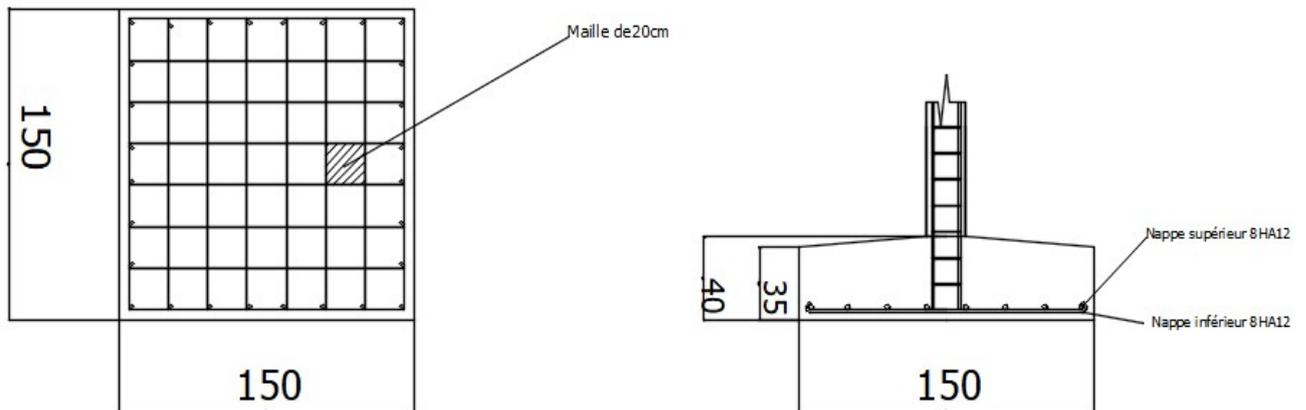


Figure 9 : Plan de ferrailage de la semelle

3) Calcul des éléments de superstructure :

On appelle **superstructure** l'ensemble des éléments se trouvant au-dessus du niveau zéro (± 0.00) (éléments du rez-de-chaussée, de l'étage, du comble et de la toiture).

A. CALCUL DU POTEAU :

a) Définition :

Un poteau est une poutre droite verticale soumise à un effort de compression dû à la descente des charges et à un moment de flexion transmis par le portique.

➤ Un poteau a pour rôle de :

- constituer les éléments porteurs du système planché, poutre par points d'appui isolés
- supporter les charges verticales
- participer à la stabilité transversale par le système poteaux-poutres
- servir de chaînages horizontaux
- limiter l'encombrement (surface réduite des sections des poteaux).

b) Hypothèse de calcul

Compression « centrée »

Elancement : ≤ 70

Combinaison d'action : $1.35G + 1.5 Q$ à l'E.L.U.R.

c) Poteau B7 :

Pour les éléments porteurs existant dans un projet de construction, il faudra nécessairement déterminer la dimension en hauteur et les sections des poteaux. La valeur des sections des poteaux détermine la section totale des armatures.

Dans ce projet, on devra pré dimensionné tous les poteaux existants. Mais on pourra prendre quelques exemples comme le poteau B7.

Le poteau B7 aura un effort P_u de 729.76 KN. Cette valeur sera connue d'après le calcul de la descente de charge de la toiture jusqu' au niveau du rez-de-chaussée. La hauteur sous-plafond est de 3 m

En supposant que les poutres seront plus rapides que les poteaux c'est-à-dire $K_{\text{poteau}} < K_{\text{poutre}}$, on pourra écrire que la longueur de flambement l_f sera égale à $0,7 l_0$ où l_0 sera la hauteur 3 m

$$l_f = 2.1 \text{ m}$$

d) Vérification de l'élanement :

○ Moment d'inertie : $I = \frac{b^4}{12} = \frac{20^4}{12} = 13333.33 \text{ cm}^4$

○ Rayon de giration : $i = \sqrt{\frac{I}{S}} = \sqrt{\frac{13333.33}{900}} = 3.85 \text{ cm}$, car $S = b \cdot b = 20 \cdot 20 = 400 \text{ cm}^2$

○ Elancement mécanique : $\lambda = \frac{l_f}{i} = \frac{210}{3.85} = 54.54$

D'où $\lambda = 36.37 < 70$ donc sans risque de flambement, on n'est pas nécessaire de faire l'étude de flambement.

e) Détermination des armatures :

Armatures longitudinales :

Suite à résultat précédent, nous avons deux coefficients de réducteur α et β .

○ Coefficient de réducteur α :

$$\alpha = 0.6 \left(\frac{50}{\lambda}\right)^2 = 0.6 \left(\frac{50}{54.54}\right)^2 = 0.5$$

$$\alpha = 0.5$$

○ Section réduite :

B sera la section rectangulaire du béton et B_r sera aussi la section réduite. Et cette dernière sera de même formule :

$B_r = (a - 2) (b - 2)$ pour le poteau rectangulaire ou carré si $a = b$; cette Valeur est exprimée en cm^2 .

$$B_r = (20-2) \times (20-2)$$

$$B_r = 324 \text{ cm}^2$$

○ **Section d'armature :**

Nous avons des étapes de calcul et convention de calcul tel que :

➤ **Armatures minimale**

$$A_{\min} = \text{Sup} [A (4\mu) ; A (0.2\%)]$$

$$\text{Avec : } \mu = a \cdot 4$$

$$A (4\mu) = 7.2\text{cm}^2$$

$$A (0.2\%) = 0.2\% \cdot B = \frac{0.2}{100} \cdot (20 \cdot 45) = 1.8\text{cm}^2$$

$$A_{\min} = 7.2\text{cm}^2$$

➤ **Armatures maximales :**

$$A_{\max} = 5\% \cdot B$$

$$= 0.05 \cdot (20 \cdot 45)$$

$$A_{\max} = 45\text{cm}^2$$

➤ **Armatures théoriques :**

On prend le poteau D3 car il est le plus défavorable. Le coefficient de sécurité $\gamma_s = 1,15$ pour le cas courante $\gamma_s = 1,5$ pour le cas usuel avec $\gamma_b = 1.15$

$$f_e = 400\text{Mpa}$$

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

Nous avons la relation suivante :

$$A = \left[\frac{Pu}{\alpha} - \frac{Br \cdot f_{c28}}{\gamma_b \cdot 0,9} \right] \frac{\gamma_s}{f_e}$$

$$= \left[\frac{0,742}{0,5} - \frac{0,032 \cdot 25}{1,15 \cdot 0,9} \right] \frac{1,15}{400}$$

$$A_{\text{th}} = -0.012\text{cm}^2$$

➤ **Armatures pratiques :**

La relation suivante permet de déterminer l'armature longitudinale :

$$A = \text{Sup} (A_{\min} ; A_{th})$$

$$A = 7.2 \text{ cm}^2$$

Prenons **8HA12 de section : 9.05cm²**

Armatures transversales $\emptyset t$:

Les armatures transversales auront pour rôle d'empêcher ou éviter le flambement des armatures longitudinales. Ces armatures seront déterminées par la relation suivante :

$$\frac{1}{3} \emptyset l_{max} \leq \emptyset t \leq \emptyset l_{max}$$

Avec $\emptyset l_{max}$ est le diamètre maximal de l'acier longitudinal qui est égale à 12 mm.

Prenons : **$\emptyset t = 6\text{mm}$**

Espacement St :

Cet espacement sera connu à l'aide de la convention suivante :

$$St = \text{Min} \begin{cases} 40\text{cm} \\ a + 10\text{cm} = 55\text{cm} \\ 15\phi l_{\min} \text{ pour } A \geq A_{\min} = 18\text{cm} \end{cases}$$

Où ϕl_{\min} , de valeur 12mm, est le diamètre minimal des barres longitudinales dans le calcul de A.

Prenons **St = 18cm**

Longueur de recouvrement l_r :

On sait que : **$l_r = 0.6l_s$**

Avec la longueur de scellement l_s est : $l_s = \frac{\emptyset l_{max} f_e}{4\tau}$

Or τ_u , contrainte d'adhérence des armatures est : $\tau_u = 0.6\Psi_s^{2*}f_{t28}$

Et $\Psi_s = 1.5$ (coefficient dépendant du type de la barre, HA)

$$\tau_u = 0.6 * 1.5^2 * 2.1 = 2.8$$

$$L_s = \frac{1.2 * 400}{4 * 2.7} = 44.44 \text{ cm}$$

Par conséquent : $l_r = 0.6 * 44.44 = 26.66 \text{ cm}$

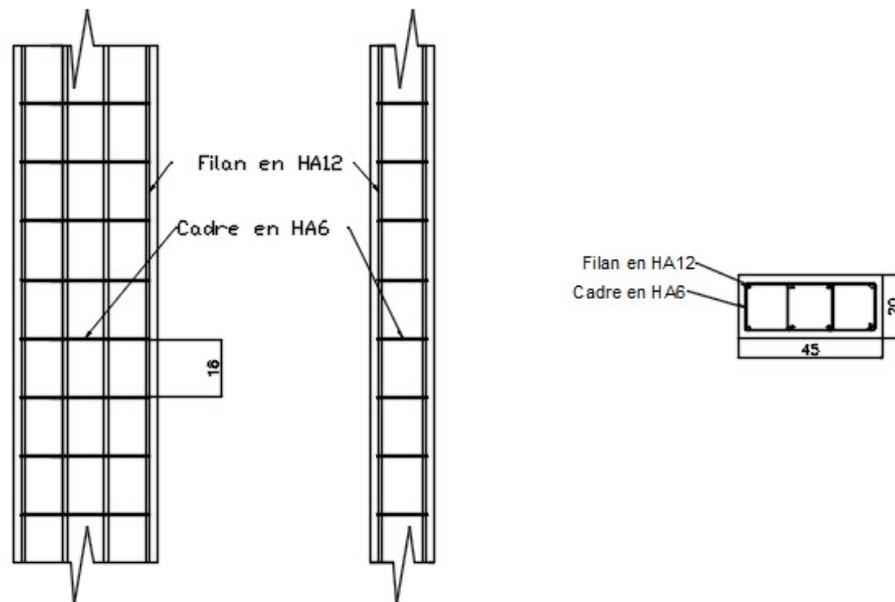


Figure 10 : Disposition constructive d'armature du poteau

B. CALCUL DE LA POUTRE :

a) Définition :

Les poutres sont des solides à ligne moyenne droite à section rectangulaire en té ou en profilés. Elles sont souvent posées ou encastrées horizontalement avec les poteaux ou murs. Du fait des charges qu'elles supportent, le poids des murs, le plancher, les surcharges dynamiques, les poutres travaillent en flexion.

On va utiliser la méthode forfaitaire car :

- On a des charges modérées, c'est-à-dire $\frac{Q}{G} < 2$
- Les moments d'inertie sont les mêmes dans les différents travées
- Porté successive $\epsilon \in [0.8 ; 1.25]$
- La fissuration est peu préjudiciable

Concernant les matériaux :

Béton dosé à 350 kg/m^3 de CEM I :

- La résistance mécanique à 28 jours d'âge : $f_{c28} = 25 \text{ Mpa}$ en traction $f_{t28} = 2,1 \text{ Mpa}$ en traction
- La résistance de calcul du béton : $f_{bc} = 14,2 \text{ Mpa}$
- La contrainte limite de compression de béton à l'E.L.S : $\bar{\sigma}_{bc} = 0.6 f_{c28} = 25 \text{ Mpa}$
- Acier à haute adhérence Fe E500
- La limite d'élasticité $f_e = 500 \text{ Mpa}$
- La résistance de calcul des aciers à E.L.U. : $\frac{f_{ey}}{s} = 434,78 \text{ Mpa}$

b) Détermination à l'ELU :

○ Moment réduit :

Le moment réduit μ_{bu} est donné par la formule suivante :

$$\mu_{bu} = \frac{M_u}{b_0 d^2 f_{bu}}$$

○ Comparaison de μ_{bu} et μ_{lu} :

$\mu_{bu} \leq \mu_{lu}$: nous avons une simplement armée ;

$\mu_{bu} \geq \mu_{lu}$: nous avons une section doublement armée.

Avec : $\mu_{lu} = 0.186$ (nous avons utilisé des aciers de nuance Fe E400)

- Section d'armature :

Section simplement armée :

La section d'armature est déterminée par :

$$A_u = \frac{M_u}{Z_b \cdot f_{ed}}$$

$$Z_b = d (1 - 0.4 \cdot \alpha) ; \text{ tel que } \alpha = 1.25 (1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu b u})$$

La condition de non fragilité indiquant la section des armatures minimale à considérer.

$$A_{\min} = \sup \left(\frac{b_0 h}{1000} ; 0.23 b_0 d \frac{f_{t28}}{f_e} \right)$$

La section d'armature est donc :

$$A = \sup (A_u ; A_{\min})$$

Section double armée :

La section d'armature est déterminée par :

$$A' = \frac{M_u - m_{tu}}{\sigma_{sce} \cdot (d - d')}$$

$$\text{Avec : } M_{tu} = f_{lu} \cdot b_0 \cdot d^2 \cdot f_{bu}$$

Et :

$$A = \frac{M_{lu}}{Z_{bl} \cdot f_{ed}} + A' \cdot \frac{\sigma_{sce}}{f_{ed}}$$

Z_{bl} : Bras de levier limite de l'effort de compression.

$$Z_{bl} = d (1 - 0.4 \cdot \alpha_1) ; \text{ où } \alpha_1 = 1.25 (1 - \sqrt{1 - 2 \cdot f_{lu}})$$

Et comme nous avons utilisé des fers Fe E 400, on a :

$$\sigma_{sce} = 9 \cdot \gamma \cdot f_{c28} - \frac{d'}{d} \cdot (12 \cdot f_{c28} + 370) \text{ où } \gamma = \frac{M_u}{M_{ser}}$$

- c) Poutre longitudinale :

- Caractéristique de la poutre :

$h = 45.00\text{cm}$, hauteur totale ;

$b = 20.00\text{cm}$, base de la section;

$e = 4.5$ cm, distance du centre de gravité de la section A à la fibre la plus tendue tel que $d=0.9h$;

$d' = 4.5$ cm, distance du centre de gravité de la section A' à la fibre la plus tendue; tel que $d'=0.1h$

S : Aire de la section du béton tel que $S = h*b = 900\text{cm}^2$;

A : Aire des aciers tendus ;

A' : Aire des aciers comprimés ;

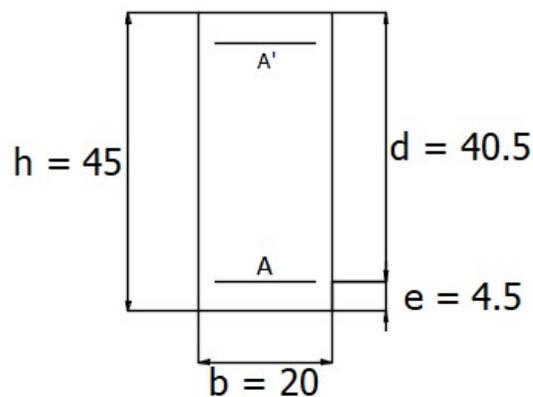


Figure 11 : coupe longitudinale de la poutre à étudier

- Détermination des sections des armatures :

- Armature longitudinale :

- Evaluation des charges :

Pour BD :

$$G_{\text{mur}} = 0.15 * 2.627 * 3.25 = 1.28 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{dalle1}} = 3.33 * 2 = 6.66 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{dalle2}} = 3.33 * 0.7 = 2.33 \text{ KN/m}$$

$$\text{Poids propre} = 0.20 * 0.45 * 25 = 2.25 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{totale}} = 12.521 \text{ KN/m}$$

$$Q = 0.7 * 3.5 + 2 * 1.5 = 5.45 \text{ KN/m}$$

$$\mathbf{Pu = 1.35 (12.52) + 1.5 (5.45) = 25 \text{ KN/m} = 0.025 \text{ MN/m}}$$

Pour DB = DF :

$$G_{\text{mur}} = 0.15 * 2.627 * 3.25 = 1.28 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{dalle12}} = 3.33 * 2 = 6.66 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{dalle3}} = 3.33 * 0.7 = 2.3 \text{ KN/m}$$

$$\text{Poids propre} = 0.20 * 0.45 * 25 = 2.25 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{totale}} = 12.49 \text{ KN/m}$$

$$Q = 2 * 1.5 + 0.7 * 3.5 = 5.45 \text{ KN/m}$$

$$\mathbf{Pu} = 1.35 (12.49) + 1.5 (5.45) = 25 \text{ KN/m} = \mathbf{0.025 \text{ MN/m}}$$

Pour FD :

$$G_{\text{mur}} = 0.15 * 2.627 * 3.25 = 1.28 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{dalle1}} = 3.33 * 2 = 6.66 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{dalle2}} = 3.33 * 0.7 = 2.3 \text{ KN/m}$$

$$\text{Poids propre} = 0.20 * 0.45 * 25 = 2.25 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{totale}} = 12.49 \text{ KN/m}$$

$$Q = 2 * 1.5 + 0.7 * 3.5 = 5.45 \text{ KN/m}$$

$$\mathbf{Pu} = 1.35 (12.49) + 1.5 (5.45) = 25 \text{ KN/m} = \mathbf{0.025 \text{ MN/m}}$$

Pour FH :

$$G_{\text{dalle1}} = 2.87 * 0.915 = 2.626 \text{ KN/m}$$

$$\text{Poids propre} = 0.20 * 0.45 * 25 = 2.25 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{totale}} = 4.88 \text{ KN/m}$$

$$Q = 2.87 * 3.5 = 10.45 \text{ KN/m}$$

$$\mathbf{Pu} = 1.35 (4.88) + 1.5 (10.45) = 22.26 \text{ KN/m} = \mathbf{0.022 \text{ MN/m}}$$

Pour HF :

$$G_{\text{dalle1}} = 0.915 * 2.87 = 2.626 \text{ KN/m}$$

$$\text{Poids propre} = 0.20 * 0.45 * 25 = 2.25 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{totale}} = 4.88 \text{ KN/m}$$

$$Q = 2.87 * 3.5 = 10.45 \text{ KN/m}$$

$$\mathbf{Pu} = 1.35 (4.88) + 1.5 (10.45) = 22.26 \text{ KN/m} = \mathbf{0.022 \text{ MN/m}}$$

Pour HJ :

$$G_{\text{mur}} = 0.15 * 2.627 * 3.25 = 1.28 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{dalle1}} = 1.07 * 2 = 2.14 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{dalle2}} = 1.07 * 0.7 = 0.75 \text{ KN/m}$$

$$\text{Poids propre} = 0.20 * 0.45 * 25 = 2.25 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{totale}} = 6.42 \text{ KN/m}$$

$$Q = 0.7 * 3.5 + 2 * 3.5 = 9.45 \text{ KN/m}$$

$$\mathbf{Pu} = 1.35 (6.42) + 1.5 (9.45) = 22.84 \text{ KN/m} = \mathbf{0.023 \text{ MN/m}}$$

Pour AB = JH :

$$G_{\text{mur}} = 0.15 * 2.627 * 3.25 = 1.28 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{esc}} = 1.07 * 2 = 2.14 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{dalle}} = 1.07 * 0.7 = 0.75 \text{ KN/m}$$

$$\text{Poids propre} = 0.20 * 0.45 * 25 = 2.25 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{totale}} = 6.42 \text{ KN/m}$$

$$Q = 0.7 * 3.5 + 2 * 3.5 = 9.45 \text{ KN/m}$$

$$\mathbf{Pu} = 1.35 (6.42) + 1.5 (9.45) = 22.84 \text{ KN/m} = \mathbf{0.023 \text{ MN/m}}$$

- Section sur les appuis :

Pour la détermination des sections sur les appuis, nous allons calculer μ_{bu} ; le comparer avec μ_{lu} afin d'en déduire les sections sur les appuis :

Appuis	A	B		D		F		H		J
Barres	AB	BA	BD	DB	DF	FD	DH	HF	HJ	JH
Mu (MNm)	0.003	0.003	0.035	0.035	0.035	0.035	0.002	0.002	0.003	0.003
μ_{bu}	0.004	0.004	0.07	0.07	0.07	0.07	0.004	0.004	0.004	0.004
μ_{lu}	0.186									
Section	SSA									

Tableau 25 : Section des armatures aux appuis

SSA : Section à Simple Armature

Appuis	A	B		D		F		H		J
Barres	AB	BA	BD	DB	DF	FD	FG	HF	HJ	JH
$Z_b(m)$	0.41	0.41	0.40	0.40	0.40	0.40	0.41	0.41	0.41	0.41
f_{cd} (MPa)	347.8									
Au (cm ²)	0.14	0.14	2.51	2.51	2.51	2.51	0.14	0.14	0.14	0.14
$b_0h/1000(cm^2)$	0.9									
$0.23b_0*d*(f_{t28}/f_c)$	0.8									
Amin	0.9									
A (cm ²)	0.9	0.9	2.51	2.51	2.51	2.51	0.9	0.9	0.9	0.9
Aciers	2HA10	2HA10	4HA10	4HA10	4HA10	4HA10	2HA10	2HA10	2HA10	2HA10
Section	1.57	1.57	3.14	3.14	3.14	3.14	1.57	1.57	1.57	1.57

Tableau 26 : Choix des aciers utilisés pour chaque appui

- Section sur les travées :

Travée	AB	BD	DF	FH	HJ
M_u (MNm)	0.006	0.07	0.07	0.004	0.006
μ_{bu}	0.012	0.143	0.143	0.008	0.012
μ_{lu}	0.186				
Section	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA

Tableau 27 : Section des armatures en travées

Travée	AB	BD	DF	FH	HJ
Z _b (m)	0.41	0.379	0.379	0.41	0.41
f _{ed} (MPa)	347.8				
Au (cm ²)	0.42	5.4	5.4	0.28	0.42
b ₀ h/1000(cm ²)	0.9				
0.23b ₀ *d*(f _{t28} /f _c)	0.8				
Amin	0.9				
A (cm ²)	0.9	5.4	5.4	0.9	0.9
Aciers	2HA10	6HA12	6HA12	2HA10	2HA10
Section	1.57	6.78	6.78	1.57	1.57

Tableau 28 : Choix des aciers utilisés pour chaque travée

➤ Armatures transversales :

La section des armatures transversales est donnée par : $\emptyset_t \geq 0.3 * \emptyset_l$ pour les aciers hauts adhérence (HA) et $\emptyset_t \geq 0.4 * \emptyset_l$ pour les aciers rond lisses.

Soit : $\emptyset_l = 10\text{mm}$ donc $\emptyset_t \geq 0.3 * 10$; $\emptyset_t \geq 3$

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

➤ Espacement S_t des armatures transversales :

La valeur de l'espacement est résolue par l'équation qui suit :

$$\frac{A_t}{S_t} \geq \frac{b_0 \gamma_s (\tau_u - 0.3 k f_c 28)}{0.9 f_e (\cos \alpha + \sin \alpha)}$$

$\alpha = 90^\circ$, l'inclinaison de l'armature d'âme est perpendiculaire aux armatures principales ;

k = 1 (flexion simple)

$$\frac{A_t}{S_t} \geq \frac{0.20 * 1.15 (0.85 - 0.3 * 1 * 2.1)}{0.9 * 400 * 1} ; \frac{A_t}{S_t} \geq 1.41 * 10^{-4} \text{ m}^2/\text{m}$$

Espace maximale entre les armatures : $S_t \leq \min (0.9d ; 40\text{cm})$ et $\frac{A_t * f_e}{b_0 * S_t} \geq 0.4\text{MPa}$

$S_t \leq \min (37.35 ; 40\text{cm})$

Soit : **S_t = 30cm**

$\frac{A_t * f_e}{b_0 * S_t} = 1.86\text{MPa} > 0.4 \text{MPa}$ alors, l'espacement est vérifié.

Espacement initiale :

$$\text{On a : } S_{t0} \leq \frac{0.9 A_t}{b_0 \gamma_s (\tau_u - 0.3 k f_c 28)} ; \text{ Soit : } S_{t0} \leq \frac{0.9 A_t f_e}{0.20 * 1.15 (0.85 - 0.3 * 1 * 2.1)} = \frac{0.01008}{0.0506} = 0.19$$

Nous allons choisir comme espacement entre les barres : **S_t = 18cm**

NB : les armatures sont présentées dans les annexes

d) Poutres transversale :○ Caractéristique de la poutre :

$h = 25.00\text{cm}$, hauteur totale ;

$b = 20.00\text{cm}$, base de la section ;

$e = 2.5\text{cm}$, distance du centre de gravité de la section A à la fibre la plus tendue ;

$d' = 2.00\text{cm}$, distance du centre de gravité de la section A' à la fibre la plus tendue ;

Aire de la section du béton : $S = h*b = 500\text{cm}^2$;

A : Aire des aciers tendus ;

A' : Aire des aciers comprimés ;

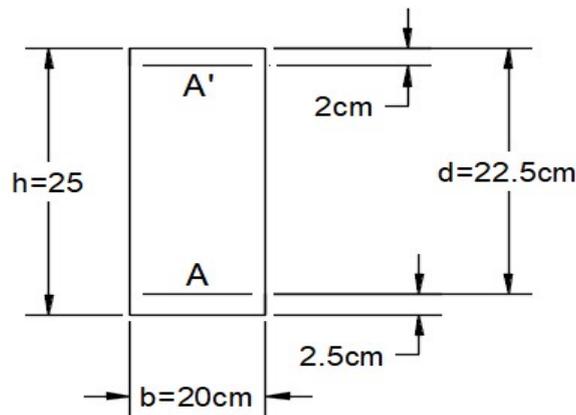


Figure 12 : coupe transversale de la poutre à étudier

○ Détermination des sections des armatures :➤ Armature longitudinale :

▪ Evaluation des charges :

Pour $B_{1/3}=B_{3/1}$

$$G_{\text{mur}} = 0.15 * 2.875 * 3.25 = 1.40 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{dalle1}} = 3.33 * 2 = 6.66 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{dalle2}} = 2 * 0.7 = 1.4 \text{ KN/m}$$

$$\text{Poids propre} = 0.20 * 0.25 * 25 = 1.25 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{totale}} = 10.79 \text{ KN/m}$$

$$Q = 0.7*3.5+3.33*1.5 = 7.445 \text{ KN/m}$$

$$P_u = 1.35 (10.79) + 1.5 (7.445) = 25.734 \text{ KN/m} = \mathbf{0.026 \text{ MN/m}}$$

Pour B_{3/4} = B_{4/3} :

$$G_{\text{mur}} = 0.15*2.875*3.25 = 1.40 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{dalle1}} = 2.875*0.75 = 2.16 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{dalle2}} = 4.28*0.7 = 3 \text{ KN/m}$$

$$\text{Poids propre} = 0.20*0.45*25 = 2.25 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{totale}} = 8.81 \text{ KN/m}$$

$$Q = (4.28+0.75)*3.5 = 17.6 \text{ KN/m}$$

$$P_u = 1.35 (8.81) + 1.5 (17.6) = 38.29 \text{ KN/m} = \mathbf{0.038 \text{ MN/m}}$$

Pour B_{4/7} = B_{7/4}

$$G_{\text{mur}} = 0.15*2.875*3.25 = 1.40 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{dalle1}} = 3.33*2 = 6.66 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{dalle2}} = 2*0.7 = 1.4 \text{ KN/m}$$

$$\text{Poids propre} = 0.20*0.45*25 = 2.25 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{totale}} = 11.71 \text{ KN/m}$$

$$Q = 3.33*1.5 + 0.7*3.5 = 7.445 \text{ KN/m}$$

$$P_u = 1.35 (11.71) + 1.5 (7.445) = 26.97 \text{ KN/m} = \mathbf{0.027 \text{ MN/m}}$$

- Section sur les appuis :

Pour la détermination des sections sur les appuis, nous allons calculer μ_{bu} ; le comparer avec μ_{lu} afin d'en déduire les sections sur les appuis :

Appuis	B ₁	B ₃		B ₄		B ₇
Barres	B _{1/3}	B _{3/1}	B _{3/4}	B _{4/3}	B _{4/7}	B _{7/4}
Mu (MNm)	0.013	0.013	0.003	0.003	0.013	0.013
μ_{bu}	0.09	0.09	0.021	0.021	0.09	0.09
μ_{lu}	0.186					
Section	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA

Tableau 29 : Section des armatures aux appuis

SSA : Section à Simple Armature

Appuis	B ₁	B ₃		B ₄		B ₇
Barres	B _{1/3}	B _{3/1}	B _{3/4}	B _{4/3}	B _{4/7}	B _{7/4}
Z _b (m)	0.21	0.21	0.22	0.22	0.21	0.21
f _{ed} (MPa)	347.8					
Au (cm ²)	1.18	1.18	4.11	4.11	0.18	0.18
b ₀ h/1000(cm ²)	0.5					
0.23b ₀ *d*(f _{i28} /f _e)	0.54					
Amin	0.54					
A (cm ²)	1.18	1.18	4.11	4.11	0.54	0.54
Aciers	4HA8	4HA8	6HA10	6HA10	2HA8	2HA8
Section	2.01	2.01	4.71	4.71	1.00	1.00

Tableau 30 : Choix des aciers utilisés pour chaque appui

- Section sur les travées :

Travée	B ₁₃	B ₃₄	B ₄₇
Mu (MNm)	0.026	0.006	0.026
μ_{bu}	0.18	0.04	0.18
μ_{lu}	0.186		
Section	SSA	SSA	SSA

Tableau 31 : Section des armatures en travées

Travée	B ₁₃	B ₃₄	B ₄₇
Z _b (m)	0.2	0.22	0.2
f _{cd} (MPa)	347.8		
Au (cm ²)	3.73	0.8	3.73
b ₀ h/1000(cm ²)	0.5		
0.23b ₀ *d*(f _{t28} /f _e)	0.54		
A _{min}	0.54		
A (cm ²)	3.73	0.8	3.73
Aciers	6HA10	2HA10	6HA10
Section	4.71	1.57	4.71

Tableau 32 : Choix des aciers utilisés pour chaque travée

➤ Armatures transversales :

La section des armatures transversales est donnée par : $\varnothing_t \geq 0.3 * \varnothing_l$ pour les aciers hauts adhérence (HA) et $\varnothing_t \geq 0.4 * \varnothing_l$ pour les aciers rond lisses.

Soit : $\varnothing_l = 10\text{mm}$ donc $\varnothing_t \geq 0.3 * 10$; $\varnothing_t \geq 3$

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

➤ Espacement S_t des armatures transversales :

La valeur de l'espacement est résolue par l'équation qui suit :

$$\frac{A_t}{S_t} \geq \frac{b_0 \gamma_s (\tau_u - 0.3 k f_c 28)}{0.9 f_e (\cos \alpha + \sin \alpha)}$$

$\alpha = 90^\circ$, l'inclinaison de l'armature d'âme est perpendiculaire aux armatures principales ;

k = 1 (flexion simple)

$$\frac{A_t}{S_t} \geq \frac{0.20 * 1.15 (0.85 - 0.3 * 1 * 2.1)}{0.9 * 400 * 1} ; \frac{A_t}{S_t} \geq 1.41 * 10^{-4} \text{ m}^2/\text{m}$$

Espace maximale entre les armatures : $S_t \leq \min (0.9d ; 40\text{cm})$ et $\frac{A_t * f_e}{b_0 * S_t} \geq 0.4\text{MPa}$

$S_t \leq \min (20.25 ; 40\text{cm})$

Soit: $S_t = 18\text{cm}$

$\frac{A_t * f_e}{b_0 * S_t} = 2.17\text{MPa} > 0.4 \text{MPa}$ alors, l'espacement est vérifié.

Espacement initiale :

$$\text{On a : } S_{t0} \leq \frac{0.9 A_t f_e}{b_0 \gamma_s (\tau_u - 0.3 k f_c 28)} ; \text{ Soit : } S_{t0} \leq \frac{0.9 A_t f_e}{0.20 * 1.15 (0.85 - 0.3 * 1 * 2.1)} = \frac{0.01008}{0.0506} = 0.14$$

Nous allons choisir comme espacement entre les barres : $S_t = 10\text{cm}$

NB : les armatures sont présentées dans les annexes

C. CALCUL DES PLANCHERS :

a) Définition

Les planchers sont des aires horizontales ou présentant une légère pente, délimitant les différents niveaux d'un bâtiment.

b) Rôles

Les planchers participent à la stabilité de l'ouvrage. Ils s'opposent, avec le chaînage, aux actions du vent (contreventement). Les planchers transmettent les charges et les surcharges d'exploitation vers les organes d'appui tel que les poutres, les chaînages, les murs.

c) Choix du plancher à étudier :

La dalle à calculer est la dalle de la salle A2 (cas le plus défavorable) qui est la plus chargée.

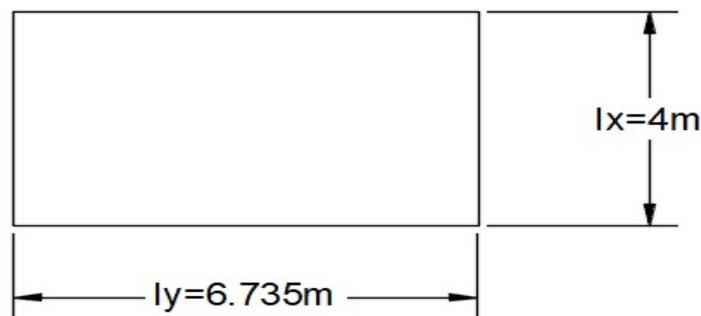


Figure 13 : Dimension de la dalle à étudier

d) Hypothèse de calcul :

Béton armé dosé à 350kg de CPA /m³. Cette dalle de béton sera une dalle pleine continue.

L'épaisseur de la dalle sera déterminée par la convention :

- $h_0 \geq \frac{l_x}{25}$ Si $\alpha \leq 0.40$ (1) et on admet que la dalle porte dans le sens de l_x ;

Dans ce cas : $M_{0x} = P \frac{l_x^2}{8}$, $M_{0y} = 0$;

- $h_0 \geq \frac{l_x}{40}$ Si $1 \geq \alpha \geq 0.40$ (2) et la dalle porte dans le sens de l_x et l_y ;

Dans ce cas : $M_{0x} = \mu_x p l_x^2$, $M_{0y} = \mu_y M_{0x}$

Or $\mu_x = \frac{1}{8(1+2\alpha^3)}$ et $\mu_y = \alpha^3 (1.9 - 0.9\alpha)$

DONNEES :

- Dimension de la dalle : 4*6.735
- Fissuration préjudiciable
- Aciers : FeE500 HA
- Résistance caractéristique à la compression à 28 jours $f_{c28} = 25\text{Mpa}$

Ici, on a $l_x = 4\text{m}$, $l_y = 6.735\text{m}$

$$\text{D'où } \alpha = \frac{l_x}{l_y} = \frac{4}{6.735} \quad \boxed{\alpha = 0.5939}$$

Donc $\alpha \geq 0,40 \Rightarrow$ on pourra prendre la deuxième convention c'est-à-dire

$$h_o \geq \frac{l_x}{40} = \frac{400}{40} = 10 \text{ donc } h_o \geq 10 \text{ cm}$$

Prenons $h_o = 15\text{cm}$

e) Calcul des armatures :

- Evaluation des charges :

Charges permanentes :

- Poids Propre dalle : $0.15 \times 25 = 3.75\text{KN/m}^2$
 - Carreaux : 0.6 KN/m^2
 - Enduit plâtre : 0.09 KN/m^2
- $G = 4.44 \text{ KN/m}^2$

Charges d'exploitation :

$$\text{Plancher : } Q = 2.5 \text{ KN/m}^2$$

Donc nous avons :

$$\text{A L'ELU : } P_u = 1.35G + 1.5Q = 1.35 (4.44) + 1.5 (2.5) = 9.744 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{A L'ELS : } P_{ser} = G + Q = 4.44 + 2.5 = 6.95 \text{ KN/m}^2$$

- Calcul des moments :

La dalle porte dans le sens de l_x et l_y car $\alpha = 0.59$

$$\mu_y = \alpha^3 (1.9 - 0.9\alpha) = 0.59^3 (1.9 - 0.9 \cdot 0.59)$$

A L'ELU :

$$M_{ox} = \frac{P_u l_x^2}{8} = \frac{9.744 \cdot 4^2}{8} = 19.488$$

$$M_{ox} = 19.488 \text{ KN.m}$$

$$M_{oy} = \mu_y M_{ox} = 0.281 \cdot 19.488$$

$$M_{oy} = 5.476 \text{ KN.m}$$

A L'ELS :

$$M_{ox} = \frac{P_{ser} l_x^2}{8} = \frac{6.95 \cdot 4^2}{8} = 13.9$$

$$M_{ox} = 13.9 \text{ KN.m}$$

$$M_{oy} = \mu_y M_{ox} = 0.281 \cdot 13.9$$

$$M_{oy} = 3.906 \text{ KN.m}$$

- Détermination des moments au niveau des appuis et aux travées :

Pour assurer la continuité du plancher, les moments suivant chaque sens doivent être minorés comme suit :

0.30 Pour les moments au niveau des appuis sur les deux extrémités ;

0.50 Pour les moments au niveau des appuis intermédiaires ;

0.85 Pour les moments en travée proche de la rive ;

0.75 Pour les moments en travée intermédiaires.

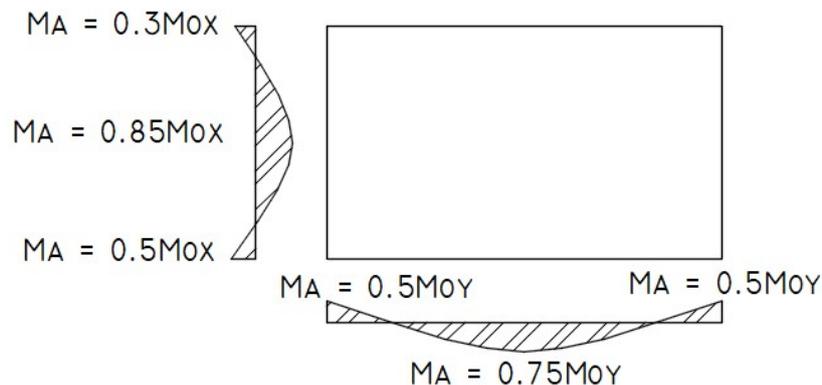


Figure 14 : Moments au niveau des appuis et aux travées

		M_o (KN.m)	Ma (KN.m)	Mt (KN.m)	Ma (KN.m)
ELU	Suivant I _x	19.48	9.74	16.56	5.84
	Suivant I _y	5.48	2.74	4.65	1.64
ELS	Suivant I _x	13.9	6.95	10.42	6.95
	Suivant I _y	3.906	1.95	2.93	1.953

Tableau 33 : Moment à prendre en compte aux appuis et aux travées

- Calcul des moments fléchissant :

Moment réduit ultime :

Le calcul se fait à l'ELU car on a une fissuration peu préjudiciable.

$$\mu_{bu} = \frac{M}{b_0 * d^2 * f_{bu}}$$

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

f_{bu} : Résistance à la compression à l'ELU ;

f_{c28} : Résistance caractéristique à la compression à 28jours ;

γ_b : Coefficient du béton qui est égal à 1.5 ;

d : largeur utile qui est égale à 12.5 c m ;

b₀ : largeur unité 1.00m ;

M : Moment suivant x ou y à l'ELU.

Situation		Est	Travée	Ouest
Suivant I _x	μ_{bu}	0.043	0.074	0.026
Situation		Sud	Travée	Nord
Suivant I _y	μ_{bu}	0.012	0.021	0.007
μ_{lu}		0.186		

Tableau 34 : Comparaison de μ_{bu} et μ_{lu} de la dalle

Nous pouvons constater que μ_{bu} < μ_{lu} donc on a une Section de Simple Armature.

Or, lorsqu'on a SSA, deux cas peuvent se présenter :

- $\mu_{bu} < 0.275$ nous adopterons le calcul simplifié :
- Si non, on cherche α tel que $\alpha = 1.25 (1 - \sqrt{1 - \mu_{bu}})$:

$Z_b = d (1 - 0.6\mu_{bu})$
$Z_b = d (1 - 0.6\alpha)$

Dans notre cas, $\mu_{bu} < 0.275$ alors on a un calcul simplifié.

- Détermination de la section des armatures :

On a :
$$A_u = \frac{M_u}{Z_b f_{ed}}$$

A_u : Section des armatures longitudinales ;

f_{ed} : Résistance de calcul de l'acier à l'ELU (347.8 MPa) ;

M_u : Moment à l'ELU ;

Z_b : Bras de levier de l'effort de compression

Situation		Est	Travée	Ouest
Suivant l_x	μ_{bu}	0.043	0.074	0.026
	$Z_b(m)$	0.055	0.096	0.033
	$A_u (cm^2)$	5.13	5.00	5.13
Situation		Sud	Travée	Nord
Suivant l_y	μ_{bu}	0.012	0.021	0.007
	$Z_b(m)$	0.015	0.026	0.009
	$A_u (cm^2)$	5.29	5.19	5.29

Tableau 35 : Sections des armatures de la dalle

Section minimale des armatures :

Les sections minimales des armatures sont comme suit :

Bandes suivants l_y : $A_{y \min} = 12h_0$ si ronds lisses ; mais $A_{y \min} = 8h_0$ si $f_e E 400$

Bandes suivants l_x : $A_{x \min} = \frac{3-\alpha}{2} * A_{y \min}$

D'où, on a $A_{y \min} = 8 * 0.15 = 1.2 \text{ cm}^2$; et : $A_{x \min} = \frac{3-0.59}{2} * 1.2 = 1.45$

$A_{y \min} = 1.2$ et $A_{x \min} = 1.45$
--

- Choix des armatures et dispositions constructives :

Dans le cas pratique, nous choisissons toujours comme section des armatures :

$$A = \text{Sup} (A_u ; A_{\min})$$

Comme disposition constructive, le diamètre des armatures est choisi suivant cette formule :

$$\varnothing \leq \frac{h_0}{10}$$

\varnothing : Diamètre des armatures en mm ;

h_0 : Epaisseur de la dalle en mm ;

$$\text{Alors } \varnothing \leq \frac{150}{10} = 15 \text{ mm}$$

	Sur les appuis		Sur les travées	
	Suivant l_x	Suivant l_y	Suivant l_x	Suivant l_y
A (cm ²)	5.13	5.29	5	5.19
Aciers	5HA12	5HA12	5HA12	5HA12
Section	5.65	5.65	5.65	5.65

Tableau 36 : Armatures du plancher d'épaisseur 15 cm

L'espacement maximal des armatures est défini par :

- $S_{tx} \leq \min (3h_0 ; 33\text{cm})$ dans le sens de l_x ; c'est-à-dire $S_{tx} \leq 33\text{cm}$
- $S_{ty} \leq \min (4h_0 ; 45\text{cm})$ dans le sens de l_y ; c'est-à-dire $S_{tx} \leq 45\text{cm}$

Le calcul des espacements se fait comme suit (dans le cas pratique) :

- Sur les appuis : $S_t = 100/6 = 16.6\text{cm}$
- Sur les travées : $S_t = 100/5 = 20\text{cm}$

Donc les armatures sont espacées de **20cm** aux travées ; et on prend **15cm** aux appuis entre axes des armatures.

NB : les armatures sont présentées dans les annexes

D. CALCUL DES ESCALIERS :

a) Définition

Les escaliers sont des éléments obliques d'une construction qui rendent possible la circulation verticale, c'est-à-dire le passage d'un niveau à un autre.

b) Terminologies

La marche : est la partie horizontale qui reçoit le pied. Elle doit donc avoir une largeur sensiblement égale à 30 cm correspondant à un pied normal.

La contre marche : est la partie verticale qui limite la marche.

Le giron : représente le largeur libre d'une marche, c'est-à-dire la distance horizontale qui sépare deux nez de marche consécutifs ou deux contre marches, sur la ligne de foulée.

La hauteur de marche : représente la différence de hauteur entre deux marches successives. Elle varie de 16cm à 20 cm.

La paillasse : est la dalle oblique en béton qui porte l'escalier.

L'emmarchement « e » : est la largeur de l'escalier ou la longueur de marche ; il est compris entre 80 cm et 100cm pour les pavillons (maisons individuelles) ; 120 à 180 cm pour les bâtiments recevant du public et les immeubles collectifs (contraintes de sécurité incendie en fonction de l'importance du public).

Remarque : on considère 50 cm par personne pour pouvoir se déplacer sur un escalier ou alors le mieux c'est de considérer ou de prendre 60 cm par personne.

Le palier : est l'aire plane qui assure un repos ou un changement de direction pendant la montée à chaque étage et à des niveaux intermédiaires.

Afin de permettre le transport des meubles, les paliers doivent être d'une largeur supérieure ou au moins égale la longueur de marche ($L' \geq L$). On adoptera de préférence une largeur de palier égale à 1.2 fois la longueur de marche ($L' \geq 1.2L$).

La volée : est le nombre de marches comprises entre deux paliers consécutifs ; elle ne doit pas excéder 20 ou 25 marches ; au-delà prévoir un palier de repos intermédiaire.

Le jour : est l'espace vide entre deux volées.

L'échappée : est la hauteur libre au-dessus du nez des marches. C'est aussi l'espace libre entre deux volées situées dans un même plan vertical. Sa valeur ne doit pas être inférieure à 1.90m.

La ligne de foulée : représente le parcours d'une personne qui descend en se tenant à la rampe du côté du jour, elle est placée conventionnellement :

Au milieu si celui-ci mesure moins de 1.00m

À 0.50m de la rampe si l'embranchement mesure plus de 1.00m

Remarque : Toutes les marches ont même giron sur la ligne de foulée.

La hauteur H de la main courante doit être comprise entre 85 et 100cm.

c) Dimensions des marches

On doit vérifier dans tous les calculs d'escaliers que les dimensions des marches satisfassent la relation de BLONDEL :

$$60\text{cm} \leq g + 2h \leq 64\text{cm} \quad \text{où } h : \text{ hauteur de marche et } g : \text{ giron}$$

Types d'escalier	Hauteur	Giron
Escalier perron	15.5 à 17	30 à 32
Escalier d'étage	16.5 à 17.5	27 à 30
Escalier de cage	18.5 à 19.5	25 à 28

Tableau 37 : Norme d'escalier

Dans notre cas :

Escaliers droits à 4 volées avec 3 paliers de repos. Nous avons une hauteur à franchir $H = 3.20\text{m}$, soit $h = 16\text{cm}$ et nous aurons 20 contremarches.

En prenant $G = 28\text{cm}$, la relation de Blondel donne : $G + 2h = 60\text{cm}$; et $\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{h}{G}\right) = 29.74^\circ$

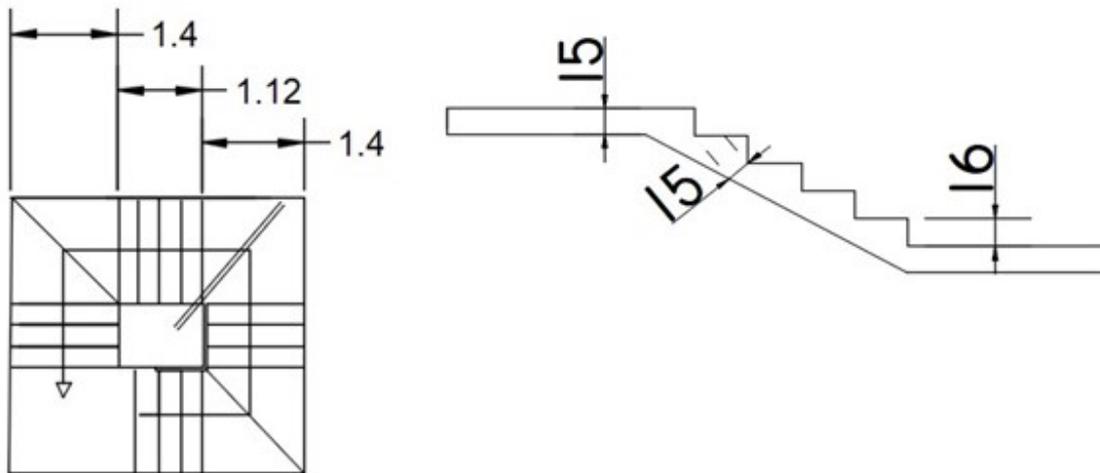


Figure 15 : Schéma de l'escalier

d) Calcul et trace d'un escalier

Pour le calcul d'un escalier deux cas peuvent se présenter :

a- la hauteur de marche est imposée (ou choisie), donc il en résulte la hauteur $H = n \times h$, n : nombre de marches ($14 \leq n \leq 22$)

b- la hauteur H (de palier en palier) du palier de départ au palier d'arrivée est imposée (ou choisie), on prend un nombre de marche n et on cherche $\frac{H}{n}$ et on trouve $h = \frac{H}{n}$.

e) Calcul de la dimension de l'escalier :

Le pré dimensionnement de l'épaisseur du palier et de la paillasse est donné par la relation :

$$\frac{L_0}{30} \leq ep \leq \frac{L_0}{20}$$

L_0 : Longueur du palier et de la paillasse

On a: $L_0 = 4.00\text{m}$

$$13.33\text{cm} \leq ep \leq 20\text{cm}$$

Prenons les épaisseurs du palier et de la paillasse à $ep = 15\text{cm}$.

Eléments	Dimensions [cm]
Hauteur de marches h	16
Giron g	30
Emmarchement L	140
Hauteur à franchir H	320
Contremarches n	20
Angle d'inclinaison	29.74°
Epaisseur de la paillasse	15

Tableau 38 : dimension de l'escalier

Notons que la formule de Blondel est vérifiée : $60\text{cm} \leq 2h + g \leq 64\text{cm}$

f) Calcul des armatures :

On a :

- ✓ Largeur de l'escalier: 1,20 m
- ✓ Longueur de la volée : 2,98 m ; c'est –à – dire : longueur de la dalle
- ✓ L'épaisseur de la paillasse : 0,15 m
- ✓ Fissuration peu préjudiciable (se trouvant dans un endroit couvert)
- ✓ Aciers : FeE500 HA
- ✓ Résistance caractéristique à la compression à 28 jours $f_{c28} = 25\text{Mpa}$
- ✓ φ béton armé = 25KN/m^3
- ✓ φ béton non armé = 22KN/m^3

g) Sollicitation :

❖ Evaluations des charges :

Charges permanentes :

▪ Volée :

$$\text{Paillasse : } G_1 = 0.15 * 1.40 * 25 = 5.25 \text{ KN/m ;}$$

$$\text{Marche : } G_2 = 0.15/2 * 1.40 * 22 = 2.31 \text{ KN/m ;}$$

$$\text{Revêtement : } G_3 = 1.4 * 1 = 1.4 \text{ KN/m.}$$

$$\text{Nous avons donc : } G = G_1 + G_2 + G_3 = 8.96 \text{ KN/m}$$

$$\text{Pourtant, la volée est inclinée d'un angle } \alpha = 29.74^\circ \text{ ; alors, } G = \frac{8.96}{\cos 29.74} = \mathbf{10.32 \text{ KN/m}}$$

▪ Palier de repos :

$$\text{Palier : } G_1 = 0.15 * 0.14 * 25 = 5.25 \text{ KN/m ;}$$

$$\text{Revêtement : } G_2 = 1.4 * 1 = 1.4 \text{ KN/m.}$$

$$\text{D'où } G = G_1 + G_2 = \mathbf{6.65 \text{ KN/m}}$$

Charge d'exploitation :

▪ Volée :

$$Q = 1.4 * 2.5 = 3.50 \text{ KN/m}$$

$$\text{Avec une inclinaison de } \alpha = 29.74, \text{ nous avons : } Q = \mathbf{4.03 \text{ KN/m}}$$

▪ Palier :

$$Q = 1.4 * 2.5 = \mathbf{3.5 \text{ KN/m}}$$

❖ Combinaison des charges :

A L'ELU :

$$\text{Pour la volée : } 1.35G + 1.5Q = \mathbf{19.98 \text{ KN/m}}$$

$$\text{Pour le palier : } 1.35G + 1.5 Q = \mathbf{14.23 \text{ KN/m}}$$

A L'ELS :

$$\text{Pour la volée : } G + Q = \mathbf{14.35 \text{ KN/m}}$$

$$\text{Pour le palier : } G + Q = \mathbf{10.15 \text{ KN/m}}$$

❖ Moment réduit :

$$\mathbf{Mu = \frac{Puxl^2}{8}}$$

$$Mu = \frac{0.01998 * 1.4^2}{8} + \frac{0.01423 * 1.12^2}{8} + \frac{0.01998 * 1.4^2}{8} = \mathbf{0.03433 \text{ MN/m}}$$

h) Détermination des armatures :

❖ Armature principale :

Nous avons vu précédemment que tout l'ouvrage en béton armé sera effectué à l'ELU et la fissuration est considérée comme peu préjudiciable.

$$b_0 = 1.4\text{m}$$

$$d = 0.09\text{m}$$

$$\mu_{bu} = \frac{M_u}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}}$$

$$\mu_{bu} = \frac{0.03433}{1.4 \times 0.12^2 \times 14.17} = 0.120$$

On utilise des aciers de nuance Fe E 400 ; d'où $\mu_{lu} = 0.186$

Nous avons donc une **Section à Simple Armature** car $\mu_{bu} < \mu_{lu}$

Alors :

$$A_u = \frac{M_u}{Z_b \times f_{ed}}$$

$$f_{ed} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 347.8 \text{ MPa}$$

$$Z_b = d (1 - 0.6\mu_{bu}) = 0.09 (1 - 0.6 \times 0.120) = 0.11136 \text{ m}$$

$$D'où A_u = 0.000886 \text{ m}^2 = 8.86 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité :

$$A_{\min} = \sup \left(\frac{b_0 h}{1000} ; 0.23 b_0 d \frac{f_{t28}}{f_e} \right)$$

$$\frac{b_0 h}{1000} = 2.10 \text{ cm}^2$$

$$0.23 b_0 d \frac{f_{t28}}{f_e} = 2.03 \text{ cm}^2$$

$$D'où A_{\min} = 2.10 \text{ cm}^2$$

$$A_u > A_{\min} \text{ Alors } A = A_u = 8.86 \text{ cm}^2$$

On utilise donc **8HA12** = 9.04 cm² pour l'armature longitudinale.

❖ Armatures de répartition :

La section d'armature de répartition est donnée par la relation :

$$D'où : A_r = 2.22 \text{ cm}^2$$

$$A_r = \frac{A}{4}$$

On utilise donc **9HA6** = 2.54 cm² pour l'armature de répartition par mètre linéaire

NB : les armatures sont présentées dans les annexes

PARTIE IV :
ETUDE FINANCIÈRE

I. DEVIS DESCRIPTIFS1) Installation et repli de chantier :

N°	DESCRIPTION	CONCERNE	Uté
1-1	<p>L'installation de chantier comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'amenée des matériels nécessaires ou exigés. - La clôture de chantier. - La mise en place du panneau d'indication du chantier. - La préparation des surfaces, la construction, les aménagements des baraques de chantier, de logement et bureaux. - La mise en disposition de moyen de communication. - L'alimentation en eau potable et en énergie électrique du chantier. - L'aménagement et l'entretien des voies d'accès au chantier. - Les sujétions de maintien de la circulation durant les travaux. - L'établissement des plans de recollement conformes à l'exécution. 	Le chantier	fft
1-2	<p>Le repli de chantier comprend :</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'enlèvement en fin de chantier de tous les matériels, les matériaux en excédent, la clôture et la remise en état de lieux. - Le nettoyage général de chantier. 		fft

Tableau 39 : Installation et repli de chantier

2) Terrassement :

N°	DESCRIPTION	CONCERNE	Uté
2-1	- Découpage et dressage du sol, y compris toutes sujétions de mise en œuvre.	Emprise de bâtiment.	m ²
2-2	- Fouille en tranchée à l'aide des engins ou manuelle, y compris le dressement des parois et de fonds.	Semelle. Longrine, diverses canalisations.	m ³
2-3	- Fouille en excavation, y compris dressement des parois et des fonds	Fosses sceptiques	m ³
2-4	- Remblai de terre compacté suivant la règle de l'art, y compris toutes sujétions de mise en œuvre.	Mise à niveau suivant plan de terrassement et comblement de fouille.	m ³
2-5	- Evacuation des terres excédentaires vers l'aire de décharges choisies par le titulaire ou désignée par le Maître d'ouvrage.	Terre non utilisée provenant de fouille.	m ³

Tableau 40 : Terrassement

II. DEVIS QUANTITATIFS1) Avant métrer :

N°	Désignation	U	NPS	DIMENSIONS REDUITES			QUANTITE AVANT METRE			Observations
				L	I	h/é	Aux	Part	Déf	
I	TERRASSEMENT									
1	Semelle	m ³	32	1,5	1,5	1,4	3,15	100,8	172,8	
2	longrine	m ³	20	4,5	0,2	0,2	3,6	72		
II	INFRASTRUCTURE									
	<u>Béton Armé</u>									
1	Semelle	m ³	32	1,5	1,5	0,4	0,9	28,8	40,124	
2	Poteaux	m ³	32	0,2	0,2	0,8	0,032	1,024		
3	longrine longi	m ³	20	4,5	0,2	0,45	0,405	8,1		
4	longrine trans	m ³	22	2	0,2	0,25	0,1	2,2		
III	SUPERSTRUCTURE									
	<u>Béton Armé</u>									
1	Poteaux	m ³	32	0,2	0,2	2,87*3	0,115*3	11,02	188,58	Poteaux: (RDC/R+1/R+2)
2	Dalle G	m ³	27	6,7	4	0,15	4,02	108,54		
3	Dalle P	m ³	36	3	1,5	0,15	0,675	24,3		
4	Dalle couloire	m ³	9	6,7	1,4	0,15	1,407	12,663		
5	Poutre longi	m ³	40	1,5	0,2	0,45	0,405	16,2		
6	Poutre trans	m ³	44	2	0,2	0,25	0,1	4,4		
7	Long Acrotère	m ³	2	30	0,77	0,12	2,772	5,554		
8	Larg Acrotère	m ³	2	8,6	0,77	0,12	0,79	1,6		
9	Escalier	m ³	40	1,4	0,3	0,25	0,105	4,2		
	<u>Auvent en Béton Armé</u>									
10	Poteaux	m ³	6	0,2	0,2	3	0,12	0,72	18,92	
11	Dalle G	m ³	1	18	2	0,25	9	9		
12	Dalle P	m ³	1	6,8	2	0,25	3,4	3,4		
13	Poutre	m ³	4	2	0,2	0,25	0,1	0,4		
14	Dalle Vérandas	m ³	1	18	2	0,15	5,4	5,4		
	<u>Béton de Propreté</u>									
15	Chainage a	m ³	2	30	0,2	0,15	0,9	1,8	12,39	
16	Chainage b	m ³	2	9,6	0,2	0,15	0,3	0,6		
17	Acrotère a	m ³	2	30	0,25	0,05	0,37	0,75		
18	Acrotère b	m ³	2	9,6	0,25	0,05	0,12	0,24		
19	Linteau G	m ³	6	17	0,5	0,1	0,85	5,1		
20	Linteau P	m ³	30	2,6	0,5	0,1	0,13	3,9		

Maçonnerie de parpaing										
21	mur sommet a	m ³	2	30	0,2	1	6	12	322,38	RDC/R+1/R+2
22	mur sommet b	m ³	2	9,6	0,2	1	1,92	3,84		
23	mur a	m ³	60	4,5	0,2	2,87	2,583	155		
24	mur b	m ³	66	2	0,2	2,87	2,3	151,53		
Enduit										
25	longueur	m ³	8	30	0,03	11	10	80	120	
26	largeur	m ³	12	10	0,03	11	3,3	40		

Tableau 41 : Avant métré de l'ouvrage

 2) Sous détails de prix :

- ❖ Le coefficient de majoration de déboursés K est donné par la relation suivante :

$$K = \frac{(1+A1)*(1+A2)}{1-[A3*(1+TVA)]}$$

A1 : Frais généraux ; A1 = (a1+a2+a3+a4)%

a1 : frais d'agence et patente ;

a2 : frais de chantier ;

a3 : frais d'étude et laboratoire ;

a4 : assurance.

A2 : Bénéfice brut et frais financières ; A2 = (a5+a6+a7+a8)%

a5 : bénéfice net et impôt sur le bénéfice ;

a6 : aléas technique ;

a7 : aléas de révision des prix ;

a8 : frais financière.

A3 : Frais proportionnels aux prix de règlement avec taxe A3 = a9%

a9 : frais de siège (0 pour entreprise ayant un siège à Madagascar)

Alors, **K = 1.34** tel que a1=3 ; a2=6 ; a3=2 ; a4=1 ; a5=11 ; a6=3 ; a7=3 ; a8=3 et a9=0

- ❖ Prix Unitaire :

Le prix unitaire de la sous détails est donné par :

$$PU = \frac{Total\ gén * K}{R}$$

Avec R , le rendement qui est égal à 1.

❖ Fouille :

Composante de prix			Dépense direct			Montant			TOTAL
Désignation	Unité	Qté	Unité	Qté	P.U(Ariary)	Matériel	M.O	Matériaux	
<u>Matériel :</u>									
Outillage	H	1.67	H	1.67	2000	3340			3340
<u>M.O :</u>									
Chef de Chantier	H	0.835	H	0.835	4000		3340		7515
Chef d'Equipe	H	0.835	H	0.835	3000		2507		
Main d'œuvre	H	1.67	H	1.67	1000		1670		
<u>Matériaux :</u>									
TOTAL GENERAL (Ar)									10855

Tableau 42 : sous détail de prix de la fouille

$$PU(\text{fouille}) = \frac{10855 * 1.34}{1}$$

PU (fouille) = 15197 Ar

❖ Béton de propreté :

Composante de prix			Dépense direct			Montant			TOTAL
Désignation	Unité	Qté	Unité	Qté	P.U(Ariary)	Matériel	M.O	Matériaux	
<u>Matériel :</u>									
Outillage	H	3.9	H	3.9	2000	7800			44850
Bétonnière	H	1.95	H	1.95	15000	29250			
Pervibrateur	H	1.95	H	1.95	4000	7800			
<u>M.O :</u>									
Chef de Chantier	H	0.95	H	0.95	4000		3800		26350
Chef d'Equipe	H	1.95	H	1.95	3000		5850		
Ouvrier	H	3.9	H	3.9	2000		7800		
Main d'œuvre	H	9.5	H	9.5	1000		9500		
<u>Matériaux :</u>									
Ciment	Kg	200	Kg	200	700			140000	200340
Gravillons	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 GENERAL (Ar)									271540

Tableau 43 : sous détail de prix du béton de propreté

$$PU(\text{BP}) = \frac{271540 * 1.34}{1}$$

PU (BP) = 363 863.6Ar

❖ Béton Armée dosé à 350 :

Composante de prix			Dépense direct			Montant			TOTAL
Désignation	Unité	Qté	Unité	Qté	P.U(Ariary)	Matériel	M.O	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			
M.O :									
Chef de Chantier	H	2.5	H	2.5	4000		10000		43500
Chef d'Equipe	H	2.5	H	2.5	3000		7500		
Ouvrier	H	5	H	5	2000		10000		
Main d'œuvre	H	16		16	1000		16000		
Matériaux :									
Ciment	Kg	350	Kg	350	700			245000	275700
Gravillons	m ³	0.4	m ³	0.4	60000			24000	
Sable	m ³	0.17	m ³	0.17	30000			5100	
Eau	m ³	0.8	m ³	0.8	2000			1600	
TOTAL GENERAL (Ar)									

Tableau 44 : sous détail du béton dosé à 350

$$PU (BA350) = \frac{376700 \cdot 1.34}{1}$$

$$PU (BA350) = 504\,778 \text{ Ar}$$

❖ Ferrailage :

Composante de prix			Dépense direct			Montant			TOTAL
Désignation	Unité	Qté	Unité	Qté	P.U(Ariary)	Matériel	M.O	Matériaux	
Matériel :									
Outillage	H	0.1	H	1	2000	2000			2000
M.O :									
Chef de Chantier	H	0.05	H	0.05	4000		200		620
Chef d'Equipe	H	0.05	H	0.05	3000		150		
Main d'œuvre	H	0.07	H	0.07	1000		70		
Ferrailleur	H	0.1	H	0.1	2000		200		
Matériaux :									
Fil recuit	Kg	0.01	Kg	0.01	5000			50	5250
Acier	Kg	1	Kg	1	5200			5200	
TOTAL GENERAL (Ar)									7870

Tableau 45 : sous détail de prix du ferrailage

$$PU (\text{ferrailage}) = \frac{7870 \cdot 1.34}{1}$$

$$PU (\text{ferrailage}) = 10\,545.8 \text{ Ar}$$

❖ Coffrage :

Composante de prix			Dépense direct			Montant			TOTAL
Désignation	Unité	Qté	Unité	Qté	P.U(Ariary)	Matériel	M.O	Matériaux	
<u>Matériel :</u> Outillage	H	1.44	H	1.44	2000	2880			2880
<u>M.O :</u> Chef de Chantier	H	0.72	H	0.72	4000		2880		8640
Chef d'Equipe	H	0.72	H	0.72	3000		2160		
Main d'œuvre	H	0.72	H	0.72	1000		720		
Coffreur	H	1.44	H	1.44	2000		2880		
<u>Matériaux :</u> Bois	m ² /m ³	0.025	m ² /m ³	0.025	320000			8000	8750
Pointes	Kg	0.15	Kg	0.15	5000			750	
TOTAL GENERAL (Ar)									20270

Tableau 46 : sous détail de prix du coffrage

$$PU(\text{coffrage}) = \frac{20270 \times 1.34}{1}$$

$$PU(\text{coffrage}) = 27\,161.8 \text{ Ar}$$

❖ Enduit :

Composante de prix			Dépense direct			Montant			TOTAL
Désignation	Unité	Qté	Unité	Qté	P.U(Ariary)	Matériel	M.O	Matériaux	
<u>Matériel :</u> Outillage	H	78.4	H	78.4	2000	156800			156800
<u>M.O :</u> Chef de Chantier	H	20	H	20	4000		8000		413200
Chef d'Equipe	H	39.2	H	39.2	3000		117600		
Ouvrier	H	78.4	H	78.4	2000		156800		
Main d'œuvre	H	58.8	H	58.8	1000		58800		
<u>Matériaux :</u> Ciment	Kg	300	Kg	300	700			210000	240400
Sable	m ³	1	m ³	1	30000			30000	
Eau	m ³	0.2	m ³	0.2	2000			400	
TOTAL GENERAL (Ar)									810400

Tableau 47 : sous détail de l'enduit

$$PU(\text{Enduit}) = \frac{810400 \times 1.34}{1}$$

$$PU(\text{Enduit}) = 1\,085\,936 \text{ Ar}$$

3) Devis estimatif :

N°	DESIGNATION	Unité	Quantité	Prix/unité	Montant en Ar
I- INSTALLATION DE CHANTIER					
1.1	Installation de chantier	fft	1	1 000 000	1 000 000,00
1.2	Repli de chantier	fft	1	700 000	700 000,00
Total installation et repli de chantier		-			1 700 000,00
II- TERRASSEMENT					
2.1	Fouille	m ³	172.8	15 197	2 626 041,6
2.2	Evacuation des terres excédentaires	m ³	26,85	4 000	107 400,00
2.3	Décapage et dressage du sol	m ²	180,00	2 000	360 000,00
2.4	Remblai de terre	m ³	31.15	5 000	115 750,00
Total terrassement		-			3 249 191.6
III- INFRASTRUCTURE					
3.1	Lit de sable	m ³	1,4	30 000	42 000,00
3.2	Béton dosé à 350 Kg/m ³	m ³	40.124	504 778	20 253 712,47
Total infrastructure		-			20 295 712.47
IV- SUPERSTRUCTURE					
4.1	Béton dosé à 350 Kg/m ³ de ciment de CEMI	m ³	186.793	504 778	94 288 996,95
4.2	Coffrage en bois totale	m ²	1 062,738	27 161,8	28 865 877,01
4.3	Armature en acier à haute adhérence de tout diamètre (totale)	Kg	203,193	10 545,8	2 142 832,739
4.4	Maçonnerie en agglos	m ²	322,38	363 863,6	117 302 347
4.5	Enduit au mortier de ciment dosé à 300 Kg/m ³ de CEMII	m ³	120	363 863,6	43663632
Total superstructure		-			286 263 685,7

V- CARRELAGE ET REVETEMENT					
5.1	Fourniture et pose carreaux de grès –cérâme	m ²	88,23	40000	3 529 200,00
5.2	Faux plafond	m ²	312,56	50000	15 628 000,00
5.3	Chape bouchardée dosée à 400 Kg/m ³	m ³	3,92	25000	98 000,00
5.4	Pose de plinthe en grès- cérame	m ²	10,42	45000	468 900,00
Total carrelage et revêtement		-			19 724 100,00
VI- COUVERTURE ET PLAFONNAGE					
	Tol Galvanisé	m ³	21,38	400 000	8 552 000,00
	Evacuation des eaux pluviales (P.V.C.80)	ml	30,85	10 000	308 500,00
Total couverture et plafonnage		-			8 860 500,00
VII- MENUISERIE					
6.1	Porte iso plane à 1 vantail 90/210	u	5	100 000	500 000,00
6.4	Fenêtre vitrée en coulissante en aluminium 120/115	u	4	50 000	200 000,00
6.5	Fenêtre vitrée en coulissante en aluminium 200/110	u	9	90 000	810 000,00
6.6	Fenêtre vitrée en aluminium 50/50 Brique de verre 20/20	u	10 425	10 000 2 000	100 000,00 850 000,00
6.7	Garde-corps pour escalier	ml	11,50	80 000	920 000,00
Total menuiserie		-			3 380 000,00

VIII- PLOMBERIE SANITAIRE					
7.1	Canalisation d'alimentation en eau froide en tuyaux d'acier galvanisé	ml	45,88	85 000	3 899 800,00
7.2	Canalisation d'évacuation d'eau usée en tuyau P.V.C.	ml	18	42 000	756 000,00
7.3	pose de lavabo	u	4	120 000	480 000,00
7.4	Fourniture et pose accessoires chromées sanitaires	fft	2	900 000	1 800 000,00
7.6	W.C. à l'anglaise	u	6	400 000	2 400 000,00
Total plomberie et sanitaire			-		9 335 800,00
IX- ELECTRICITE					
9.1	Tableau général de protection	u	1	500 000	500 000,00
9.2	Tableau secondaire de protection	u	2	260 000	520 000,00
9.3	Fourniture et pose de prise 2P+T	u	28	25 100	702 800,00
9.4	Fourniture et pose de point lumineux	u	28	10 000	280 000,00
9.5	Fourniture et pose de point lumineux (Néon, 1m)	u	25	28 000	700 000,00
9.6	Installation de prise de terre	u	1	700 000	700 000,00
9.7	Installation paratonnerre	u	1	900 000	900 000,00
Total électricité			-		4 302 800,00
X- PEINTURE					
10.1	Peinture plastique lavable intérieur en 2 couches	m ²	912,11	7 000	6 384 770,00
10.3	Peinture plastique lavable extérieur en 2 couches	m ²	425,07	7 000	2 975 490,00
Total peinture			-		9 360 260,00

XI- ASSAINISSEMENT					
11.1	Confection de fosse septique	fft	1,00	1 620 000	1 620 000,00
11.2	Confection de regard d'assainissement	u	6	120 000	720 000,00
11.3	Buses en ciment de diverses sections	fft	1,00	300 000	300 000,00
Total assainissement		-			2 640 000,00
TOTAL GENERAL					367 840 009 ;2

Tableau 48 : devis estimatif du projet**RECAPITULATIF :**

N°	DESIGNATIONS	MONTANT EN AR
1	Installation et repli de chantier	1 700 000
2	Terrassement	3 249 191,6
3	Infrastructure	20 295 712,47
4	Superstructure	286 263 685,7
5	Carrelage et revêtement	19 724 100
6	Couverture et plafonnage	8 860 500
7	Menuiserie	3 380 000
8	Plomberie et sanitaire	9 335 800
9	Electricité	4 302 800
10	Peinture	9 360 260
11	Assainissement	2 640 000
Σ	TOTAL HORS TAXE	369 112 050
	TVA 20%	73 822 410
	TOTAL TTC	442 934 460

Tableau 49 : récapitulatif du devis estimatif du projet

Le montant total pour réaliser notre projet est « **QUATRE CENT QUARANTE DEUX MILLIONS NEUF CENT TRENTE QUATRE MILLE QUATRE CENT SOIXANTE Ariary** » (442 934 460 AR) y compris la taxe sur les valeurs ajoutées (TVA) au taux de vingt pour cent (20%) à la somme de« **SOIXANTE TREIZE MILLIONS HUIT CENT VINGT DEUX MILLE QUATRE CENT SOIXANTE Ariary** » (73 822 460 AR).

III. PLANNING1) Temps et ouvriers :

L'installation de Chantier : 4jours avec 5 ouvriers

Approvisionnement des matériaux : 4jours avec 6ouvriers

Replis de Chantier : 3jours avec 5 ouvriers

N°	Désignation	Classification des ouvriers																		TOTAL	
		CC			CE			OS			MO			OS Fe			OS coff			Jrs	O
		H	J	Nb	H	J	Nb	H	J	Nb	H	J	Nb	H	J	Nb	H	J	Nb		
1	Fouille	144	9	2	144	9	2				289	9	4							9	8
2	Coffrage	765	48	2	765	48	2				765	48	2				1530	48	4	48	10
3	Ferraillage	10	1	2	10	1	2				14	1	2	20	1	3				1	9
4	BA350	608	38	2	608	38	2	1217	38	4	3893	38	13							38	21
5	M.Agglos	322	41	1	1112	41	4	2224	41	7	2224	41	7							41	19
6	BP	12	2	1	24	2	2	48	2	4	118	2	8							2	15
7	Enduit	2400	150	2	4704	150	4	9408	150	8	7056	150	6							150	20

Tableau 50 : Estimation de temps de travaux et des ouvriers à travailler

2) Planning tâche :

N°	Désignation	Taches	Tache antérieure	Nb 0	Durée/j
1	Installation de chantier	A		5	4
2	Approvisionnement des matériaux	B		6	4
3	Fouille	C	A	8	9
4	Ferraillage	D	BC	9	1
5	Coffrage	E	BC	10	48
6	Béton dosé à 350	F	D	21	38
7	Maçonnerie agglos	G	EF	19	41
8	Béton de propreté	H	G	15	2
9	Enduit	I	H	20	150
10	Replis de chantier	J	I	5	3

Tableau 51 : Planning tâche du projet

3) Chemin critique :

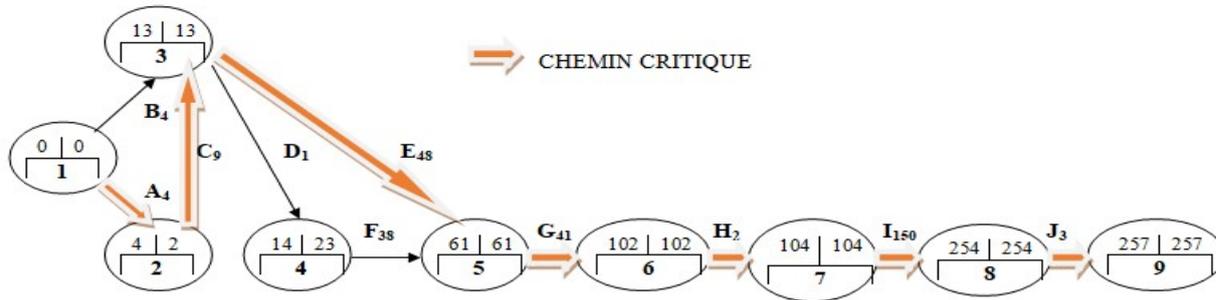


Figure 16 : Planification avec chemin critique

4) Planning flèche :

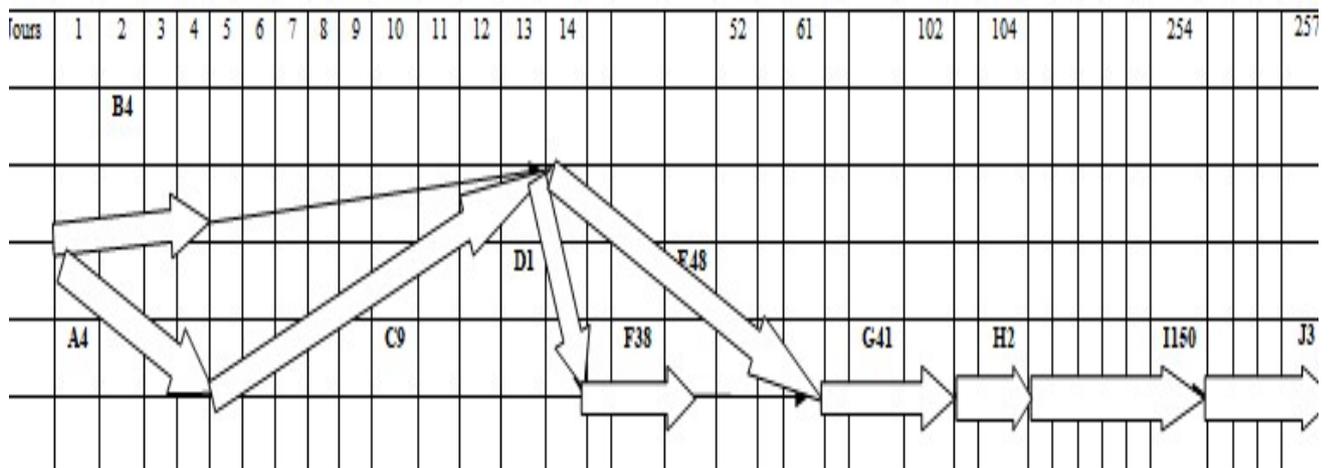


Figure 17 : Graphique planning flèche

5) Répartition des mais d'œuvre :

C'est un graphique contenant le nombre de jours du travail et le nombre de personnel durant les travaux.

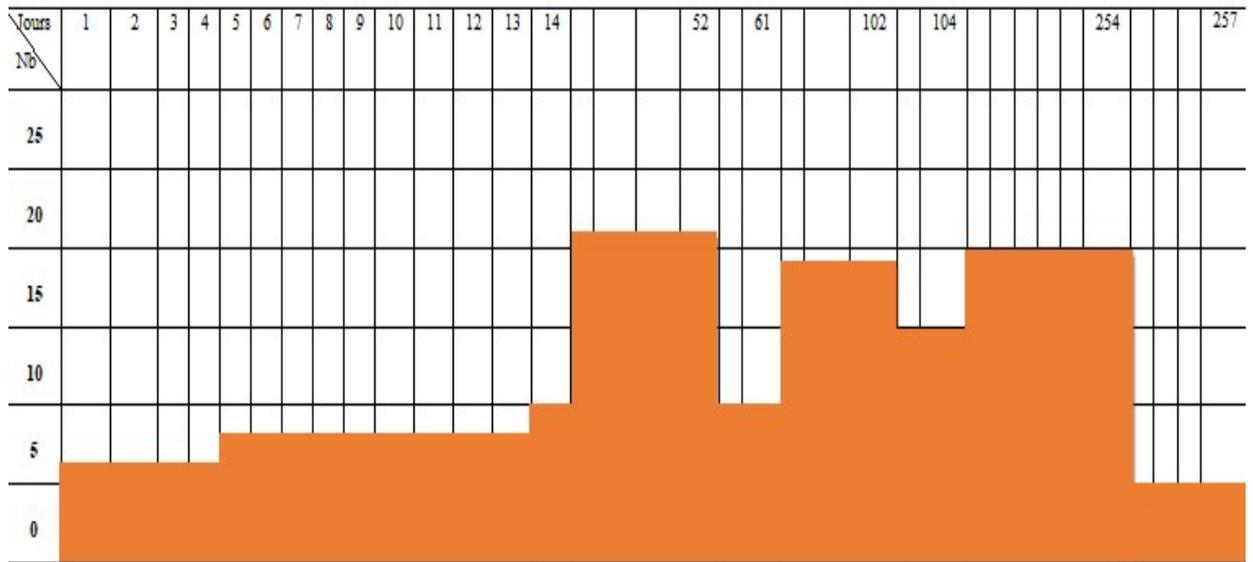


Figure 18 : Graphique de répartition de main d'œuvre

6) Planning de Gant :

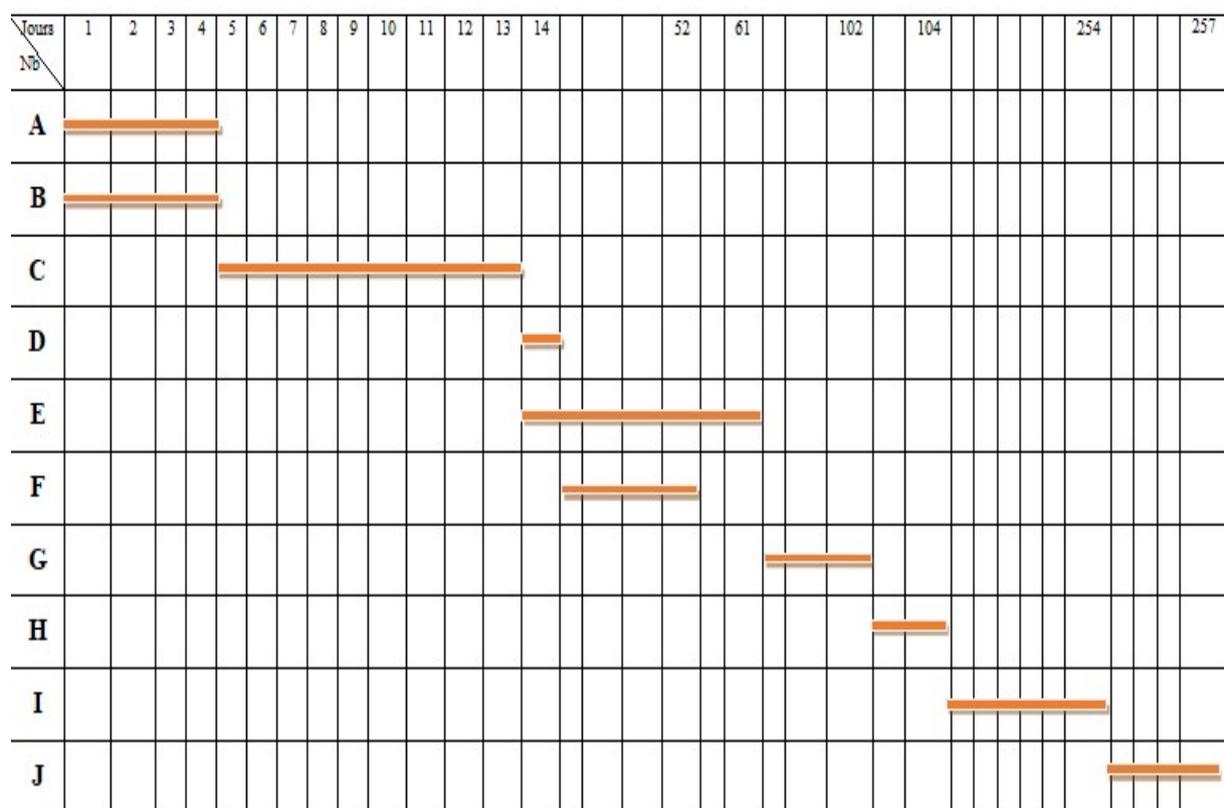


Figure 19 : Planning de Gant

CONCLUSION

Au terme de ce mémoire intitulé « PROJET DE CONSTRUCTION D'UNE UNIVERSITE R+2 SIS A ANTSAHASOA ANTSIRABE », nous avons déduit que la réalisation d'un tel projet présente une importance pour la résolution de l'insuffisance d'école supérieure ajoutant une note de modernisation, le respect de l'environnement et la considération de droit des étudiants à Madagascar surtout au lieu d'implantation du projet.

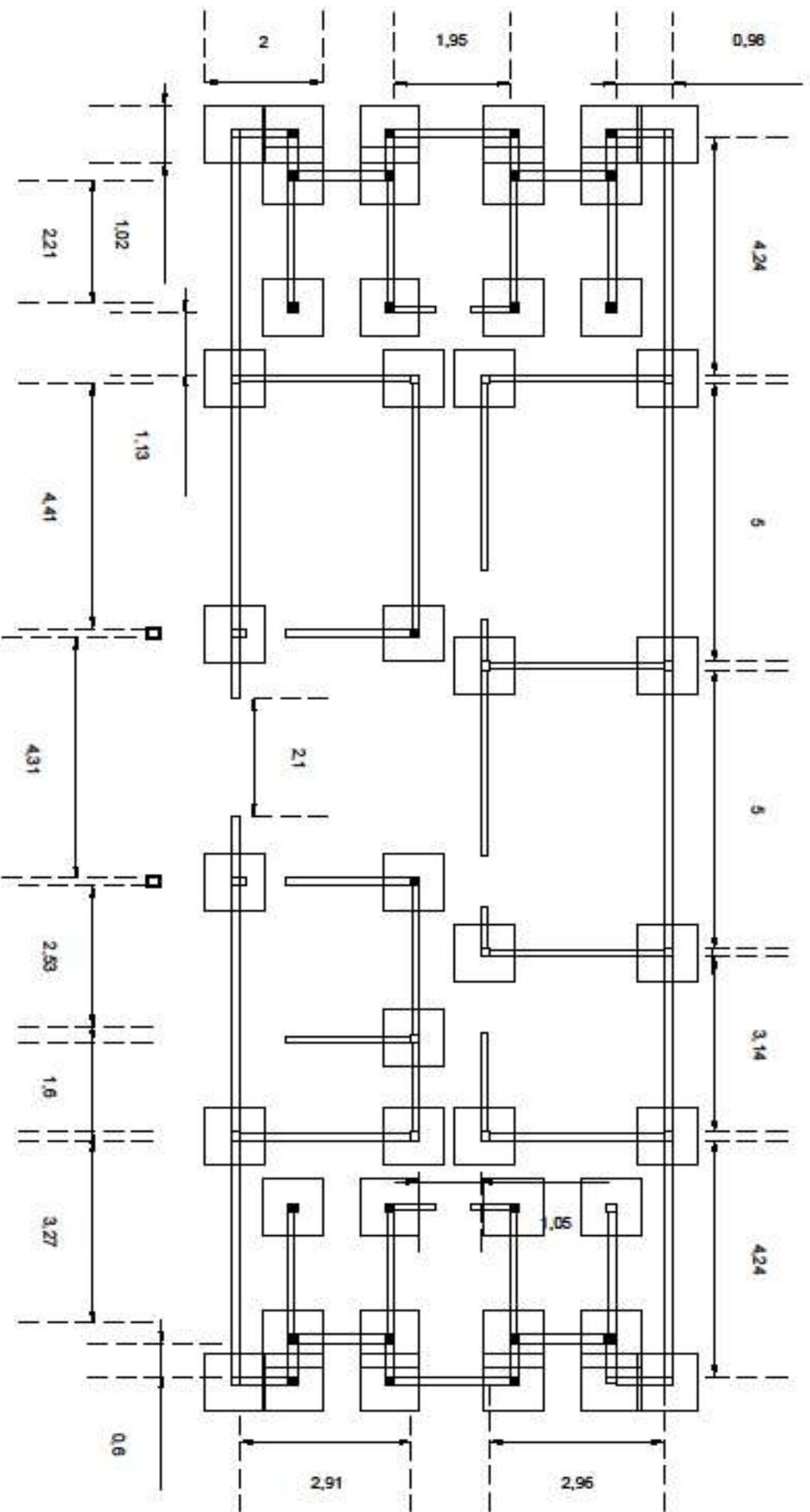
On a parlé à la première partie son exposition général en appuyant sur l'étude environnementale et ses caractéristique ; à la deuxième les modes d'exécutions et le propos des matériaux de construction pour avoir une bonne qualité de construction et la durabilité du bâtiment ; à la troisième tous ses calculs techniques nécessaires pour être mis en œuvre ; et à la dernière partie l'étude de la finance pour son exécution.

Le travail que nous avons effectué dans le cadre de l'étude du présent projet permet la consolidation des connaissances en matière de projet de construction de bâtiment que nous avons acquises au sein de l'IES-AV (Annexe de l'Université Polytechnique d' Antananarivo à Antsirabe)

Il nous a également permis de bien maitriser les cours surtout les recherches. Par ailleurs, l'analyse financière à laquelle nous nous sommes livrés pour boucler la présente étude nous a poussés à côtoyer le monde de la finance.

Enfin, nous souhaitons que cet ouvrage puisse être un document utile pour les étudiants dans la filière de Bâtiment et Travaux Publics du Génie Civil.

PLAN ARCHITECTURAUX

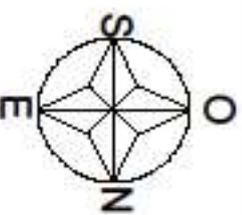


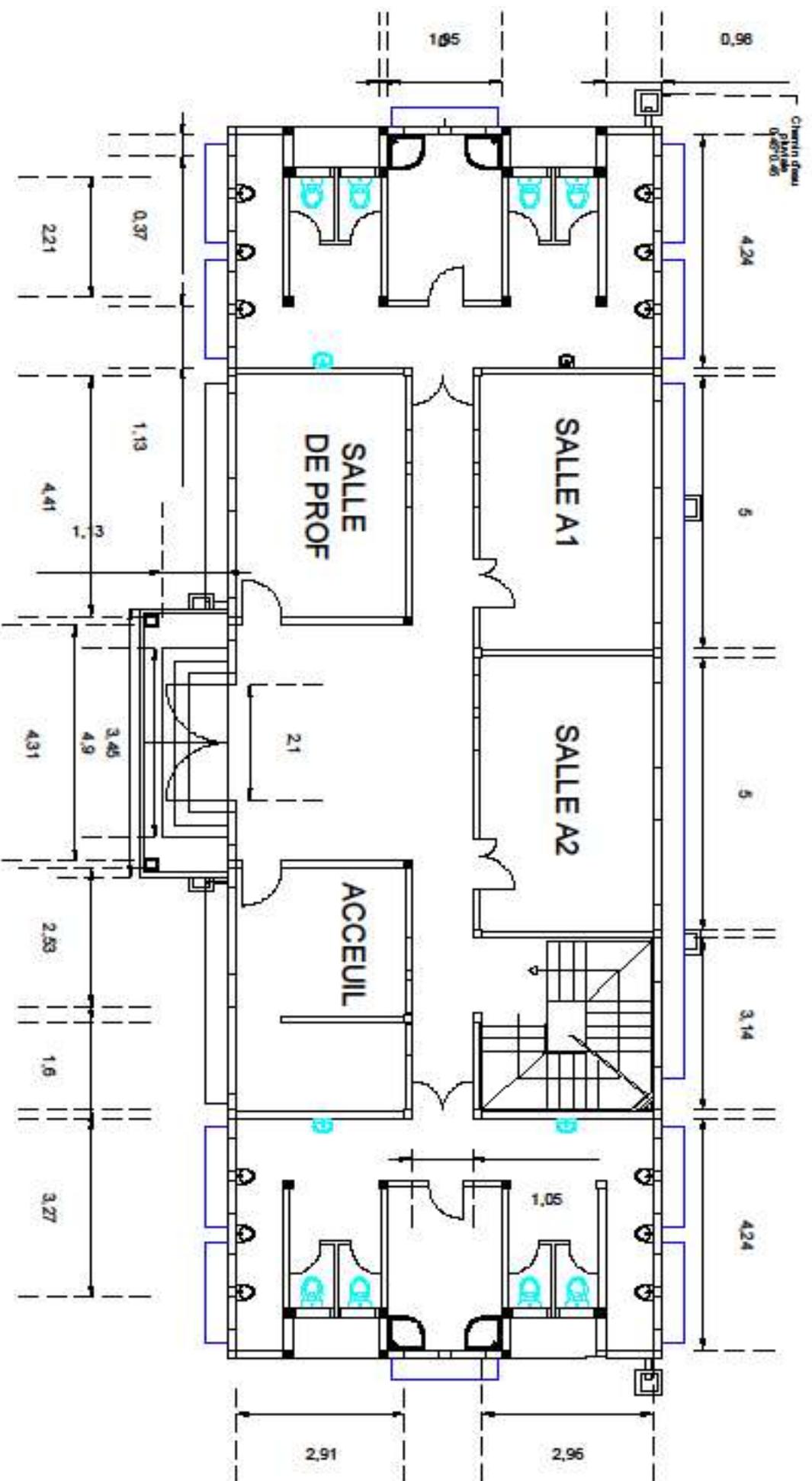
RAMANANAMISATA Manjakatoavina Erico

Université NDS Antsahasoa

Plan de fondation

E=1/15000



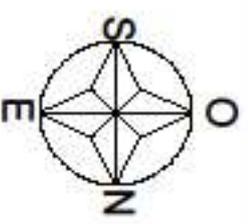


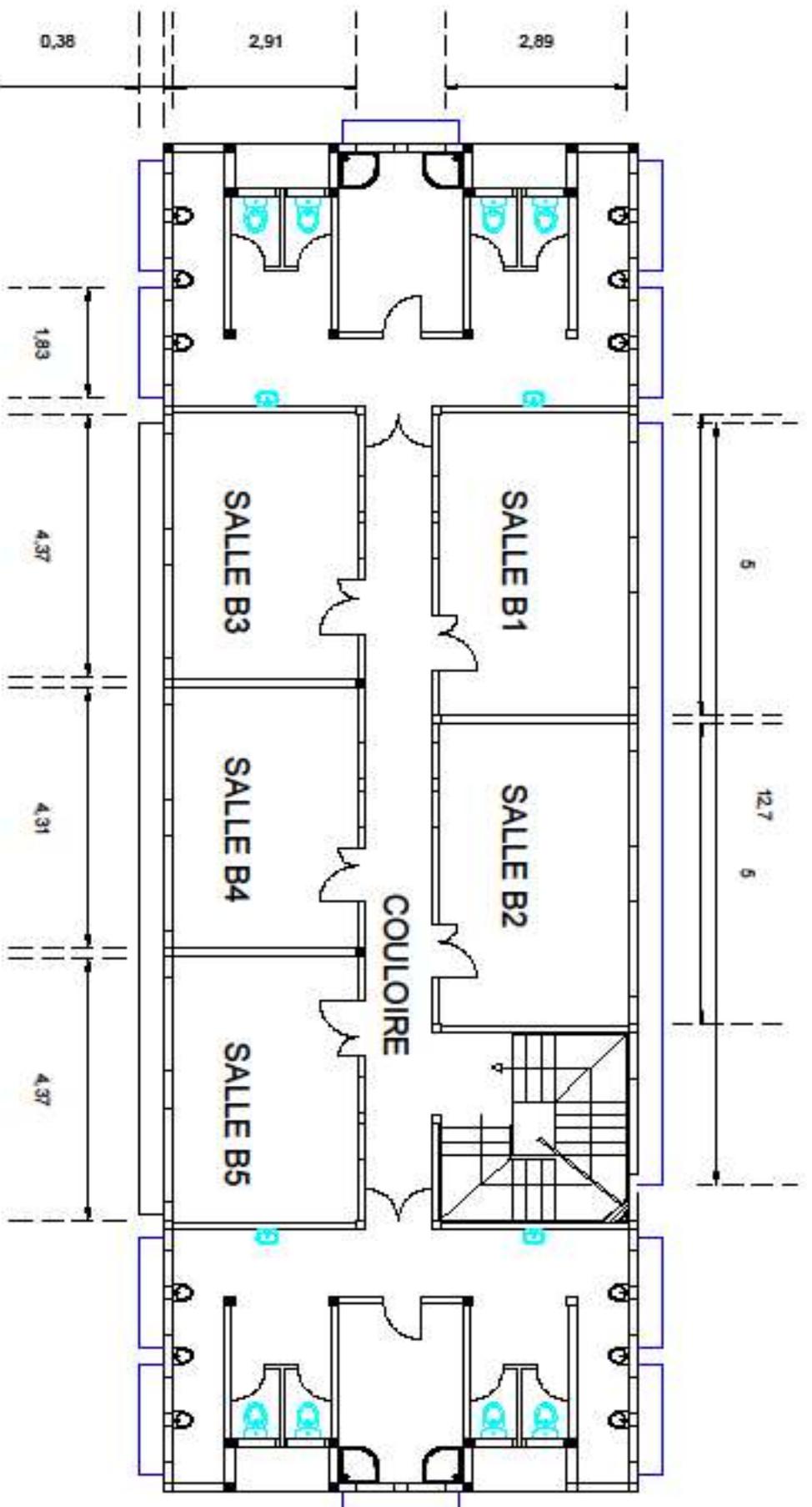
RAMANAMISATA Manjakatoavina Erico

Université NDS Antsahasoa

Plan du Rez de chaussée

E=1/15000



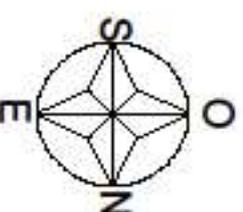


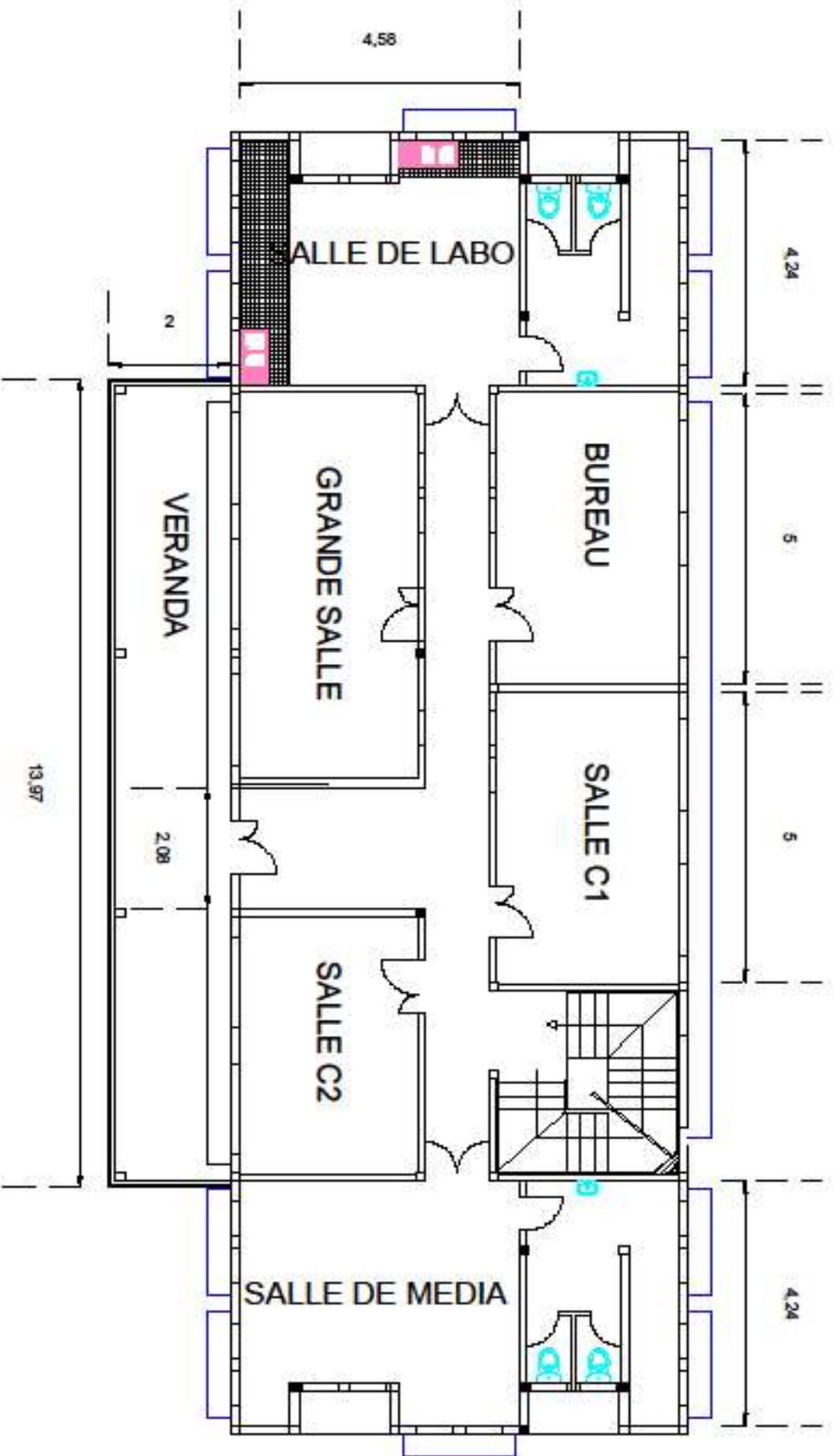
RAMANANISATA Manjakatoavina Erico

Université NDS Antsahasoa

Plan du R+1

E=1/15000



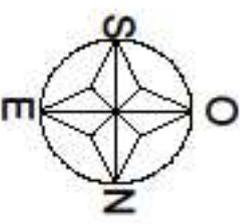


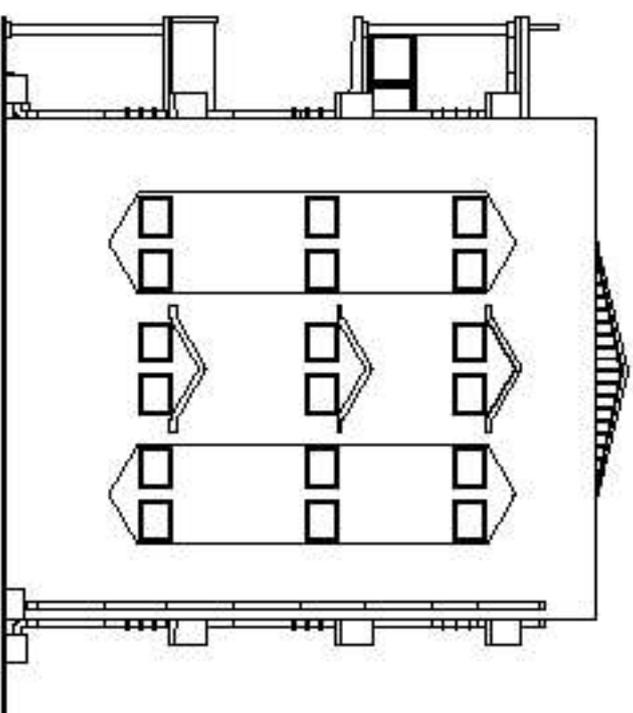
RAMANANAMISATA Manjakatoavina Erico

Université NDS Antsahasoa

Plan du R+2

E=1/15000



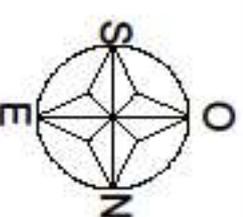


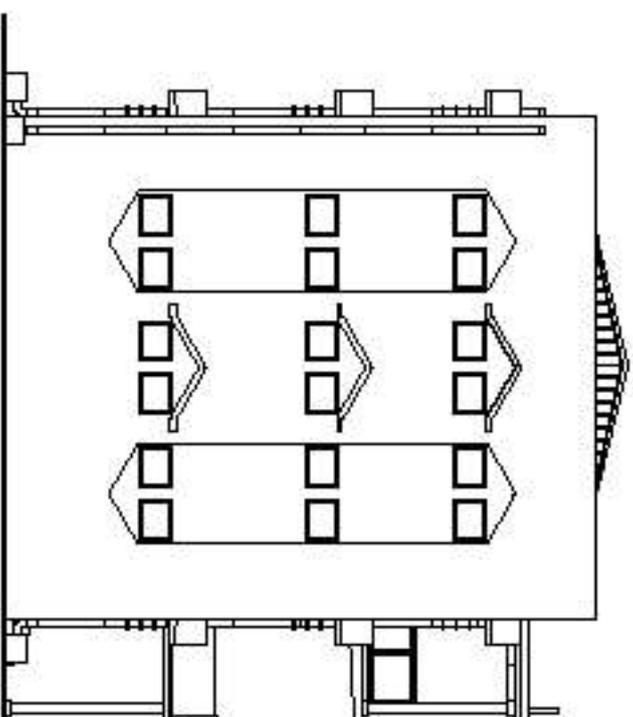
RAMANANAMISATA Manjakatoavina Erico

Université NDS Antsahasoa

Façade latérale gauche

E=1/15000



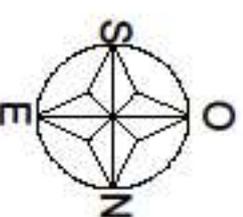


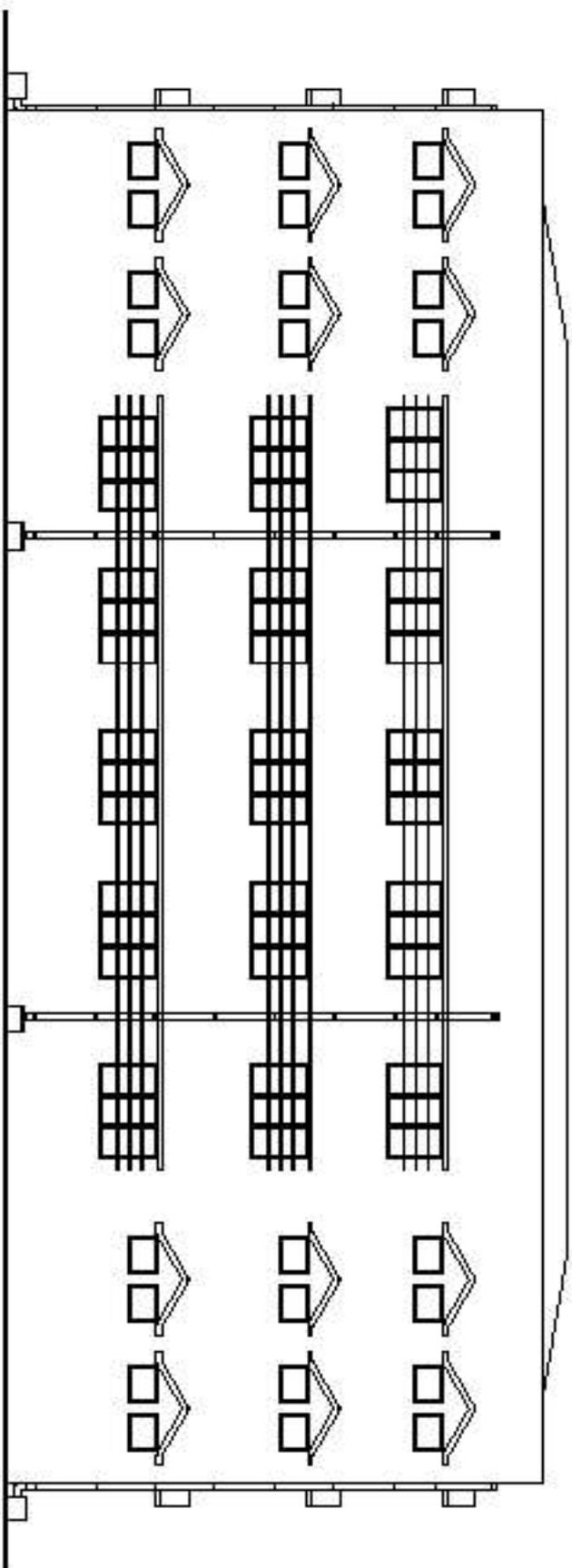
RAMANANAMISATA Manjakatoavina Erico

Université NDS Antsahasoa

Façade latérale droite

E=1/15000





RAMANANAMISATA Manjakatoavina Erico

Université NDS Antsahasoa

Façade postérieur

E=1/15000



Photo architecturaux :



Facade principale



Facade latérale gauche



Facade posterieur

ANNEXES

ANNEXE I : SECONDES ŒUVRE :

Adduction d'eau :

Cette étude a pour objet la détermination des sections nécessaires de chaque tuyau de conduite d'eau. L'eau du JIRAMA traverse trois phases de canalisation avant de couler dans le robinet :

- Il y a la canalisation principale qui provient du branchement général de distribution jusqu'au compteur de la nouvelle construction,
- la canalisation primaire qui dessert chaque niveau,
- et les canalisations secondaires qui assurent l'écoulement de l'eau de la conduite primaire vers les appareils sanitaires.

Notons que la canalisation principale est à la charge du JIRAMA

La canalisation primaire :

La détermination de la section de conduite d'eau est généralement en fonction du débit et de la vitesse de l'écoulement.

NIVEAU	DESIGNATION	Nbr appareils	Coeff	Cumulé
Etage	W.C	3	0,5	1,5
	Lavabo	2	1,5	3
	Poste d'eau	1	2	2
R.D.C	W.C	3	0,5	1,5
	Lavabo	2	1,5	3
	Poste d'eau	1	2	2
TOTAL		12	8	13

Tableau 52 : Diamètre des canalisations primaires

Nombre d'Appareil : 12 et la somme de coefficient est 13

Notre coefficient est 13, donc on considère l'installation comme individuelles

Coefficient simultanités :

Les nombres de notre Appareille est égale 12, voir l'abaque

12App \longrightarrow 0,19

Débit probable :

$D_p = \sum D_b \times \text{coeff simultanités}$; $D_p = 0,19 \times 13$; $D_p = 2,47$; **D'où le Diamètre est 40mm**

Le diamètre ci-dessus est obtenu à partir d'un abaque. Pour des raisons techniques et de mise en œuvre les sections primaires sont toutes prises à **40 mm**.

La canalisation secondaire :

La canalisation secondaire est la conduite qui mène vers chaque appareil, elle est donc basée sur le débit de base.

Assainissement :

L'assainissement des bâtiments a pour objet d'assurer l'évacuation de l'ensemble des eaux pluviales, des eaux usées et des eaux vannes, ainsi que leur rejet dans l'égout public. Les canalisations d'évacuation des eaux doivent assurer l'évacuation rapide et sans stagnation des eaux chargées de déchets provenant des appareils sanitaires.

Evacuation des eaux pluviales :

Elles sont acheminées directement vers l'égout public situé le long de la rue, à l'aide d'une canalisation comportant des regards préfabriqués en B.A. Pour les descentes d'eaux pluviales, nous utiliserons des tuyaux en P.V.C., qui sont raccordés aux chenaux par des moignons cylindriques et aux pieds de descente des regards. Le débit à adopter pour le dimensionnement des descentes d'eaux pluviales est de 3 l/mn/m² de projection horizontale (d'après T.B.M.).

Le tableau ci-dessous donne les diamètres des tuyaux en fonction des surfaces en plan desservies.

Ø tuyau (en cm)	Surface en plan desservi en (m ²)
6	28
7	38
8	50
9	79
10	95
13	113
16	201
20	314

Tableau 53 : Dimension des descentes d'eaux pluviales

Nous proposons trois (3) descentes d'eaux pluviales sur le pourtour du bâtiment, ceci pour garantir la stabilité des ouvrages en cas d'engorgement des descentes.

La surface totale de la toiture étant de 186m^2 , nous proposons 3 évacuations d'eaux, d'où la surface desservie par chaque descente d'eau est $62,00\text{ m}^2$ qui correspond à 8 cm de diamètre.

Prévoyons une section de 10 cm de diamètre.

Fosse septique en B.A.

a) Principes de fosses septiques

La fosse septique est un dispositif épurateur qui traite les eaux vannes. Il comprend :

- L'élément collecteur ou fosse de chute
- L'épurateur ou fosse de filtre
- La fosse de transvasement ou décantation
- Un bac de prélèvement
- Un tuyau de ventilation ou d'aération.

Les matières solides qui stagnent en profondeur subissent une fermentation en anaérobie basique entraînant la production de gaz carbonique, d'hydrogène et de méthane, d'où la nécessité d'introduire du tuyau de ventilation.

Après, le deuxième reçoit les effluents décantés sous forme d'un liquide clair et le troisième compartiment est rempli de matériaux poreux comme le Mâchefer pour arrêter les matières grasses et les solides.

Elle sera exécutée en béton armé avec incorporation d'hydrofuge de type « SIKA »

Les accessoires intérieurs tels que les tuyaux droits d'aération ou tuyaux coudés de la distribution et de plongée seront en P.V.C.

b) Dimensionnement de la fosse

Données : Nombre d'usagers : **N = 15 personnes**

Largeur intérieure de la fosse : **$L_{\text{fos}} = 1,5\text{ m}$**

Profondeur d'eau : **$H_e = 1\text{ m}$**

Volume d'eau : **$V_e = 250\text{l/usagé}$**

CAPACITE DE LA FOSSE :

✓ Volume de la fosse: $V_{\text{fos}} = V_c \times N$; $V_{\text{fos}} = 250 \times 15$; $V_{\text{fos}} = 3750 \text{ l} = 3,750 \text{ m}^3$

✓ Volume de la chute: $V_c = \frac{2}{3} \times V_{\text{fos}}$

$$V_c = \frac{2}{3} \times 3,750 \quad \underline{V_c = 2,500 \text{ m}^3}$$

✓ Volume de la décantation: $V_d = \frac{1}{3} \times V_{\text{fos}}$

$$V_d = \frac{1}{3} \times 3,750 \quad \underline{V_d = 1,25 \text{ m}^3}$$

✓ Volume du filtre: $V_f = 100 \text{ l/usagé} \times N$

$$V_f = 100 \times 15 \quad V_f = 1500 \text{ l} = 1,500 \text{ m}^3$$

LONGUEUR DE CHAQUE COMPARTIMENT :

$$\underline{\text{Chute}}: L_c = \frac{V_c}{(L_{\text{fos}} \times H_e)} \quad L_c = \frac{2,500}{(1,5 \times 1)} \quad \underline{L_c = 1,67 \text{ m}}$$

$$\underline{\text{Décantation}}: L_d = \frac{V_d}{(L_{\text{fos}} \times H_e)} \quad L_d = \frac{1,25}{(1,5 \times 1)} \quad \underline{L_d = 0,83 \text{ m}}$$

$$\underline{\text{Filtre}}: L_f = \frac{V_f}{(L_{\text{fos}} \times H_e)}$$

$$L_f = \frac{1,5}{(1,5 \times 1)} \quad \underline{L_f = 1,00 \text{ m}}$$

ANNEXE II : DESCENTE DE CHARGE AVEC EFFET CLIMATIQUE DES POTEAUX :

Pour le poteau P1 :

niveau	G	Q	Vent	Séisme	total	ELU	ELS	1.15*ELU	1.15*ELS
N1	53.83	13.77	0.9	0.5	70	94.72	96	85.25	110
N2	166.14	13.77	1	0.1	181	245.85	182	221.27	209
N3	200.78	14.37	1.2	2	217	294.75	216.5	265.3	249
N4	415.13	14.97	1.3	4.1	435.5	587	586	528.4	673.62
%	95.4	3.4	0.3	0.9	100				

Tableau 54 : Récapitulatif des charges agissant sur le poteau P1

Pour le poteau P2 :

niveau	G	Q	Vent	Séisme	total	ELU	ELS	1.15*ELU	1.15*ELS
N1	12.90	12.86	0.9	0.5	27	38.105	27	34.29	31
N2	132.64	16.85	1	0.1	151	205.4	152	236	174.5
N3	242.66	20.68	1.2	2	266	316.8	265.5	416	305.3
N4	353.51	24.33	1.3	4.1	383	519	518	597	595
%	92.3	6.35	0.4	1.07	100				

Tableau 55 : Récapitulatif des charges agissant sur le poteau P2

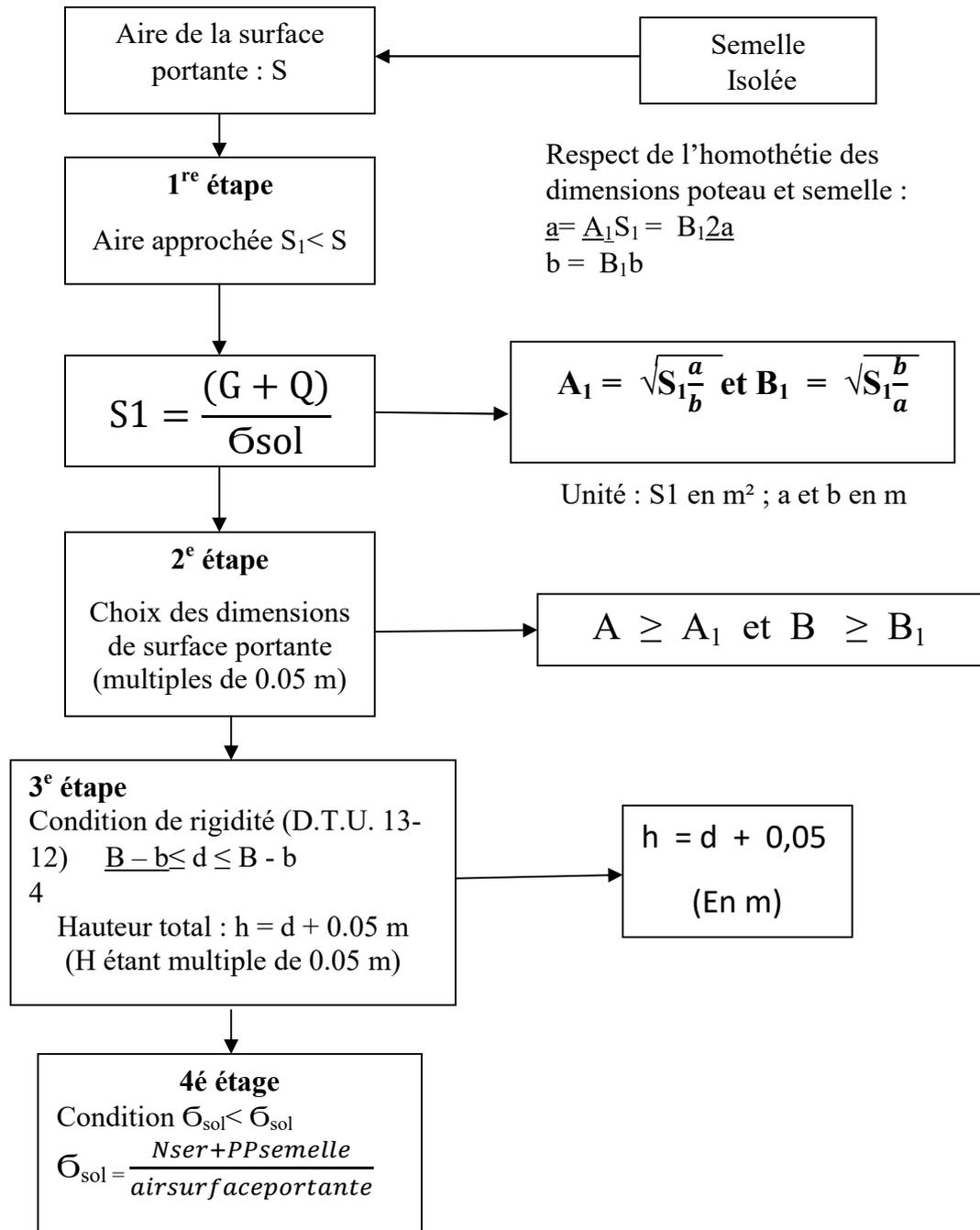
Pour le poteau P3 :

niveau	G	Q	Vent	Séisme	total	ELU	ELS	1.15*ELU	1.15*ELS
N1	13.95	7.5	0.9	0.5	23	31.48	24	36.2	28
N2	99.23	10.73	1	0.1	111	151	112	174	129
N3	183.98	14.52	1.2	2	202	272	202	313	233
N4	242.75	18.31	1.3	4.1	266	360	264	413	304
%	91.26	6.88	0.48	1.54	100				

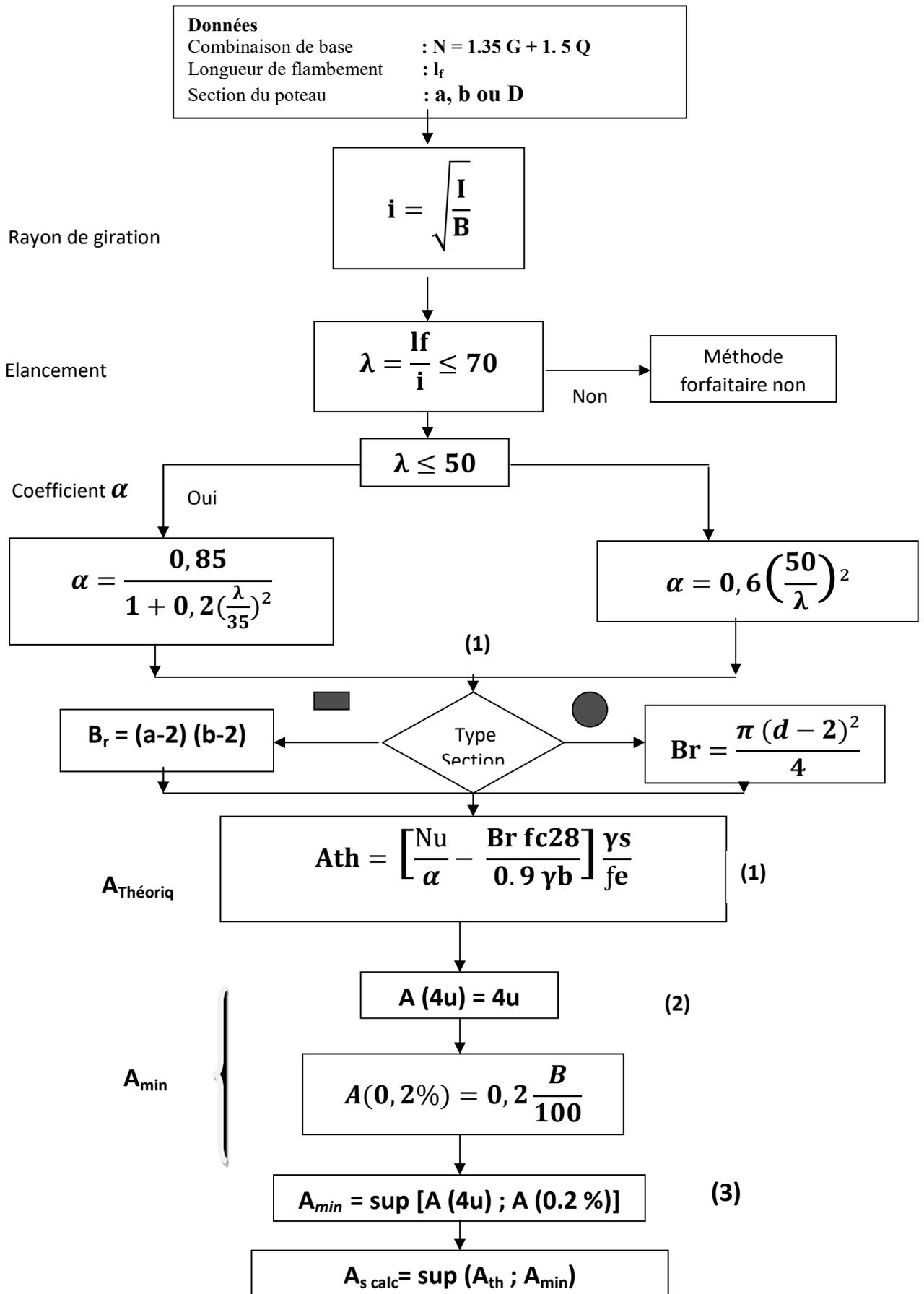
Tableau 56 : Récapitulatif des charges agissant sur le poteau P3

ANNEXE III : ORGANIGRAMME DE CALCUL

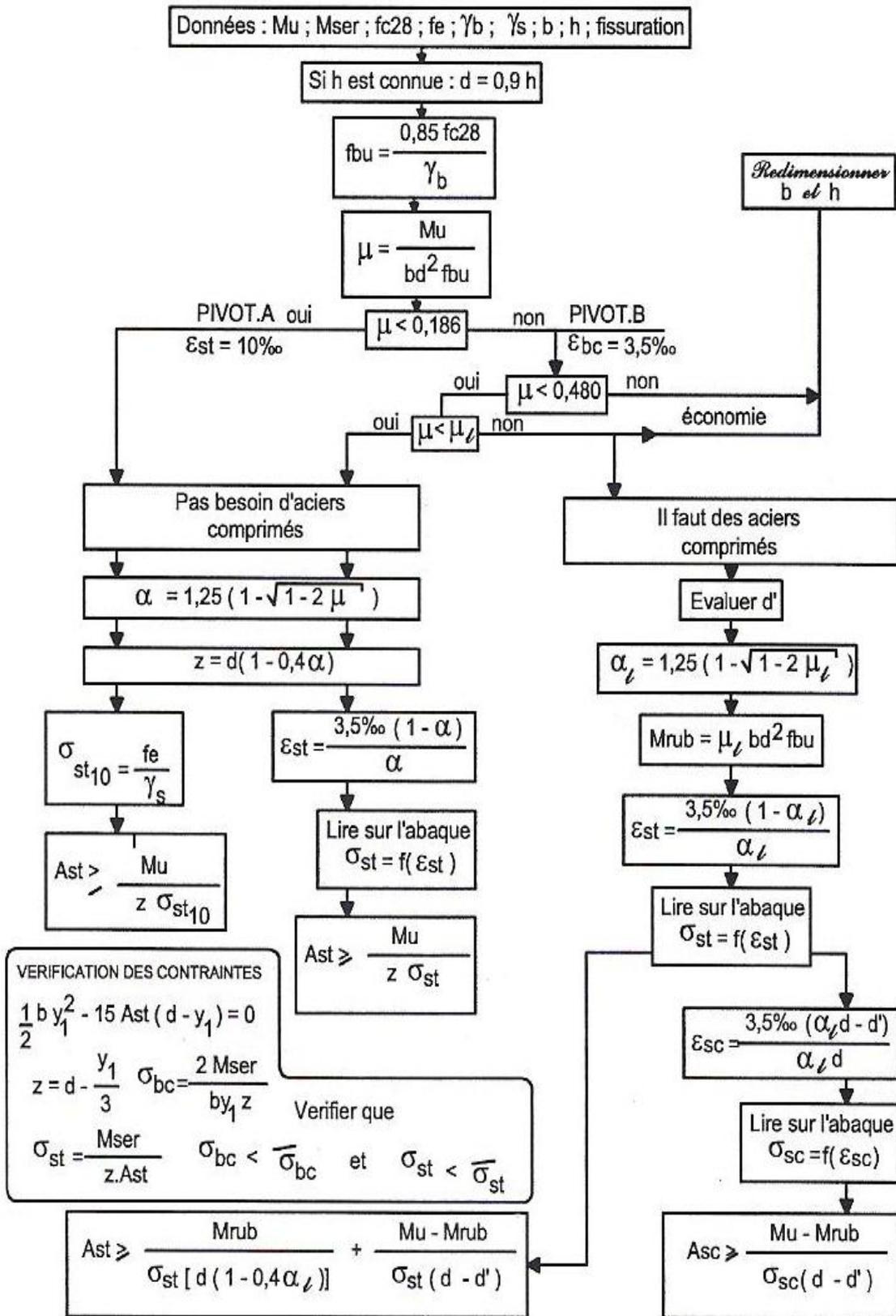
Semelle isolée :



Poteau :

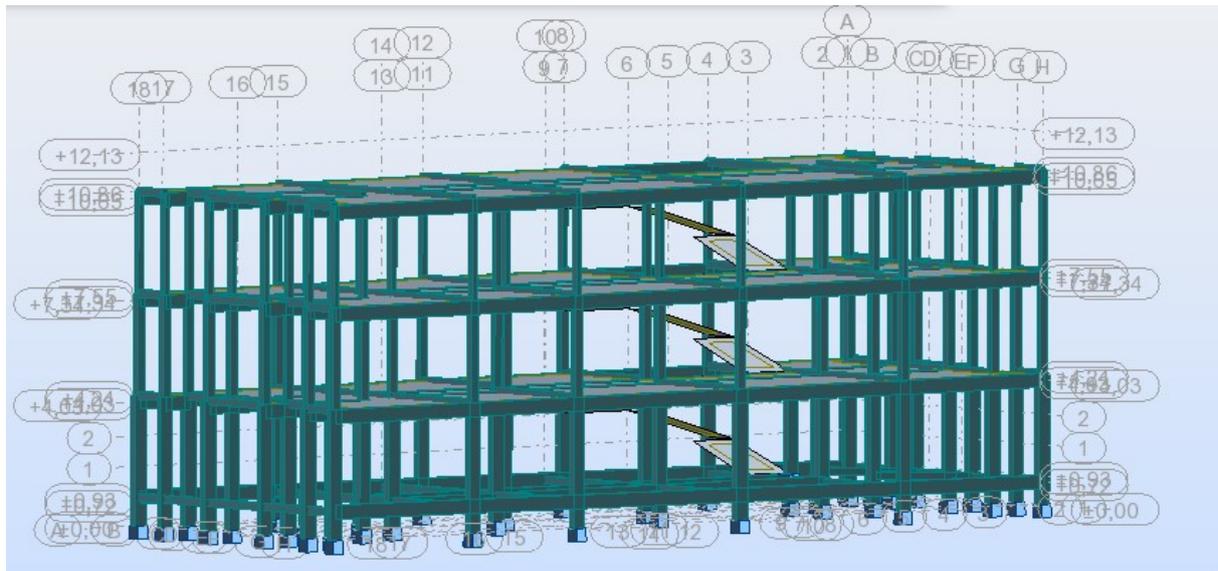


ORGANIGRAMME DE CALCULS DES ARMATURES LONGITUDINALES DES
POUTRES RECTANGULAIRES



ANNEXE IV : Modélisation et armatures sur ROBOBAT

Modélisation 3D



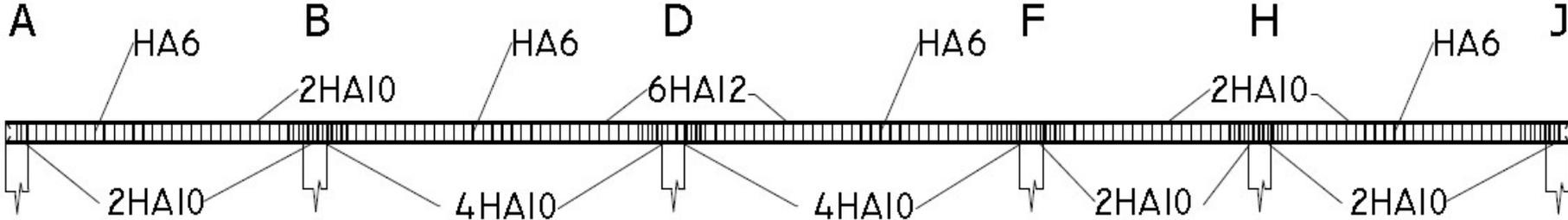
Armatures :

Section des aciers :

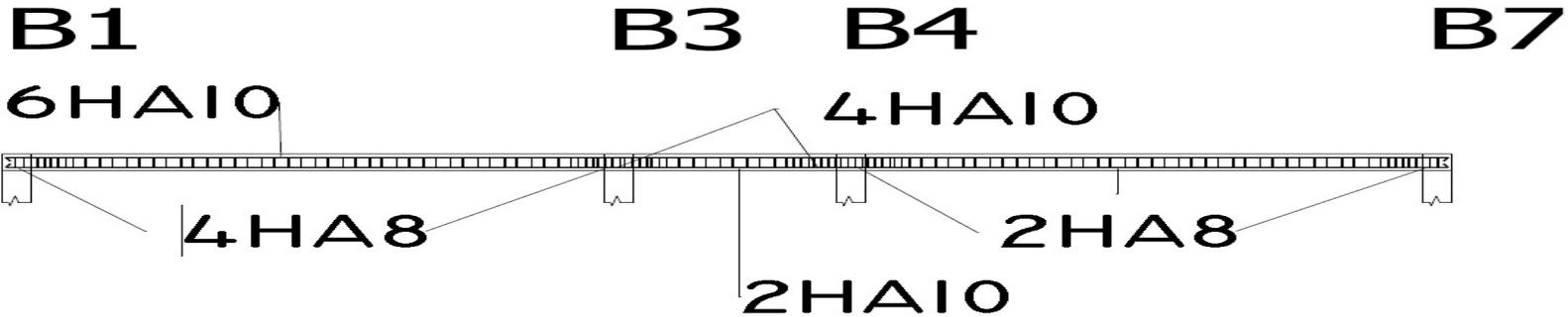
Tableau des sections des barres indépendantes

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
HA 6	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54
HA 8	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52
HA 10	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07
HA 12	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18
HA 14	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85
HA 16	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10
HA 20	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27
HA 25	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18
HA 32	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38
HA 40	12,57	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,53	113,10

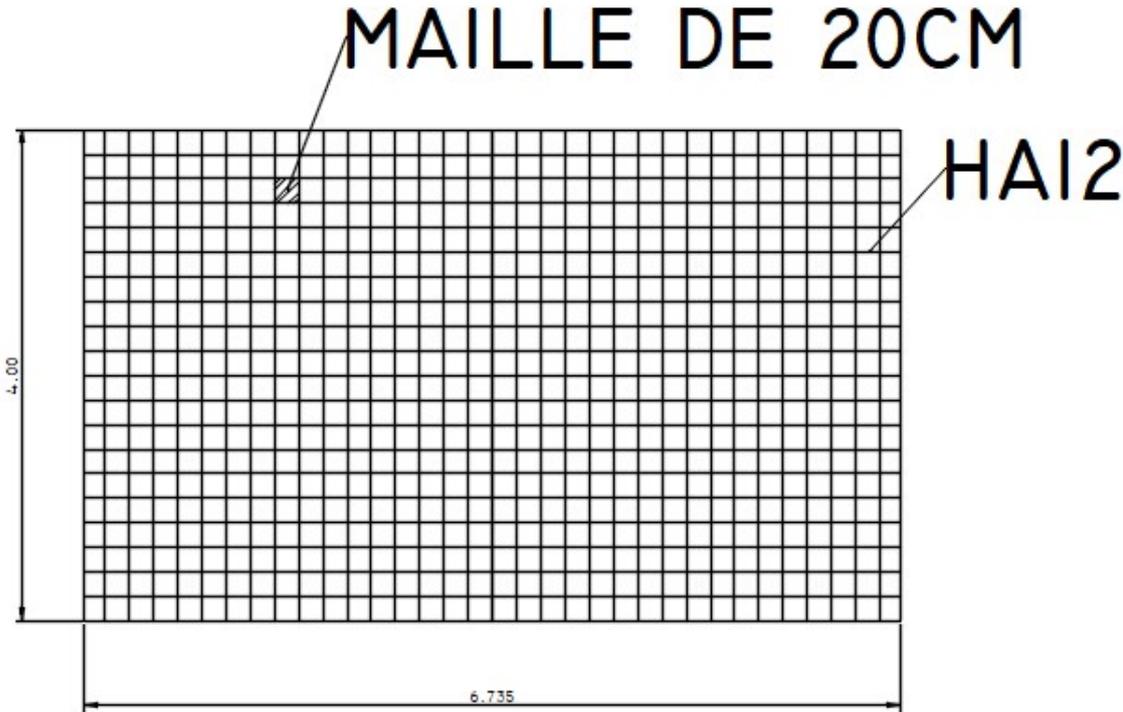
Armature de la poutre longitudinale :



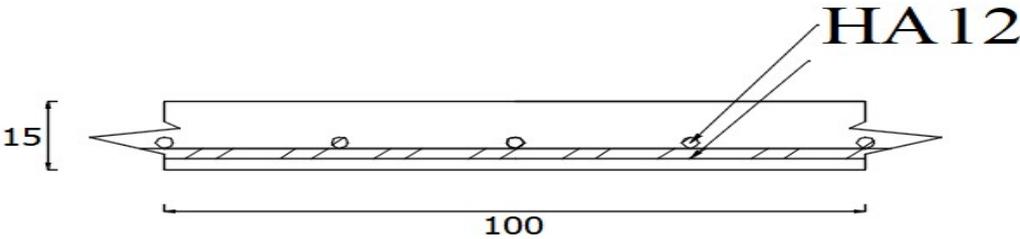
Armature de la poutre transversale :



Armature de la dalle de la salle A2 :



Armature de la dalle par mètre :



TABLES DES MATIERES

PRESENTATION DU DISTRICT ANTSIRABE.....	2
STATISTIQUE DU DIDEC.....	3
PRESENTATION DU PROJET.....	4
Localisation.....	4
Situation géographique.....	4
Climat.....	4
Définition.....	5
Implantation du projet.....	5
Perspective de la construction.....	5
Mouvement des façades	5
Eléments structurels	6
LES DOSSIER A FOURNIR AVANT LA CONSTRUCTION1.....	5
LES PRINCIPAUX OUVRAGES DE CONSTRUCTION D’UN BATIMEN.....	17
QUALITE ET PROVENANCE DES MATERIAUX.....	22
Les matériaux naturels de construction.....	22
Les granulats : sable et gravillon	22
Les éléments constitutifs du béton	24
Les aciers pour armatures.....	25
L’eau de gâchage.....	25
Le ciment.....	25
Agglos de 20.....	26
Les mortiers.....	26
Le mâchefer.....	27
Assainissement.....	29
Peinture	29
Vitrierie.....	30
Objets de quincaillerie.....	30
Le carrelage	30

PRE-DIMENSIONNEMENTS.....	32
Les plancher	32
Choix de l'ossature.....	33
Poutre de section rectangulaire.....	33
Poteaux.....	35
DESCENTE DES CHARGES.....	38
Définition.....	38
Principe de calcul.....	38
Etat limite.....	39
Choix de la file à étudier.....	40
Les surcharges climatiques.....	46
Effet du vent	46
Effet du séisme.....	50
DIMENSIONNEMENT ET CALCUL DES ARMATURES.....	51
Calcul de l'infrastructure.....	51
Les charges ou contrainte admissible du sol.....	52
Calcul des éléments de superstructure.....	55
CALCUL DU POTEAU.....	56
CALCUL DU POUTRE.....	61
Détermination à l'ELU.....	61
Poutres longitudinales.....	62
Caractéristique de la poutre.....	62
Détermination des sections des armatures.....	63
Poutre transversales.....	68
Caractéristique de la poutre.....	68
Détermination des sections des armatures.....	68
CALCUL DES PLANCHERS.....	72
Définition.....	75
Rôles	72
Choix du plancher à étudier	72
Hypothèse de calcul	72

Calcul des armatures	73
Evaluation des charges	73
Calcul des moments.....	74
Détermination de la section des armatures	76
CALCUL DES ESCALIERS	78
Définition	78
Terminologies.....	78
Dimension des marches.	79
Calcul de la dimension de l'escalier.....	80
Sollicitation	82
Détermination des armatures.....	83
DEVIS ESTIMATIF	81
Installation de chantier.....	81
Terrassement	82
DEVIS QUANTITATIFS	83
Avant métrer	83
Sous détails de prix.....	84
Devis estimatif	87
PLANNING.....	92
Temps et ouvriers	92
Planning tâche	92
Chemin critique	93
Planning flèche	93
Répartition des mains d'œuvre.....	94
Planning de Gant	94
CONCLUSION.....	95

BIBLIOGRAPHIE

- [1] H. RENAUD- CONSTRUCTEUR BATIMENT TECHNOLOGIE tome 1, FOUCHER
- [2] H. RENAUD, J. LAMIRAULT- BETON ARME Guide de calcul, FOUCHER
- [3] Ernest NEUFERT- Les éléments des projets de construction, « L’homme, mesure de toutes choses » : 8 éditions, DUNDOD, 2002-646p.
- [4] R. DELEBECQUES- Eléments de construction, DELAGRAVE
- [5] J.P MOUGIN B.A.E.L. 91 modifié 99 et D.T.U. associés, EYROLLES ,2000-287p.
- [6] NATHAN – Guide des Métiers du Bâtiment, le Génie civil
- [7] 2018 Diocèse Antsirabe

WEBOGRAPHIE

- [1] www.ciments.calcia.fr
- [2] www.e.couverture.com
- [3] www.legeniccivil.org
- [4] www.monographiemada.com

RENSEIGNEMENTS

RAMANAMISATA

Manjakatoavina Erico

Né le 18 Juillet 1998

Lot 0108B247 Ouest Ivohitra

ANTSIRABE 110

Tél : 034 96 890 15

E-mail : manjakaramanisata@gmail.com

CIN : 118 111 016 560



Titre de mémoire:

Projet de construction d'une Université R+2 sis à Antsahasoa Antsirabe

Résumé :

L'objet de ce mémoire de fin d'études consiste au projet de construction d'une Université R+2 sis à Antsahasoa Antsirabe. La réalisation de ce projet assurera l'avenir des jeunes étudiants et favorise dans ce sens le développement de Madagascar.

La conception de l'étude architecturale et de confort requises pour un tel bâtiment au niveau de la superstructure, de l'infrastructure et de la fondation, doivent assurer le confort et la sécurité du bâtiment.

Pour les conditions techniques de résistance, nous avons adopté, selon la modélisation de la structure, la méthode forfaitaire, BAEL 91 révisé 99, etc....

Le coût estimatif du projet s'élève environ à : «QUATRE CENT QUARANTE DEUX MILLIONS NEUF CENT TRENTE QUATRE MILLE QUATRE CENT SOIXANTE Ariary»

Mot clé : Béton Armé, Calcul de structure

Encadreur pédagogique : Monsieur **RANOARISON** Haingo Hardy

A propos :

- Nombre totale de pages : 133
- Nombre de tableau : 56
- Nombre de figure : 19

Date de soutenance: 23 Novembre 2021

Logiciels appliqués : AUTOCAD, ARCHICAD, ROBOBAT