



**UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE
D'ANTANANARIVO**



MENTION BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS

Parcours : Génie des Structures et Bâtiments

***MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
TITRE INGENIEUR EN BATIMENTS ET TRAVAUX PUBLICS***

**« ETUDE DE CONSTRUCTION D'UN IMMEUBLE R+6, DE HAUT STANDING, A
USAGE D'HABITATION SIS A IVANDRY REGION ANALAMANGA »**



Auteur : ANDRIAMANAMPISOA Njaka

Encadreur : Monsieur RAHARIVelo Jean Marie

Promotion 2018



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO
ECOLE SUPERIEURE POLYTECHNIQUE
D'ANTANANARIVO



MENTION BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS

Parcours : Génie des Structures et Bâtiments

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
TITRE INGENIEUR EN BATIMENTS ET TRAVAUX PUBLICS**

« ETUDE DE CONSTRUCTION D'UN IMMEUBLE R+6, DE HAUT STANDING, A
USAGE D'HABITATION SIS A IVANDRY REGION ANALAMANGA »



Auteur : ANDRIAMANAMPISOA Njaka

Membres du jury

Président : Monsieur RAJOELINANTENAINA Solofo, Maître de Conférences

Rapporteur : Monsieur RAHARIVELO Jean Marie

Examineurs : Monsieur RANDRIANTSIMBAZAFY Andrianirina

Monsieur RALAIARISON Moïse

Monsieur RAZAFINJATO Victor

Date de soutenance : 28 Juillet 2021

Promotion 2018

REMERCIEMENTS

Avant tout, je rends grâce à Dieu Tout Puissant qui m'a donné la santé, la force et le courage pendant la réalisation de ce travail et durant toutes mes années d'études.

Je souhaite, à travers ce mémoire, remercier toutes les personnes qui m'ont accompagné tout au long de ce projet de fin d'études et en particulier :

- ✓ Professeur RIJALALAINA Rakotosaona, Directeur de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo qui m'a accueilli au sein de l'établissement et n'a pas ménagé son temps pour promouvoir l'image de cette prestigieuse école ;
- ✓ Monsieur RAJOELINANTENAINA Solofo, Maître de Conférences, Responsable de Mention Bâtiment et Travaux Publics, de sa bienfaisance à bien vouloir présider le déroulement de la soutenance ;
- ✓ Monsieur RAHARIVELO Jean Marie, Maître de Conférences, Encadreur Pédagogique et Rapporteur de ce mémoire, pour ses conseils avisés, son amabilité à me transmettre son savoir et sa disponibilité qui m'ont permis d'avancer au fil de l'étude ;
- ✓ Monsieur RAKOTOARIVELO Rivonirina, Maître de Conférences, pour m'a guidé sur la partie technique en dépit de son emploi du temps très surchargé ;
- ✓ Tous les membres du jury, qui ont bien voulu évaluer mon projet de fin d'études ;
- ✓ Tous les enseignants ainsi que le personnel de l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo d'avoir donné le meilleur d'eux-mêmes tout au long de notre formation;
- ✓ Mes amis pour leurs encouragements et leurs soutiens ;
- ✓ Mes Parents qui m'ont beaucoup aidé et n'ont jamais cessé de m'encourager durant toutes mes études,

J'exprime mes sincères remerciements à toutes les personnes qui, de près ou de loin par leurs actes ou leurs conseils, ont contribué à la réalisation de ce projet.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
TABLE DES MATIERES	ii
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES FIGURES.....	xi
LISTE DES ABREVIATIONS.....	xii
INTRODUCTION	1
PARTIE I. ETUDES PRELIMINAIRES.....	2
CHAPITRE I. GENERALITES SUR LE PROJET.....	3
I.1. PRESENTATION DU SITE D'IMPLANTATION	3
I.2. DESCRIPTION GEOGRAPHIQUE DE LA VILLE D'ANTANANARIVO.....	3
I.2.1. Relief.....	4
I.2.2. Géologie.....	4
I.2.3. Climat	5
I.2.4. Température	5
I.2.5. Pluviométrie.....	5
I.3. CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE	6
I.3.1. GENERALITES	6
I.3.2. ASPECTS HUMAIN	6
CHAPITRE II. JUSTIFICATION DU PROJET.....	8
II. 1. Situation actuelle	8
II.2. Choix du site.....	8
Choix d'appartement de haut standing.....	8
Avantages du projet	9
CONCLUSION PARTIELLE.....	9
PARTIE II. ETUDES ARCHITECTURALES.....	10

CHAPITRE III. DESCRIPTION ARCHITECTURALE.....	11
III.1. ORGANISATION DE L'ESPACE.....	11
III.1.1. IMPLANTATION.....	11
III.1.3. Aménagement intérieur :.....	11
III.1.4. Organisation du parking et accès des voitures	12
CHAPITRE IV. CONCEPTION ARCHITECTURALE.....	13
IV.1. Choix de l'ossature.....	13
IV.2. Choix des matériaux.....	13
IV.3. Organisation spatiale.....	14
IV.4. Des plans différents pour chaque étage.....	14
IV-5. LES BAIES VITREES	14
IV.6. Sécurité et confort	15
IV.6.1. Confort.....	15
IV.6.2. Sécurité	17
PARTIE III. ETUDES TECHNIQUES	22
CHAPITRE V. DONNEES, REGLES ET SPECIFICATIONS DE CALCUL	23
V.1. REGLES ET SPECIFICATIONS DE CALCUL.....	23
V.2. CARACTERISTIQUES MECANQUES DES MATERIAUX UTILISES.....	23
V.2.1. Béton	23
V.2.2. Acier	24
CHAPITRE VI. PREDIMENSIONNEMENT	25
VI.1. PLANCHER	25
VI.2. POUTRES.....	26
VI.2.1. Poutre longitudinale	26
VI.2.2. Poutre transversale	26
VI.3. POTEAUX.....	27
VI.3.1. Condition de non-flambement	27

VI.4. MURS EN BETON BANCHE	28
VI.5. ESCALIERS	29
CHAPITRE VII. CALCUL DES ACTIONS.....	30
VII.1. CHARGES HORIZONTALES : EFFET DU VENT.....	30
VII.1.1. Caractéristiques du bâtiment.....	30
VII.1.2. Coefficients Correcteurs des pressions dynamiques de base	31
VII.1.3. Actions statiques exercées par le vent	32
VII.2. CHARGES PERMANENTES.....	36
VII.3. SURCHARGES D'EXPLOITATION.....	38
VII.4. COMBINAISONS D'ACTIONS	38
VII.5. DESCENTE DE CHARGES	39
VII.5.1. DESCENTE DES CHARGES DUES AUX CHARGES VERTICALES .	39
VII.5.2. DESCENTE DES CHARGES DUES AUX CHARGES HORIZONTALES	42
VII.5.3. Résultats de la descente de charges	43
CHAPITRE VIII. ETUDE DE LA SUPERSTRUCTURE.....	44
IX.1. PLANCHERS EN DALLE PLEINE	44
IX.1.1. Evaluation des charges	44
IX.1.2. Calcul des sollicitations	45
IX.1.3. Armatures de la dalle	47
IX.1.4. Vérifications vis-à-vis des contraintes et des déformations	49
IX.1.5. Plan de ferrailage	51
IX.2. CALCUL DES STRUCTURES.....	51
IX.2.1. Méthode de détermination de sollicitations	51
IX.2.2. Modélisation.....	51
IX.2.3. Objet de la méthode	52
IX.2.4. Paramètres d'entrée	53

IX.2.5.	Transmission des charges.....	54
IX.2.6.	Combinaisons d'actions	56
IX.3.	DIMENSIONNEMENT DES POUTRES	59
IX.3.1.	Poutres longitudinales.....	59
IX.3.2.	Poutres transversales.....	69
IX.4.	POTEAUX	73
IX.4.1.	Sollicitations de calcul	73
IX.4.2.	La longueur de flambement	74
IX.4.3.	Justification de la méthode de calcul	74
IX.4.4.	Armatures longitudinales	76
IX.4.5.	Armatures transversales	79
IX.5.	ESCALIER.....	80
IX.5.1.	Evaluation des charges.....	81
IX.5.2.	Combinaisons d'actions	81
IX.5.3.	Sollicitations de calcul	81
IX.5.4.	Détermination des armatures	83
	CHAPITRE IX. ETUDE DE L'INFRASTRUCTURE	86
IX.1.	CONTEXTE GEOTECHNIQUE.....	86
IX.1.1.	Reconnaissance du terrain.....	86
IX.1.2.	Coupe de sondage	86
IX.1.3.	Caractéristiques géotechniques du site	86
IX.2.	PROPOSITION DE VARIANTES DE FONDATION	87
IX.2.1.	Fondations superficielles en assise sur radier général.....	87
	CHAPITRE X. ETUDE DU SECOND ŒUVRE.....	98
X.1.	ADDUCTION D'EAU	98
X.1.1.	Canalisation primaire	98
X.1.2.	Canalisation secondaire	100

X.1.3. Bouche d'incendie	100
X.2. ASSAINISSEMENT	101
X.2.1. Réseau d'évacuation intérieure	101
X.2.2. Evacuation des eaux pluviales	102
X.2.3. Collecteurs principaux.....	103
X.2.4. Fosse septique	104
X.2.5. Regards	106
X.3. ELECTRICITE.....	107
X.3.1. Objectifs généraux.....	107
X.3.2. Principe d'installations	107
X.3.3. Dispositifs de protection.....	107
X.3.4. Projet d'éclairage.....	108
CONCLUSION PARTIELLE.....	110
PARTIE IV. EVALUATION FINANCIERE ET ETUDE D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	111
CHAPITRE XI. ETUDE DE PRIX	112
XI.1. DEVIS DESCRIPTIF	112
XI.2. COEFFICIENT DE MAJORATION DES DEBOURSES	120
XI.3. SOUS-DETAILS DE PRIX.....	121
XI.4. DETAIL QUANTITATIF ET ESTIMATIF.....	123
CHAPITRE XII. ETUDE DE RENTABILITE DU PROJET	124
XII.1. COUT D'INVESTISSEMENT	124
XII.2. CHIFFRE D'AFFAIRE ANNUELLE ENVISAGEE	124
XII.3. CHARGES	125
XII.4. PARAMETRES COMPLEMENTAIRES	125
XII.5. CALCUL DES INDICATEURS DE RENTABILITE	125
CHAPITRE XIII. ETUDE D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	130

XIII.1. IMPACTS NEGATIFS ET LES MESURES D'ATTENUATION	130
XIII.2. IMPACTS POSITIFS	132
CONCLUSION GENERALE	133
BIBLIOGRAPHIE	134
WEBOGRAPHIE.....	134
ANNEXES	I

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Evolution de la température mensuelle à Antananarivo en [°C].....	5
Tableau 2 : Variation mensuelle de la pluviométrie à l'année 2016 en [mm]	5
Tableau 3:Estimation de la population en 2020 et 2045	7
Tableau 4 Matériaux de construction	14
Tableau 5 Epaisseurs minimales d'une dalle pleine selon les normes indiquées	25
Tableau 6. Détermination de la hauteur de la poutre longitudinale	26
Tableau 7.Détermination de la hauteur de la poutre transversale.....	26
Tableau 8. Vérification de la condition de non-flambement	27
Tableau 9.Section des poteaux intérieurs	28
Tableau 10.Section des poteaux de rive	28
Tableau 11.Caractéristiques de l'escalier de RDC	29
Tableau 12 .Caractéristiques de l'escalier principal de l'étage courant.	29
Tableau 13. Vitesse du vent et pression dynamique de base dans les 4 zones	30
Tableau 14.Valeurs du coefficient C_e	32
Tableau 15.Valeurs du coefficient C_i	33
Tableau 16.Valeurs maximales de $(C_e - C_i)$	34
Tableau 17.Pression statique corrigée pour la pression de vent normal.....	34
Tableau 18.Pression statique corrigée pour la pression de vent extrême.....	35
Tableau 19. Période d'oscillation de la structure dans la direction étudiée	35
Tableau 20.valeurs de β	35
Tableau 21.Vitesse de mise en résonance	36
Tableau 22.Poids des matériaux	36
Tableau 23.Evaluation des charges permanentes :.....	37
Tableau 24.Charges d'exploitations selon la nature des locaux	38
Tableau 25.descente de charge du poteau	40
Tableau 26.Descente des charges verticales.....	41
Tableau 27.Valeurs de S_i , X_i et d_i des poteaux du niveau N8.....	42
Tableau 28. Résultat de la descente des charges horizontales.....	43
Tableau 29.Descente des charges totales	43
Tableau 30.Charges appliquées sur les dalles D5, D6, D7 et D8	45
Tableau 31.Charges appliquées sur les dalles D2, D6, D10, D14.....	45
Tableau 32. Moments d'une dalle continue pour les panneaux courants.....	45
Tableau 33. Moments d'une dalle continue pour les panneaux de rive.....	45
Tableau 34. Moments fléchissant aux appuis et en travée des dalles D5, D6, D7 et D8 à l'ELU	46
Tableau 35. Moments fléchissant aux appuis et en travée des dalles D5, D6, D7 et D8 à l'ELS	46
Tableau 36. Sollicitations de calcul de la dalle D6.....	47
Tableau 37. Armatures réelles de la dalle D6.....	48
Tableau 38.Vérification des contraintes.....	50
Tableau 39.Charges uniformément réparties équivalentes.....	55
Tableau 40.Cas des charges pour le calcul des sollicitations	56
Tableau 41.Charges G et Q appliquées sur la poutre de la file B	59
Tableau 42.Charges à l'ELU et à l'ELS appliquées sur la poutre de la file D	60
Tableau 43.Sollicitations maximales à l'ELU.....	62
Tableau 44.Sollicitations maximales à l'ELS	62
Tableau 45.Sections d'armatures longitudinales en travée	63

Tableau 46. Sections d'armatures de chapeaux sur appuis	63
Tableau 47. Vérification des contraintes à l'ELS dans les sections de la poutre longitudinale	64
Tableau 48. Nécessité de la vérification de la flèche de la poutre longitudinale	65
Tableau 49. Vérifications des aciers et du béton au droit des appuis de rive de la poutre longitudinale	66
Tableau 50. Vérifications des aciers et du béton au droit des appuis intermédiaires de la poutre longitudinale	66
Tableau 51. Efforts tranchants réduits relative à la poutre longitudinale	68
Tableau 52. Nécessité des armatures d'âme pour la poutre longitudinale	68
Tableau 53. Moments fléchissants et efforts tranchants à l'ELU	69
Tableau 54. Moments fléchissants et efforts tranchants à l'ELS	69
Tableau 55. Sections d'armatures longitudinales en travée	70
Tableau 56. Sections d'armatures de chapeaux sur appuis	70
Tableau 57. Nécessité de la vérification de la flèche de la poutre transversale	71
Tableau 58. Vérifications au droit des appuis de rive de la poutre transversale	71
Tableau 59. Vérifications au droit des appuis intermédiaires de la poutre transversale	72
Tableau 60. Efforts tranchants réduits relative à la poutre transversale	72
Tableau 61. Nécessité des armatures d'âme pour la poutre transversale	73
Tableau 62. Caractéristiques des poteaux et sollicitations maximales	74
Tableau 63. Excentricité du premier ordre e_1	74
Tableau 64. Méthode utilisée pour le calcul des poteaux de chaque niveau	75
Tableau 65. Valeurs de e_2 et M_u	75
Tableau 66. Type de la section	76
Tableau 67. Nature de la section	76
Tableau 68. Calcul et choix des armatures des poteaux	77
Tableau 69. Vérification des contraintes de la section partiellement comprimée du poteau B3	77
Tableau 70. Vérification des sections entièrement comprimées	79
Tableau 71. Section d'armatures transversales des poteaux	79
Tableau 72. Espacement des armatures transversales des poteaux	80
Tableau 73. Caractéristiques de l'escalier	80
Tableau 74. Charges de l'escalier	81
Tableau 75. Valeurs des sollicitations de calcul à l'ELU de l'escalier	83
Tableau 76. Quantité d'armatures longitudinales de la paillasse de volée 2	84
Tableau 77. Quantité d'armatures longitudinales de la paillasse des volées 1 et 3	85
Tableau 78. Charge et contrainte appliquée sur sol de fondation à l'ELS	91
Tableau 79. Tassement S_c et S_d et S	92
Tableau 80. Sollicitations de calcul de la dalle	93
Tableau 81. Armatures de la dalle	93
Tableau 82. Charges uniformes directement appliquées sur les poutres	95
Tableau 83. Valeurs des sollicitations à l'ELS	95
Tableau 84. Armatures en travées de la nervure	96
Tableau 85. Armatures aux appuis de la nervure	96
Tableau 86. Valeurs des débits de base	98
Tableau 87. Récapitulations des débits probables Q_p	99
Tableau 88. Diamètre des tuyaux de la canalisation primaire	100
Tableau 89. Diamètre des tuyaux de la canalisation secondaire	100
Tableau 90. Diamètres intérieurs minimaux des collecteurs d'appareils	102
Tableau 91. Diamètres intérieurs des tuyaux de chute d'eaux usées	102

Tableau 92. Débits à évacuer	103
Tableau 93. Diamètre des DEP	103
Tableau 94. Débit total de vidange	104
Tableau 95. Dimensions de chaque compartiment de la fosse septique	106
Tableau 96. Caractéristiques des lampes.....	108
Tableau 97. Niveau d'éclairement.....	109
Tableau 98. Nombre de luminaires dans chaque pièce de l'appartement 1 du 4 ^{ème} étage	110
Tableau 99. Devis descriptif	112
Tableau 100. Valeurs des coefficients A_i	121
Tableau 101. Exemple de sous-détails de prix.....	122
Tableau 102. Estimation du coût de l'ouvrage.....	123
Tableau 103. Recettes annuelles envisagées	124
Tableau 104. Calcul de la somme des flux nets de trésorerie actualisés	127
Tableau 105. Calcul du taux de rentabilité interne TRI.....	128
Tableau 106. Impacts négatif du projet et mesure d'atténuation.....	130

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Situation du projet.....	3
Figure 2:Région ANALAMANGA	4
Figure 3. Dimensions d'une poutre.....	26
Figure 4. Caractéristiques du bâtiment.....	30
Figure 5. Combinaison de $(C_e - C_i)$ si vent normal à S_a	33
Figure 6. Combinaison de $(C_e - C_i)$ si vent normal à S_b	34
Figure 7. Schéma de calcul pour la descente des charges	39
Figure 8. Position de G des poteaux du niveau N8	43
Figure 9. Dalle D2 du niveau RDC.....	44
Figure 10. Modélisation des porte-à-faux.....	51
Figure 11. Représentation du portique avec numérotation des nœuds	52
Figure 12. Moments transmis par les nœuds i et j à la poutre ij	53
Figure 13. Répartition des charges venant du plancher	55
Figure 14. Modélisation à l'ELU de calcul pour $1,35G+1,5Q$; $1,35G+1,5Q+W_g$ et $1,35G+1,5Q+W_d$ [kN/ml et kN.m].....	57
Figure 15. Modélisation à l'ELS de calcul du portique pour $G+Q$ et $G+Q+0,77W_g$ et $G+Q+0,77W_d$ [kN/ml et kN.m].....	58
Figure 16. Représentation de la poutre de la file B	59
Figure 17. Forme géométrique de l'escalier à étudié	81
Figure 18. Schémas de modélisation des paillasse sur 3 appuis	82
Figure 19. Système de traitement et d'évacuation des eaux (EP, EU et EV)	105
Figure 20. Forme générale de la fosse	105

LISTE DES ABREVIATIONS

AFNOR	: Association Française de Normalisation
APP	: Appartement
B.A	: Béton Armé
BAEL	: Béton Armé aux Etats-Limites
BTP	: Bâtiment et Travaux Publics
CEM	: Cement
CH	: Chambre
CUA	: Commune Urbaine d'Antananarivo
DTU	: Documents Techniques Unifiés
EC3	: Eurocode3
ECE	: Entreprise de Construction et d'Etudes
EIE	: Etudes d'Impacts Environnementaux
ELS	: Etat-Limite de Service
ELU	: Etat-Limite Ultime
ESPA	: Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo
H.A	: Haute Adhérence
INSTAT	: Institut National de la Statistique
JIRAMA	: Jiro sy RAno Malagasy
MENRES	: Ministère de l'Enseignement Nationale et de la Recherche Scientifique
MO	: Main d'œuvre
PU	: Prix unitaire
PVC	: Polychlorure de vinyle
RDC	: Rez-de-Chaussée
SDA	: Section Doublement Armée
SEC	: Section Entièrement Comprimée
SIG	: Système d'Information Géographique
SIGMA-E	: Société d'Investigation Géotechnique de Madagascar et Expertise
SM	: Salle à Manger
SPC	: Section Partiellement Comprimée
SSA	: Section Simplement Armée
TVA	: Taxe sur Valeur Ajoutée
WC	: Water-Closets

INTRODUCTION

Le concept de logement est un indicateur de différenciation économique, sociale et culturel d'un pays. Concernant les logements qu'on trouve ici à Madagascar, même dans les grandes villes, surtout à Antananarivo, peu d'entre eux sont dignes d'être classés confortables, mais aussi peu d'entre eux respectent les normes.

Comme Antananarivo est la capitale de Madagascar, elle mérite d'avoir de nouvelles constructions pour la revaloriser et améliorer son environnement.

Parallèlement, les amateurs dans le domaine du génie civil, en particulier ceux du Bâtiment et Travaux Publics, ne cessent d'augmenter. Ils se vantent d'être capables à partir de leurs expériences, de mener à terme la conception et la construction d'un bâtiment. Certains jugeront inutiles une étude approfondie de cette matière, et que les expériences suffisent.

Par ailleurs, un bâtiment est un abri c'est-à-dire à protéger des intempéries des personnes, des biens et des activités; il représente un niveau de vie, son architecture exprime le talent de conception et sa longue durée de vie reflète les bonnes études techniques y afférentes. Nous pensons que l'étude est vraiment nécessaire, mais elle devrait être complétée par l'expérience.

Dans cette vision, les constructions de grande hauteur constituent le futur de la ville. Cela affirme l'identité de la ville, sa potentialité économique et financière et sa place dans le monde. Les objectifs de cette étude sont avant tout d'assurer la sécurité des usagers de cet immeuble. Ensuite il devra entre autres, durer dans le temps et résister aux éventuelles intempéries tout en respectant l'environnement qui l'entoure et en assurant le développement de la zone.

D'où ce mémoire de fin d'études intitulé :

« ETUDE DE CONSTRUCTION D'UN IMMEUBLE R+6, DE HAUT STANDING, A USAGE D'HABITATION SIS A IVANDRY REGION ANALAMANGA ».

Pour mener à bien ces études, les quatre parties suivantes seront abordées successivement :

- Etudes préliminaires ;
- Etudes architecturales ;
- Etudes techniques ;
- Evaluation financière et étude d'impacts environnementaux.

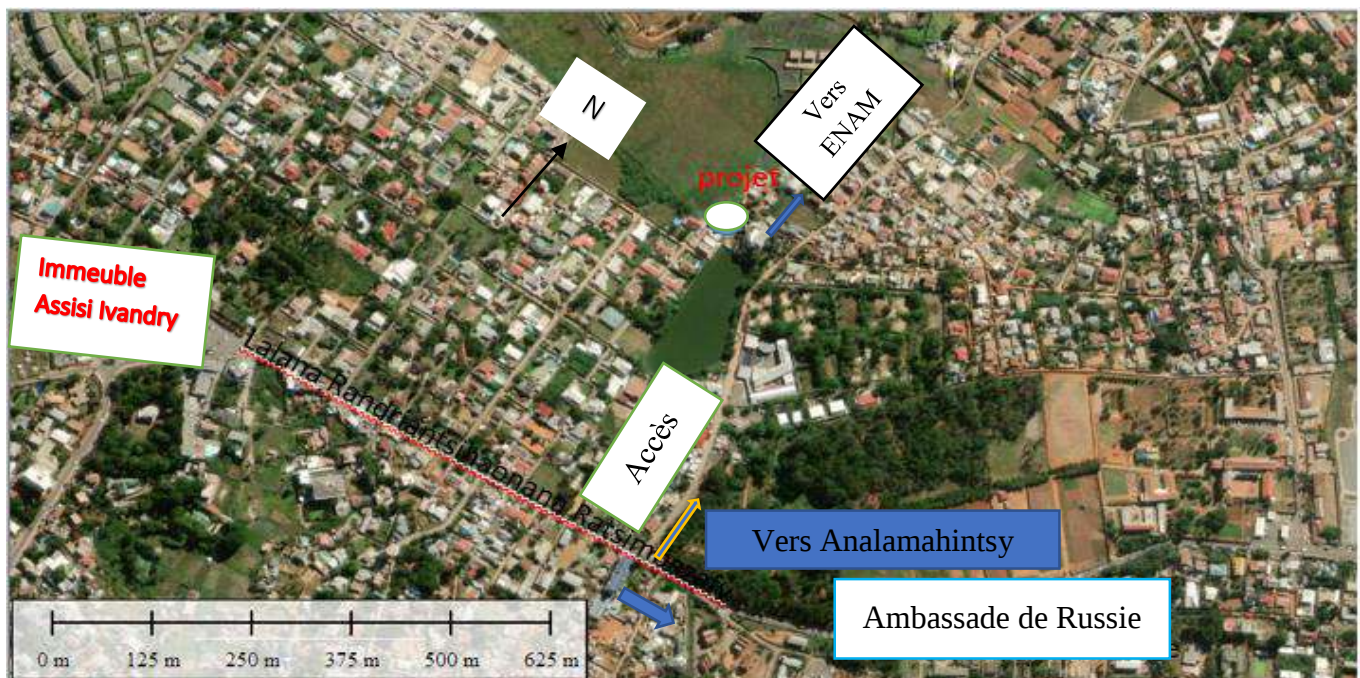
PARTIE I. ETUDES PRELIMINAIRES

CHAPITRE I. GENERALITES SUR LE PROJET

I.1. PRESENTATION DU SITE D'IMPLANTATION

Le projet sera implanté à IVANDRY qui fait partie de la Commune Urbaine d'Antananarivo.

Figure 1. Situation du projet



I.2. DESCRIPTION GEOGRAPHIQUE DE LA VILLE D'ANTANANARIVO

Ce projet se trouve dans la ville d'Antananarivo, Capitale de Madagascar, un des districts de la région Analamanga, qui se situe à $16^{\circ}25'60''$ de latitude Sud et $48^{\circ}31'00''$ de longitude Est. La Région Analamanga compte 8 districts composés de 134 communes et en tenant compte de sa situation géographique, la région ne dispose pas de sortie sur la mer. Elle s'étend sur une superficie de 17445 Km², soit environ 3% de la superficie de Madagascar.

Les districts limitrophes de la ville sont : Ambohidratrimo, Antananarivo Avaradrano et Antananarivo Atsimondrano.

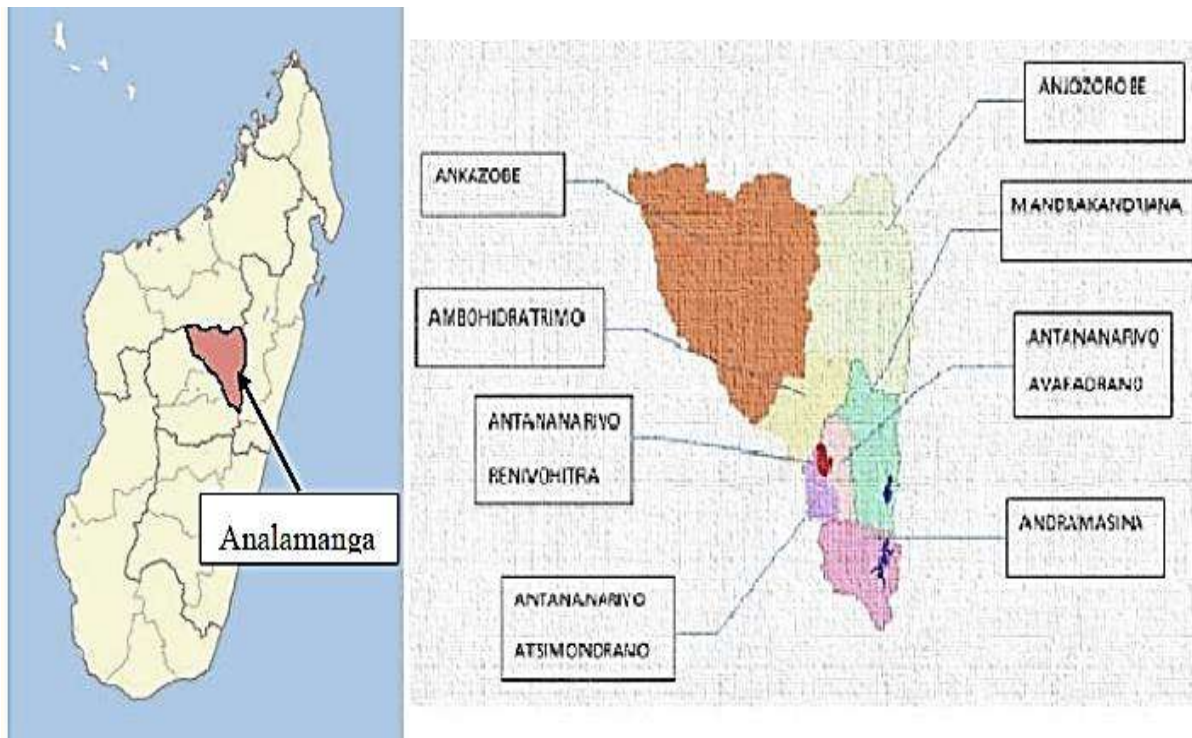


Figure 2: Région ANALAMANGA

1.2.1. Relief

La Région d'Antananarivo fait partie de ce que l'on appelle les hautes terres par rapport à l'ensemble de l'île. Son relief se présente sous trois formes :

- ✓ Les hauts plateaux, situés au Nord et à l'Ouest et dépassant l'altitude de 1500m, sont séparés par de vastes vallées drainées par deux fleuves : Betsiboka et Ikopa ;
- ✓ Le centre se caractérise par l'escarpement de la faille de l'Angavo et le paysage de collines de l'Imerina Est. En effet, le centre est surtout dépeint par ses collines et ses plaines inondables ;
- ✓ L'Est présente un paysage très varié où succède des collines coupées par un chaos de boules granitiques ;
- ✓ A l'Ouest, il y a les plaines d'Antananarivo, dont l'aménagement commençait au temps de la royauté Merina ;
- ✓ Le Sud a une altitude plus élevée. C'est une région volcanique comprenant plusieurs bassins aménagés : Ambatolampy.

1.2.2. Géologie

Le sous-sol de la Région, de par sa situation au niveau de l'axe central de Madagascar, est généralement constitué de :

- Granites et migmatites du Tampoketsa (Nord) ;
- Infra graphite du groupe Ambodiriana, caractéristique du Moyen Ouest de la région ;

- Volcanisme néogène à quaternaire de l'Itasy ;
- Néogène lacustre et granites du Nord Est ;
- Série schisto-quartzo-calcaire du Sud.

1.2.3. Climat

Le climat de la région est de type tropical, d'altitude tempéré, présentant deux saisons bien distinctes ; une saison pluvieuse et chaude s'étalant de Novembre à Avril, et une saison sèche, où alternent une période fraîche (Juin à Août) et une période tempérée (Septembre et Octobre), le reste de l'année.

1.2.4. Température

Dans l'Imerina Central, l'amplitude diurne est forte. Elle est même accentuée en saisons fraîches. La température moyenne de la région est de 19°C pour une température moyenne maximale de 24.5°C et une température moyenne minimale de 14°C. La température est assez régulière et sans excès, la variation annuelle étant d'environ 6°C.

Tableau 1 : Evolution de la température mensuelle à Antananarivo en [°C]

Mois	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai	juin	juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
T°max	26,8	26,1	26,1	24,8	23,3	20,1	20,2	20,9	24,6	25,1	28,7	27,3
T°min	17,6	17,9	17,4	15,5	14,3	3	10,5	10,1	12	14,6	17	17,3

Source : Météo AMPANDRIANOMBY, 2016

1.2.5. Pluviométrie

Dans l'ensemble de la Région, le total annuel des précipitations pour chaque commune dépasse 1100 mm.

Dans la région de l'Imerina Centrale, la moyenne des pluies annuelles est de 1364 mm en 118 jours avec un maximum de 1456,3 mm en 129 jours. Le tableau suivant nous montre la précipitation enregistrée à Antananarivo à l'année 2016.

Tableau 2 : Variation mensuelle de la pluviométrie à l'année 2016 en [mm]

Mois	Janv	Fev	Mar	Avr	Mai	juin	juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
Pluie	281,1	190,4	163,4	51,9	24,6	8,1	0	0,1	0,1	105,1	223,2	306,2
Nb de jour	17	22	14	5	4	3	0	1	1	8	16	17

Source : Météo AMPANDRIANOMBY, 2016

I.3. CONTEXTE SOCIO-ECONOMIQUE

I.3.1. GENERALITES

L'objectif de la réalisation d'un projet est le développement socio-économique de la région où l'on implante le projet.

Une étude socio-économique permet de déterminer les différents acteurs économiques, puis d'évaluer le comportement social d'une population au point de vue économique et enfin d'évaluer la rentabilité du projet.

De plus, la potentialité économique de la région permettra de mettre en évidence le délai de récupération du capital investi au projet.

I.3.2. ASPECTS HUMAIN

Aperçu démographique

La Région Analamanga se situe au centre de Madagascar et inclut sa capitale Antananarivo. Elle comprend 3 822 809 habitants, soit 15% de la population nationale. Antananarivo est marquée par une forte concentration de population (plus de 30% de l'effectif de l'ensemble de la région). La répartition inégale de la population de la Région Analamanga se traduit par une densité de 9687 habitants par Km² à Antananarivo Renivohitra, qui représente plus de 300 fois la moyenne nationale.

Evolution de la population

La population de la ville d'Antananarivo a été évaluée, en 2011, à habitants 1 230 915. En 2018, elle s'évalue à 3 822 809 habitants. Cette forte croissance s'explique par le fait que la majorité de ces habitants se trouvent dans cette zone. Au rythme actuel, avec un taux d'accroissement naturel de 2.85%, la ville devrait rassembler 4 024 794 habitants en 2020 et plus de 5 091 092 en 2030.

Répartition de la population

Celle-ci est fortement concentrée à Antananarivo Renivohitra. Selon la délimitation 6classant comme localité urbaine les communes qui sont les chefs-lieux de leur district d'appartenance, moins de 3 individus sur 5 de la population totale d'Analamanga habitent en milieu rural. Cette pression démographique au sein de la capitale résulte du phénomène d'urbanisation, attirant la population des autres sous-préfectures.

Perspective démographique

Le bâtiment est supposé construit en 2020. Pour analyser l'évolution de la population dans les années à venir, la population de l'année 2020 et de l'année 2045 c'est-à-dire 25 ans après, sera estimée. La formule courante suivante permet de faire une projection du nombre de la population pour une année donnée :

$$P(t) = P(t_0). (1 + \alpha)^{(t-t_0)}$$

- P(t) : Effectif de la population à estimer à l'année t ;

- $P(t_0)$: Effectif de la population à l'année t_0 prise comme référence ;
- α : Taux d'accroissement naturel de la population. La valeur moyenne de α est de 2,8% pour les hautes terres centrales, soit $\alpha = 0,028$.

Les résultats de l'estimation sont les suivants :

Tableau 3: Estimation de la population en 2020 et 2045

Arrondissements	Population en 2020	Population en 2045
I	828 177	1 656 355
II	533 440	1 066 880
III	474 011	948 022
IV	710 659	1 421 317
V	1 089 544	2 179 089
VI	388 963	777 926
Total	4 024 795	8 049 589

Ce résultat permet de constater que le nombre de la population aura doublé en 25 ans. Cela signifie que la demande en logements quel que soit le standing augmentera dans les années à venir, ainsi, il faut envisager une extension de la ville et de nombreuses constructions d'immeubles de grande hauteur seront aussi à prévoir.

Service sanitaire

Le Fokontany d'Ivandry bénéficie de nombreux centres sanitaires : 3 cabinets médicaux privés, disposent de personnels médicaux et paramédicaux

Paramètres socio-économiques

Les activités économiques d'Ivandry sont très diversifiées car le Fokontany se trouve près du centre-ville d'Antananarivo. Le recensement du Fokontany en 2009 permet d'identifier l'existence d'une entreprise industrielle, deux artisanales, 54 Epicerie, grossistes et détaillants, quincailleries, gargotes..., des centres administratifs (bureaux municipaux), un établissement financier (Banque BOA). [FokontanyIvandry, 2009].

Architecture environnante

Différents types d'habitats s'observent à Ivandry selon le type de mur : Il y a des maisons en terre battue, en briques cuites, en béton armé, en planche et en tôle. Leurs dimensions varient d'une chambre à un building. Ces habitats traduisent l'existence des classes sociales très hétérogènes allant des plus riches aux plus pauvres.

Mais on remarque également l'existence d'architecture moderne qui témoigne du développement économique du Fokontany.

CHAPITRE II. JUSTIFICATION DU PROJET

II. 1. Situation actuelle

De nombreuses constructions et réhabilitations d'infrastructures urbaines ont été constatées ces deux dernières années dans l'agglomération d'Antananarivo. Cela fait partie de la politique d'amélioration du plan d'urbanisme dans la commune.

Parmi les différents travaux, la construction d'immeuble à usage d'habitation contribue énormément à l'embellissement de la ville. Ainsi, nous allons, dans la suite, faire l'analyse de cette dernière tout en justifiant le projet.

II.2. Choix du site

Le site présente tous les atouts permettant l'implantation d'immeuble d'habitation comme le présent projet. D'autant plus, les infrastructures présentes aux alentours du quartier d'Ivandry ne contribuent à l'acquisition du confort nécessaire pour des appartements de haut standing.

Les qualités ainsi que les différents avantages suivants peuvent être cités :

- Le site est sécurisé et facile d'accès ;
- Le quartier résidentiel d'Ivandry ; des résidences d'Ambassades sont très proches, à l'exemple de celle du Canada, de la Russie, de la France, ... ;
- Des établissements réputés comme l'American School, le Lycée Français d'Ambatobe sont à quelques minutes du site ; les supermarchés « Jumbo Score », le nouveau centre commercial « La City », les restaurants de haut standing situés aux alentours du quartier satisferont aux besoins du client.

Choix d'appartement de haut standing

Le concept de logement peut caractériser économiquement, socialement et culturellement une région. Les appartements de haut standing sont caractérisés par le groupement de quelques pièces assorties de toilettes, cuisines, etc..., et par le degré de confort qu'il offre à ses occupants par la qualité des matériaux utilisés.

Notons que ce sont surtout les étrangers travaillant à Antananarivo ainsi que les personnes travaillant dans les Ambassades qui recherchent des logements dans le quartier d'Ivandry, ainsi, la construction d'un bâtiment avec des appartements de haut standing au sein du quartier peut vraiment contribuer à son développement.

Avantages du projet

La création de nouveaux sites d'habitation est une solution très efficace pour aérer la capitale surpeuplée ; et le quartier d'Ivandry offre un potentiel d'évolutions et d'aménagements de première importance pour la ville d'Antananarivo.

La construction de ces nouveaux appartements de haut standing va augmenter la cote du quartier et entraîner une augmentation des besoins. Ainsi, pour y répondre correctement, de nouveaux établissements de commerce s'édifieront et Ivandry sera beaucoup plus demandé en matière de logements.

CONCLUSION PARTIELLE

La ville d'Antananarivo en tant que Capitale de Madagascar est un centre administratif et regroupe toutes les activités importantes que ce soit industrielles ou commerciales. Mais le problème de logement augmente toujours et une part importante est vieillissant.

D'où la raison de l'implantation d'immeuble comme le nôtre est nécessaire dans la Région.

Cette première partie nous a permis de présenter le projet lui-même ainsi que de son environnement aussi bien physique et social face aux différents paramètres, tant économique qu'environnemental. En somme, l'accroissement de la population confronté à l'insuffisance de logement et d'infrastructure a conduit à l'élaboration de ce projet. Par ailleurs, en insistant sur ses traits caractéristiques, cette partie fournit un descriptif sommaire du projet.

PARTIE II. ETUDES ARCHITECTURALES

CHAPITRE III. DESCRIPTION ARCHITECTURALE

L'objectif de la conception architecturale est de satisfaire les besoins des usagers, en assurant leur confort et leur sécurité tout en tenant compte du côté esthétique du bâtiment.

III.1. ORGANISATION DE L'ESPACE

III.1.1. IMPLANTATION

Selon les règles de l'urbanisme, l'emprise au sol d'une construction ne doit pas excéder les 30% à 50% de la surface totale du terrain. Dans le cas présent, la surface totale du terrain s'élève à 2400 m², la surface au sol de notre bâtiment sera de 600 m², notre projet suit donc les normes imposées.

Travailler les composantes paysagères du programme améliore ses constructions, par leur situation, leurs dimensions, ou l'aspect extérieur des bâtiments ou ouvrages à édifier, ne doivent pas être de nature à porter atteinte au caractère ou à l'intérêt des lieux avoisinants, aux sites, aux paysages naturels ou urbains ainsi qu'à la conservation des perspectives monumentales.

➤ Forme générale

La forme du bâtiment peut être représentée par 2 rectangles assemblés à cause d'un « joint de dilatation » qui sépare ces deux rectangles. Mais sa caractéristique est qu'elle conserve l'aspect d'un château fortifié en plan.

➤ Façades

La façade est le premier message que doit véhiculer l'intérieur. L'harmonie et la légèreté de la façade permettent d'atténuer la massivité de l'équipement et par la même créent un climat de confiance chez les occupants.

Par conséquent, les façades seront composées en général par des murs en aggro revêtue d'enduit bicouche et constituées de grandes baies vitrées et des murs rideaux. Ce genre de façade participe non seulement à la forme architecturale du bâtiment, mais aussi il offre à l'édifice un aspect attrayant, moderne et un sentiment de sécurité à ses résidents.

III.1.3. Aménagement intérieur :

a. Communication entre les étages

La communication entre les étages est assurée par des ascenseurs et des escaliers. Ces derniers servent depuis la Rez-de-chaussée jusqu'au 6^e étage.

➤ Escaliers

Notre immeuble sera constitué des escaliers balancés situés en face de l'ascenseur et des escaliers de secours dans la façade latérale droite et gauche. L'escalier principal reliera le RDC à R+6, et une autre reliera la R+4 à la R+5 pour faciliter le passage entre ces étages., l'emmarchement étant de 1,20m : largeur minimale d'un escalier dans un immeuble à usage collectif.

➤ Ascenseurs

L'immeuble est composé d'un (1) ascenseur. La cabine de l'ascenseur a pour dimensions 3.25 m x 1,70 m dont une capacité de 10 personnes.

III.1.4. Organisation du parking et accès des voitures

Le parking de bâtiment peut accueillir 25 voitures, dont leur entrée se trouve dans la façade latérale droite et la sortie est bien évidemment dans la façade gauche pour éviter toute croisement ou un éventuel embouteillage des voitures.

CHAPITRE IV. CONCEPTION ARCHITECTURALE

Les normes sur lesquelles est basée la conception architecturale sont : les normes françaises AFNOR et les Documents Techniques Unifiés (DTU).

IV.1. Choix de l'ossature

L'ossature désigne l'ensemble des éléments qui composent la structure porteuse d'un édifice et qui assurent sa rigidité et sa stabilité : les poteaux, qui absorbent les efforts verticaux et les poutres, qui absorbent les efforts longitudinaux et transversaux.

On a choisi parmi les cinq ossatures suivantes :

- Le mur porteur : il présente une rigidité gênante, pour les aménagements intérieurs du bâtiment de grande hauteur. Ainsi, il n'est pas monolithique
- L'ossature en bois : nécessite des traitements spécifiques ;
- L'ossature métallique : leurs assemblages se font avec la plus grande facilité au moyen des équerres, de couvre joints et par superpositions quelconques de plaques de métal, qui sont réunis entre elles par des attaches. Leur agent destructeur est l'oxydation. Donc les constructions métalliques ont besoin d'entretiens périodiques. D'autre part, ils ne sont pas susceptibles de résister à l'incendie. Leur utilisation est avantageuse pour les constructions de grande portée. Toutefois, l'acier est un matériau importé, ce qui est très cher.
- L'ossature en béton précontraint, il n'est commode que pour les ouvrages de grandes portées, supportant une charge importante. Leur mise en œuvre nécessite des nouvelles techniques et des engins spéciaux. Par conséquent, leur coût sera très élevé.
- L'ossature en béton armé qui est une association de matériaux résistant à la compression (le béton et l'acier) et à la traction (l'acier). Du point de vue esthétique et architectural, il est facile de donner n'importe quelle forme aux pièces en béton armé. En plus il assure une fonction monolithique et contribue donc à une solution économique.

On a choisi l'ossature en béton armé comme ossature de notre bâtiment car c'est la solution la plus adaptée à notre projet.

IV.2. Choix des matériaux

En architecture, les matériaux utilisés sont aussi importants que le style architectural adopté. Ils peuvent constituer une identité pour l'édifice. A part cela, les matériaux doivent satisfaire des critères importants à savoir : le confort, la sécurité, l'isolation thermique et acoustique et la durabilité. Le tableau suivant montre les différents matériaux utilisés pour le présent projet :

Tableau 4 Matériaux de construction

Désignation	Matériaux utilisés	Caractéristiques
Structure, escalier, cage d'ascenseur	Béton	Résistant, durable, meilleure résistance au feu par rapport à l'acier, facilité de la mise en œuvre, ...
Mur d'épaisseur 23cm Cloison d'épaisseur 13cm	Parpaing	Léger, durable, ...
Façades	Enduit de ciment	Adapté aux structures en béton, ...
Ouvertures	Bois	Bonne isolation thermique, élégant, ...
	Verre	Eclairage naturel, bonne isolation acoustique,...
	Aluminium	Résistant à la corrosion, grande variété de formes,...
Revêtement	Carrelage	Bonne isolation acoustique, insensible à l'eau, grande variété de formes, d'effets, de couleur, ...
	Parquet	Bonne isolation thermique, élégant, ...

IV.3. Organisation spatiale

□ Orientation du bâtiment

- La vue environnante offerte aux résidents est optimale, tout en assurant intimité et sécurité ;
- L'exposition au soleil : la disposition et l'orientation des constructions doivent permettre un ensoleillement et un éclairage raisonnable, afin de maximiser le confort thermique de l'habitation.

Ainsi, la façade principale est orientée vers l'Est, pour l'entrée des rayons du soleil à travers la baie vitrée tout le matin.

IV.4. Des plans différents pour chaque étage

En effet, un même plan pour chaque étage est qualifié comme étant une paresse architecturale.

Le but est de diversifier le plan des étages afin d'obtenir une façade nuancée c'est-à-dire non monotone. Ainsi, des plans différents ont été élaborés pour chaque étage.

IV-5. LES BAIES VITREES

Un système de façade qui a été largement utilisées ces dernières années est l'utilisation de grandes baies vitrées. Ainsi, ce système sera préconisé pour tous les murs du séjour pour un bon apport de lumière et de chaleur naturelles dans cette pièce et également pour nuancer la façade en diversifiant les baies. Il permet également une communication visuelle entre l'intérieur et l'extérieur.

IV.6. Sécurité et confort

IV.6.1. Confort

L'architecture c'est l'art de bâtir les volumes nécessaires à l'homme pour vivre et exercer ses Activités, en conciliant l'esthétique, les besoins fonctionnels et les contraintes techniques et administratives. Ainsi, confort et architecture sont 2 termes inséparables.

IV.6.1.1 Isolation acoustique

Les sons et bruits en provenance de l'autre côté d'une paroi du bâtiment peuvent produire des nuisances, comme exemple la difficulté de la communication.

La fréquence et l'intensité des bruits peuvent être atténuées par :

- Le choix des murs en verre et en parpaing ;
- Le bon encastrement des colliers à la structure atténue les bruits de vibration des tuyaux de descente.

IV.6.1.2. L'étanchéité à l'air et le renouvellement de l'air

Le confort commence par le contrôle de la surface habitable d'une pièce. Le volume d'air nécessaire à une adulte est de 32m^3 , celui d'un enfant 15m^3 . Mais comme, même les fenêtres fermées, la circulation normale de l'air dans les bâtiments isolés est jusqu'à 2 fois plus importante. Les volumes d'air nécessaires sont donc suffisants pour : 16 à 24 m^3 pour adulte et 8 à 12 m^3 pour un enfant. Ainsi, avec une hauteur sous plafond de 2.80m et en considérant le cas défavorable pour adulte, on trouve une superficie de la chambre à coucher supérieur ou égale à 6 à 9 m^2 pour une bonne aération.

Pour les fenêtres leurs surfaces sont égales à $1/10^{\text{ème}}$ à $1/8^{\text{ème}}$ de la surface utile de la pièce. Cependant l'aération n'est pas seulement le critère qui entre en jeu dans le dimensionnement d'une pièce. Entrent également les différents meubles et équipements (certains sont indispensables, d'autres par choix), ainsi que les distances nécessaires entre ces équipements pour un bon confort de circulation. Ce qui amène au dimensionnement des différentes pièces suivantes.

IV.6.1.3. Chambre à coucher

Une chambre à coucher doit comporter en premier lieu un lit (double ou simple) avec, tout autour, un espace d'au moins 60 cm. Ainsi, pour la plupart de nos chambres on prendra 65cm à 1m, mais dans tous les cas, on ne descendra pas moins de ce 60 cm. Une table de nuit avec lampe et tiroirs de rangement doit également exister (de chaque côté pour un lit double). La chambre doit également accueillir une armoire ou possibilité de rangement d'au moins 1m par personne et un miroir qu'on supposera ici adhérer à l'armoire formant une armoire à glace donc n'encombrera pas la pièce. A cette liste d'équipements indispensables d'une chambre à coucher sera ajouté un bureau avec un dégagement de 60 à 75cm minimum. Les dimensions de ces divers éléments prise en compte dans le dimensionnement des différentes pièces sont définies dans l'annexe D.

IV.6.1.4. Cuisine

a. Facteurs pris en compte dans le dimensionnement de la cuisine

La surface minimale d'un coin cuisine est de 5 à 6 m², d'une cuisine de 8 à 10 m² et d'une cuisine avec coin repas de 10 à 12 m². En effet, une surface minimale est nécessaire pour accueillir les éléments de cuisines indispensables et, aussi, pour assurer une bonne fluidité des mouvements dans la cuisine.

Un dégagement minimal d'1.20m au plan de travail doit être prévu pour pouvoir se déplacer et se servir correctement des appareils et des meubles.

Les éléments qu'on a pris pour le dimensionnement de nos cuisines sont résumé dans l'annexe D.

L'agencement de ces divers éléments dans la cuisine a été également étudié en fonction de l'enchaînement logique des tâches facilitant le travail en cuisine. Ainsi, l'agencement retenu est la suivante :

EVIER	PLAN DE TRAVAIL	CUISINIERE	PLAN DE TRAVAIL	LAVE VAISSELLE	PLAN DE TRAVAIL
-------	-----------------	------------	-----------------	----------------	-----------------

Le réfrigérateur peut se placer n'importe où dans la cuisine à condition de respecter la distance de 1.20m requis pour une bonne circulation ainsi que l'existence d'une prise électrique à proximité.

Enfin, pour pouvoir circuler correctement de la cuisine vers la salle à manger avec un plat à la main, un passage de largeur au moins égale à 1 m sera à envisager.

b. Le système de rangement

Outre les éléments cités précédemment, des surfaces de rangements sont également prévues. Pour améliorer l'exploitation de l'espace, des rangements supérieurs avec de faible profondeur pour ne pas gêner le plan de travail sera choisi. Sa position par rapport au plancher a été ainsi normalisé pour ne pas être trop haut, impossible à atteindre, ni trop bas gênant l'utilisation du plan de travail situé en dessous. Ces dimensions sont récapitulées en annexe D.

Néanmoins des rangements encastrés sont également disponibles en dessous du plan de travail et de l'évier pour les éléments trop grands ou trop lourds pour être situés en hauteur.

IV-6.1.5. Salle à manger ou coin repas

Le dimensionnement de surfaces destinées au repas adopté dans le projet dépendra du type d'appartement. Pour un appartement F1 et F2, la table doit pouvoir accueillir 4 personnes, pour un appartement F3 ; 6 personnes et pour un appartement F4 ; 8 personnes. On doit prévoir, également, un dégagement d'au moins 80 cm autour de la table pour permettre aux personnes de se dégager.

La surface occupée par notre table à manger a été ajouté en annexe D.

IV-6.1.6. Salle de séjour

Les meubles du séjour notamment les fauteuils, canapé, table basse doit être distant d'au moins 60 cm pour assurer une bonne circulation

IV-6.1.7. Salle de bains et WC

De préférence, la salle de bain et WC doit être séparés ; néanmoins, pour certains studios, ils seront fusionnés.

Une salle de bains doit contenir un lavabo, une baignoire ou receveur de douche, une surface de rangement et un espace pour accueillir une machine à laver. Tous ces éléments doivent être espacés convenablement pour assurer une desserte suffisante et pour assurer la fluidité de mouvements des usagers. Le WC comprend une cuvette WC et un lavabo.

Pour l'aération, il est préférable d'opter pour des fenêtres, cependant si ceci s'avère impossible, des VMC (Ventilation Mécanique Contrôlée) à simple flux assureront leur rôle d'extracteur d'air. Il en est de même qu'un WC et la salle à manger doivent se situer près du séjour pour le respect des invités en les privant des grands déplacements. Toutefois, pour des raisons économiques, la cuisine, la salle de bains et les toilettes doivent se superposer à chaque étage et doivent être proches dans les étages afin de regrouper les conduites.

Tout cela a permis d'obtenir la surface des différentes pièces, un exemple pour l'appartement A1 sera présentées en annexe E.

IV.6.2. Sécurité

IV.6.2.1. Sécurité vis-à-vis des incendies

En cas d'incendies, il est primordial :

- D'assurer la sauvegarde des personnes permettant leur évacuation rapide et sûre ;
- D'assurer la préservation des biens.

Face à ces préoccupations, on a comme solutions :

- Évacuation assurée par les escaliers de secours pour chaque étage ;
- La mise en place de systèmes efficace de détection, d'alarme et de désenfumage est indispensable ;
- La mise en place des moyens de secours efficace : extincteurs portatifs, Robinets d'incendie armés (RIA)...

IV.6.2.2. Sécurité contre la foudre et la surtension des lignes

- Un paratonnerre, un parafoudre et une prise terre seront disposés pour protéger le bâtiment contre la foudre et la surtension ;
- Un disjoncteur principal est indispensable pour bien sécuriser toutes les installations.

IV.6.2.3. Sécurité contre le vol

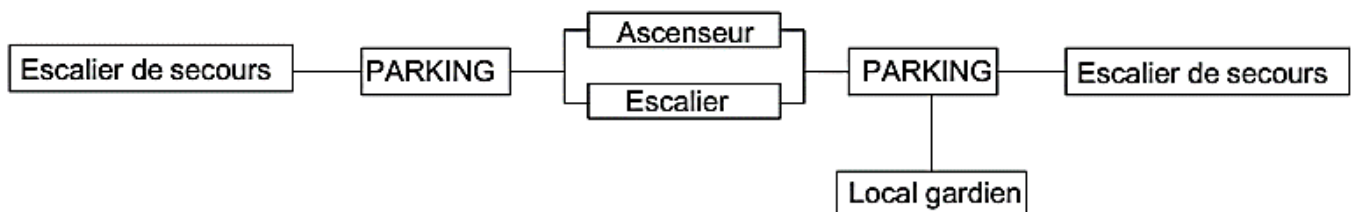
Afin de protéger contre le vol, on fera :

- Mise en place des caméras de surveillance seront placées sur l'entrée et dans les locaux où dans certain couloir ;
- Mise en place des alarmes anti-mouvement.

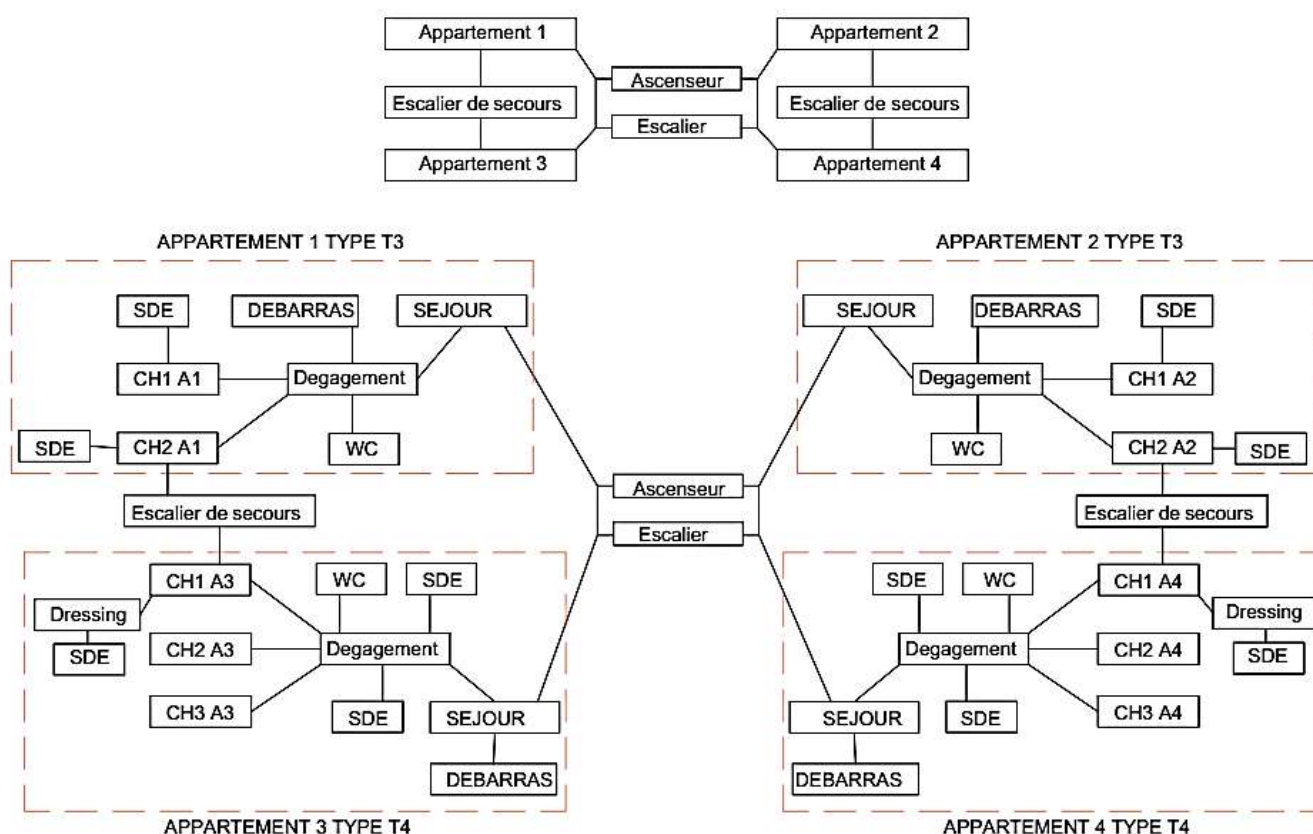
IV.6.2.4. Organigrammes fonctionnels

Etant donné les conditions d'habitabilité, les règles pour l'aménagement intérieur, on peut établir des organigrammes fonctionnels qui sont indispensable avant de procéder à la réalisation des plans.

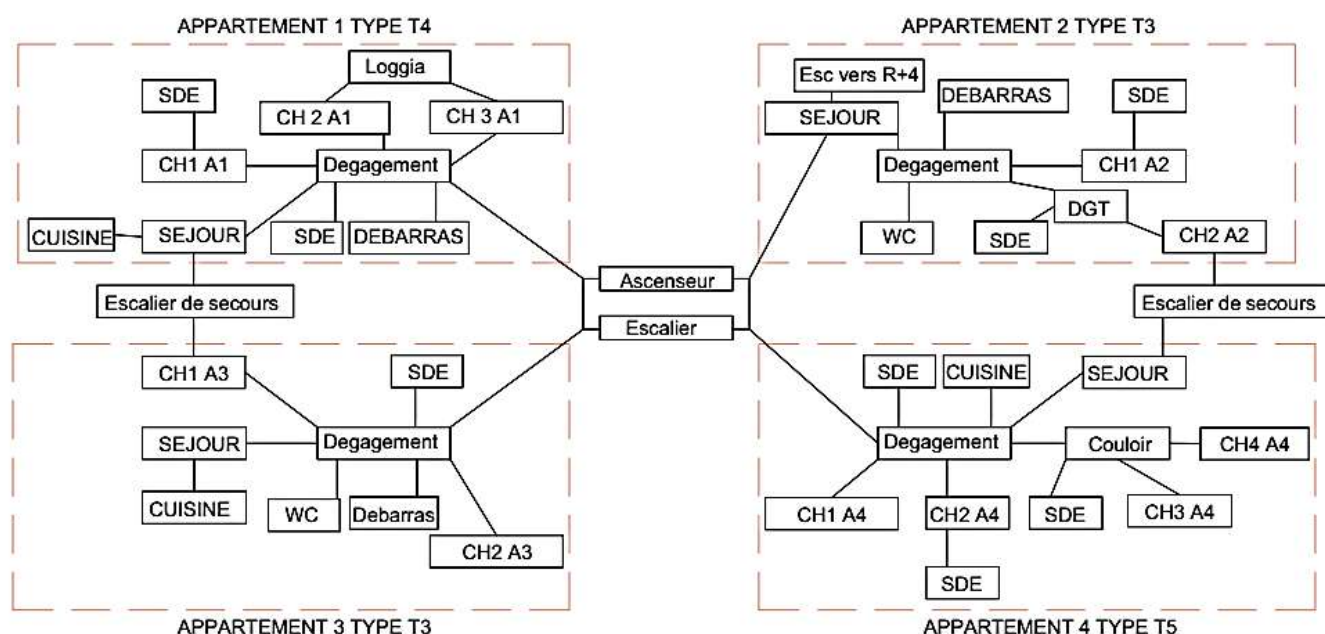
Niveau RDC



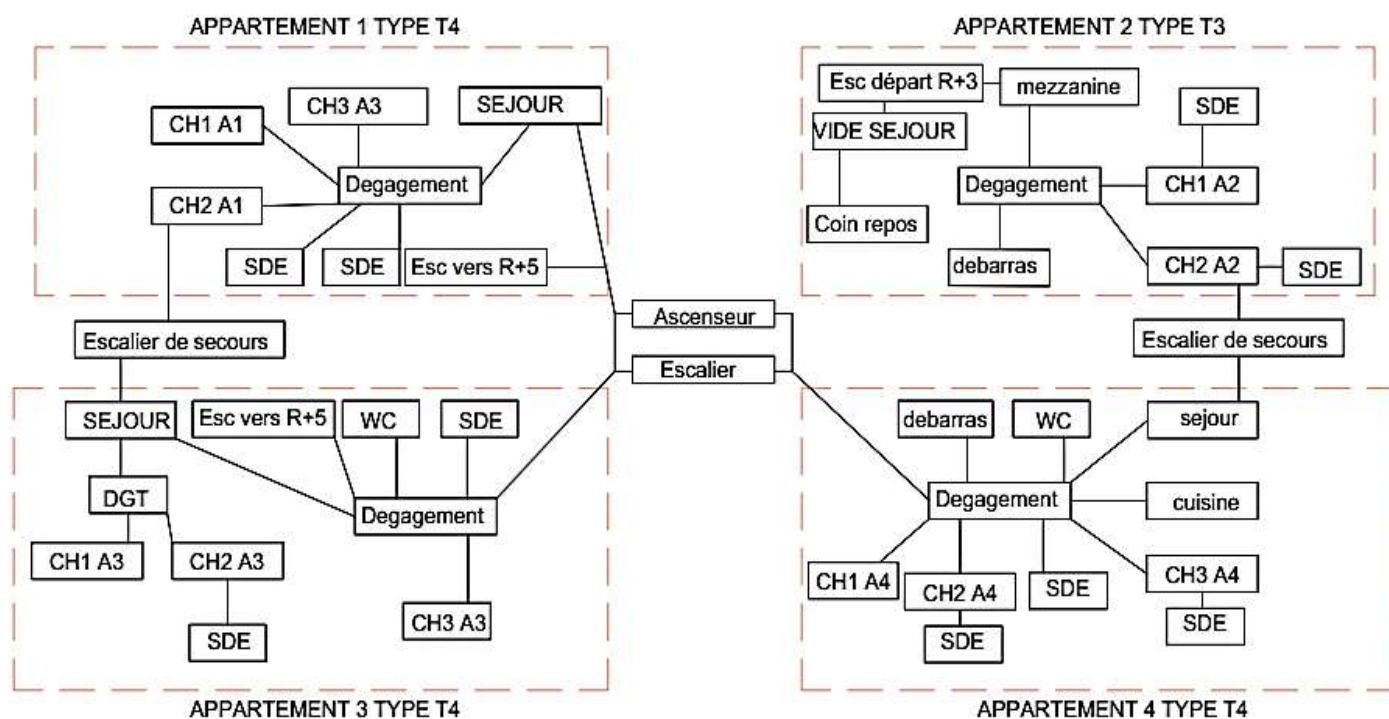
Niveau R+1 et R+2



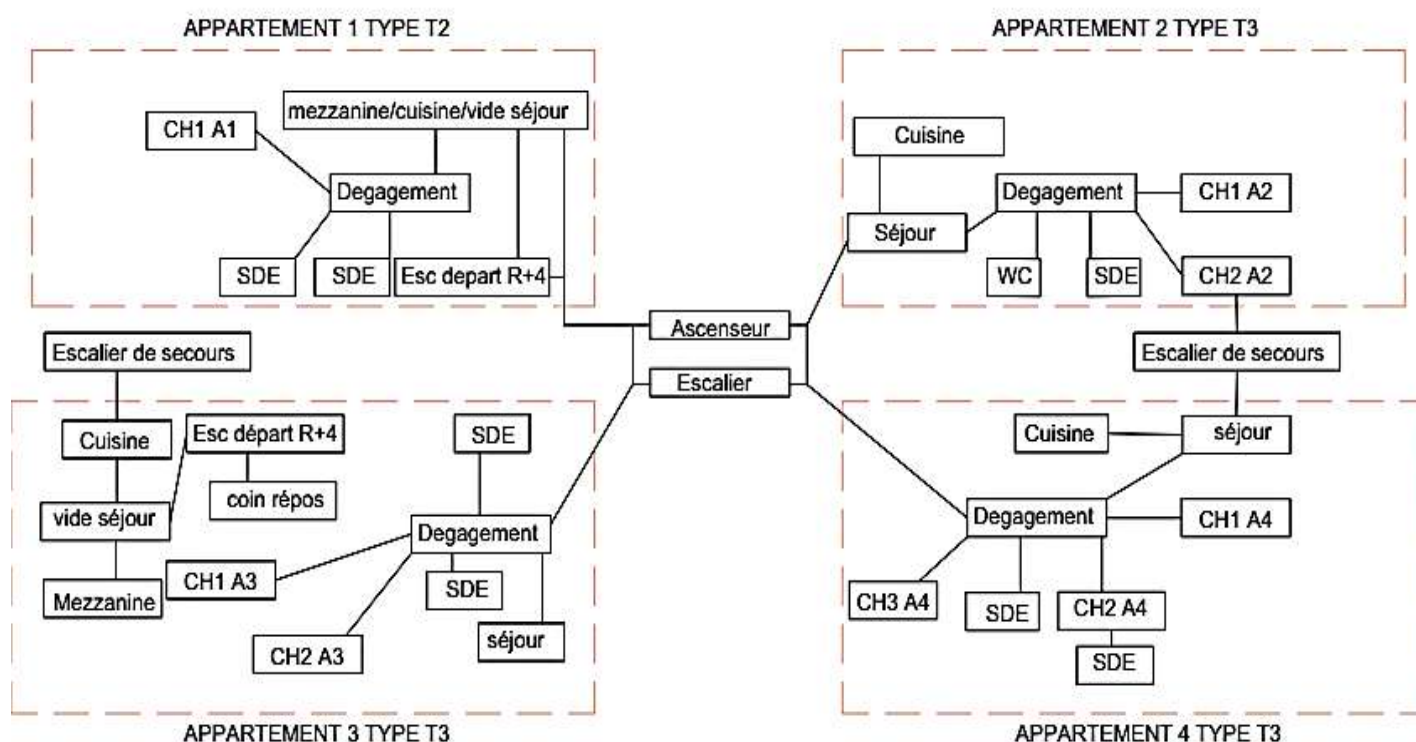
Niveau R+3



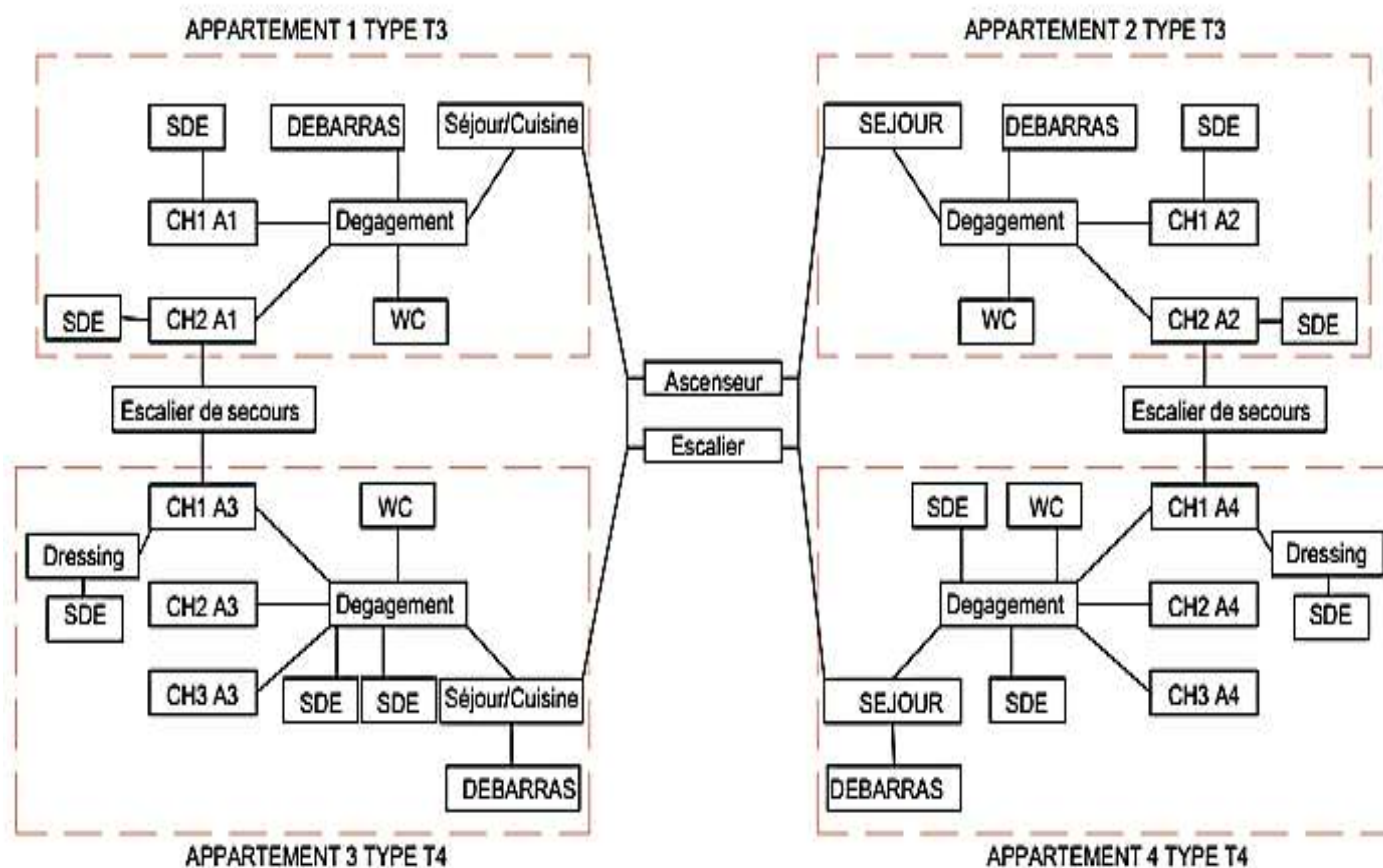
Niveau R+4



Niveau R+5



Niveau R+6



CONCLUSION PARTIELLE

L'objectif de la conception de ce bâtiment a été de satisfaire les besoins des usagers, en assurant leur confort et leur sécurité tout en tenant compte du côté esthétique c'est-à-dire l'architecture. En outre, les éléments de la structure qui composent un bâtiment doivent être en corrélation avec l'image reflétée par l'ensemble et obéissent aussi bien à des principes d'ordres formels qu'à des impératifs d'ordre technique ou des critères d'usage.

PARTIE III. ETUDES TECHNIQUES

CHAPITRE V. DONNEES, REGLES ET SPECIFICATIONS DE CALCUL

V.1. REGLES ET SPECIFICATIONS DE CALCUL

Les règles et spécifications de calcul utilisées sont les suivantes :

- Règles BAEL 91 révisées 99 : « Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode aux états limites » ;
- Règles NV65 (DTU P06-002) : « Règles de calcul définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions » ;
- Fascicules N°62-Titre V : « Règles techniques de conception et de calcul des fondations des ouvrages de génie civil » ;
- Eurocode 3 : « Calcul des structures en acier » ;
- DTU 60.11 (DTU P40-202) : « Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et des installations d'évacuation des eaux pluviales »

V.2. CARACTERISTIQUES MECANQUES DES MATERIAUX UTILISES

V.2.1. Béton

✓ Résistances

Que ce soit pour la superstructure ou pour l'infrastructure, le béton utilisé a la même caractéristique mécanique :

Les calculs seront effectués dans l'hypothèse où la résistance caractéristique à la compression du béton à 28 jours d'âge notée : f_{c28} , est prise égale à 25MPa pour un dosage de 350kg/m³.

Et la résistance caractéristique à la traction à 28 jours d'âge est donnée par la relation :

$f_{t28} = 0,6 + 0,06 f_{c28}$, elle est évaluée à 2,1MPa. Soient :

$f_{c28} = 25 \text{ MPa}$ et $f_{t28} = 2,1 \text{ MPa}$.

✓ Modules de déformation

Le module de déformation instantanée (durée d'application des charges < 24heures) du béton à 28 jours d'âge est égal à :

$$E_{i28} = 11\,000 \sqrt[3]{f_{c28}} \quad (1)$$

Quant au cas de charges de longue durée d'application, le module de déformation différée est :

$$E_{v28} = 3700 \sqrt[3]{f_{c28}} \quad (2)$$

D'où :

$$E_{i28} = 32\,164\,MPa \text{ et } E_{v28} = 10\,819\,MPa$$

✓ Contrainte de compression :

La valeur de la contrainte de compression du béton est égale à :

$$\sigma_{bc} = f_{bu} = \frac{0.85 \cdot f_{c28}}{\theta \cdot \gamma_b} \quad (3)$$

Où : $\gamma_b = 1,5$ et $\theta = 1$ sont respectivement des coefficients qui tiennent compte de la sécurité (cas de combinaison fondamentale) et de l'influence de la durée d'application (cas où $t > 24h$).

Ainsi :

$$\sigma_{bc} = f_{bu} = 14.17\, [MPa]$$

La contrainte maximale de compression du béton est limitée à

$$\overline{\sigma}_{bc} = 0,6 \cdot f_{c28} \quad (4)$$

$$\overline{\sigma}_{bc} = 15\, [MPa]$$

V.2.2. Acier

✓ Superstructure et infrastructure

La superstructure et l'infrastructure étant entièrement en béton armé (B.A), les aciers utilisés sont des barres à hautes adhérence (HA) avec une limite d'élasticité garantie $f_e = 400\, MPa$.

La contrainte admissible de l'acier à l'ELU et la contrainte de calcul à l'ELS dans le cas de fissuration peu préjudiciable (FPP) sont données par la relation :

$$\sigma_s = f_{ed} = \frac{f_e}{\gamma_s} \quad (5)$$

Où : $\gamma_s = 1,15$ est le coefficient de sécurité pour l'acier

Ainsi

$$\sigma_s = \frac{400}{1.15} = 347,82\, [MPa]$$

La contrainte admissible à l'ELS dans le cas de fissuration préjudiciable (FP) :

$$\overline{\sigma}_s = \text{Min} \left\{ \frac{3}{2} f_e; \max(0.5 f_e; 110 \sqrt{n f_{t28}}) \right\} \quad (6)$$

Avec : $\eta = 1,6$: Coefficient de fissuration pour les aciers HA avec $\emptyset \geq 6mm$

Ainsi, $\bar{\sigma}_s = 201.6 \text{ MPa}$

Les enrobages à considérer sont les suivants :

- $c = 2,5 \text{ cm}$; En superstructure,
- $c = 4 \text{ cm}$; En infrastructure

CHAPITRE VI. PREDIMENSIONNEMENT

Le prédimensionnement consiste à donner les dimensions des différents éléments de la superstructure (dalle, poutre, poteau, ...) à partir de formules empiriques. Il faut noter que ces dimensions ne sont pas forcément définitives. Néanmoins, elles permettent d'effectuer la descente de charges ainsi que le calcul des sollicitations dans la structure, des étapes impossibles sans le prédimensionnement.

VI.1. PLANCHER

Il existe plusieurs types de plancher en béton armé, à savoir :

- La dalle pleine ;
- Le plancher à corps creux ;
- Le plancher avec prédalles ;
- La dalle avec coffrage perdu en tôles ou bacs en acier.

Pour le présent projet, le type de plancher choisi est « **la dalle pleine** » coulée sur place. Au niveau structure, ce type de plancher permet de mieux solidariser l'ossature du bâtiment. Les épaisseurs minimales suivantes sont à respecter, dans le cas d'une dalle pleine, pour assurer une résistance au feu acceptable et une isolation acoustique.

Tableau 5 Epaisseurs minimales d'une dalle pleine selon les normes indiquées

Norme à respecter	Résistance au feu : 2 h	Isolation acoustique
Epaisseur [cm]	> 15	> 11

Le prédimensionnement dépend le rapport $\alpha = \frac{l_x}{l_y}$ où l_x : largeur du plancher et l_y : sa longueur

Prenons le panneau le plus large qui a pour dimension :

$$l_x = 4.40[\text{m}] \text{ et } l_y = 5.40[\text{m}]$$

Le rapport $\alpha = \frac{l_x}{l_y} = 0.81$ est supérieur à 0,4 ; dans ce cas, le panneau de la dalle porte sur deux sens ; son épaisseur sera définie par la relation suivante :

$$\frac{\sqrt{(l_x * l_y)}}{35} \leq e \leq \frac{\sqrt{(l_x * l_y)}}{25} \quad (7)$$

Avec : $\sqrt{l_x * l_y} = 4.87 \text{ m}$ D'où : $0.14 \text{ m} \leq e \leq 0.19 \text{ m}$.

Ainsi, l'épaisseur de la dalle à adopter est :

- RDC et étages courants : $e = 18 \text{ cm}$;
- Partie mezzanine et la toiture terrasse $e = 14 \text{ cm}$.

VI.2. POUTRES

Les poutres du présent projet sont en béton armé de section rectangulaire.

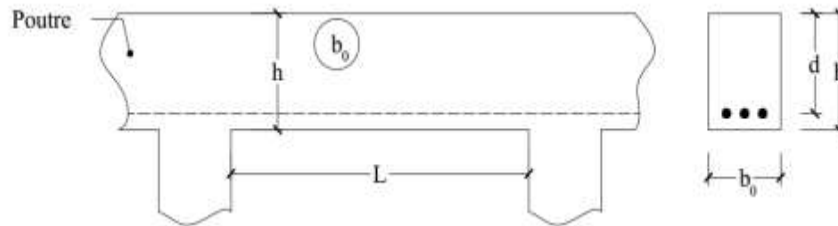


Figure 3. Dimensions d'une poutre

Elles sont prédimensionnées en fonction de leur plus grande portée.

Les formules de prédimensionnement à utilisées sont :

$$\frac{L}{16} \leq h \leq \frac{L}{10} \quad (8)$$

$$0,3h \leq b_0 \leq 0,6h \quad (9)$$

VI.2.1. Poutre longitudinale

Tableau 6. Détermination de la hauteur de la poutre longitudinale

L(m)	L/16(m)	L/10(m)	h choisi (m)
4,40	0,27	0,44	0,40

VI.2.2. Poutre transversale

Tableau 7. Détermination de la hauteur de la poutre transversale

L [m]	L/16 [m]	L/10 [m]	H choisi [m]
5.40	0,34	0,54	0,45

La base d'une poutre doit vérifier l'inégalité suivante

$$0,3h \leq b_0 \leq 0,6h$$

$$0,3 * 0,45 \leq b_0 \leq 0,6 * 0,45$$

$$0,14 \leq b_0 \leq 0,27$$

Prenons la base de la poutre égale à 0,20 [m] même dimension que l'épaisseur du mur sans enduit.

Pour une bonne conformité de la structure et une raison architecturale, nous prendrons des dimensions identiques pour les poutres longitudinales et transversales.

Soit : **h = 45 cm et b = 20 cm.**

VI.3. POTEAUX

VI.3.1. Condition de non-flambement

Dans notre cas, les poteaux sont de forme rectangulaire, alors, il faut satisfaire à la condition de non-flambement : $\frac{l_f}{a} \leq 14.4$ (10)

Correspondant à un élancement $\lambda \leq 50$ avec: $l_f = 0.7 * l_0$ car on a des poteaux à la fois articulés et encastrés aux deux bouts ; poteaux à intérieur.

l_f : Longueur de flambement

l_0 : Longueur libre du poteau

La longueur l_f et l_0 du poteau sont montrées par le tableau ci- dessous :

Pour une meilleure sécurité, la vérification de non-flambement est faite par la dimension $a = 25$ cm

Tableau 8. Vérification de la condition de non-flambement

Niveaux	l_0	l_f	l_f/a	Condition
RDC	3.5	2.45	12.25	Vérifiée
Etage courant	3.06	2.14	10.71	Vérifiée

VI.4.2. Détermination des dimensions

Le prédimensionnement des poteaux est réalisé avec les relations suivantes :

$$B = a * b \geq \frac{N}{0.9 * \overline{\sigma}_{bc}} \quad (11)$$

$$N = n * q * S \quad (12)$$

Avec :

B : Section du poteau

$\overline{\sigma}_{bc}$: la contrainte admissible en compression de la formule (4)

N : effort normal de compression

n : Nombre de niveau supporté par le poteau

q : charge moyenne supportée par un plancher d'étage, comprise entre 10 KN /m² et 15 KN/m². Pour le présent cas, la charge prise en compte est 15 KN/m².

S : Surface d'influence du poteau

Dans toute la suite, l'étude se portera sur les poteaux de la file la plus chargée : axe n°3.

Nous allons prédimensionner le poteau intérieur [D-3] et poteau de rive [E-3].

Tableau 9. Section des poteaux intérieurs

Etage	n	L [m]	l [m]	S [m ²]	N [MN]		B [m ²]	a [m]	B/a [m]	Section [cm ²]
RDC	7	5,5	4,6	25,3	2,6565	14,17	0,21	0,45	0,46	50*50
R+1	6	5,5	4,6	25,3	2,277	14,17	0,18	0,40	0,45	45*45
R+2	5	5,5	4,6	25,3	1,8975	14,17	0,15	0,40	0,37	40*40
R+3	4	5,5	4,6	25,3	1,518	14,17	0,12	0,30	0,40	30*40
R+4	3	5,5	4,6	25,3	1,1385	14,17	0,09	0,25	0,36	25*40
R+5	2	5,5	4,6	25,3	0,759	14,17	0,06	0,25	0,24	25*25
R+6	1	5,5	4,6	25,3	0,3795	14,17	0,03	0,25	0,12	25*25

Tableau 10. Section des poteaux de rive

Etage	n	L [m]	l [m]	S [m ²]	N [MN]	$\bar{\sigma}_{bc}$ [MPa]	B [m ²]	a [m]	B/a [m]	Section [cm ²]
RDC	7	4,6	2,7	12,42	1,3041	14,17	0,10	0,25	0,41	25*50
R+1	6	4,6	2,7	12,42	1,1178	14,17	0,09	0,25	0,35	25*40
R+2	5	4,6	2,7	12,42	0,9315	14,17	0,07	0,25	0,29	25*30
R+3	4	4,6	2,7	12,42	0,7452	14,17	0,06	0,25	0,23	25*30
R+4	3	4,6	2,7	12,42	0,5589	14,17	0,04	0,25	0,18	25*25
R+5	2	4,6	2,7	12,42	0,3726	14,17	0,03	0,25	0,12	25*25
R+6	1	4,6	2,7	12,42	0,1863	14,17	0,01	0,25	0,06	25*25

VI.4. MURS EN BETON BANCHE

Il n'y a pas de prédimensionnement proprement dit pour les voiles. Toutefois, il est spécifié dans les clauses du DTU 23.1 relatif aux murs en béton banché que l'épaisseur minimale d'un voile est fixée à 15cm, sauf exception. Les valeurs courantes étant de 15cm à 20cm, une épaisseur de 18cm permettrait d'assurer une isolation acoustique suffisante et de supporter efficacement les charges appliquées à l'ouvrage, dans le respect des dispositions d'armatures requises. Prenons une épaisseur de 18 cm pour le mur enterré et tous les voiles en BA de la cage d'ascenseur.

VI.5. ESCALIERS

Ses dimensions doivent respecter la relation de Blondel : $g + 2h = 60 \text{ à } 64 \text{ cm}$

Les valeurs moyennes de h et g sont :

$$27 \text{ cm} \leq g \leq 30 \text{ cm} \quad (13)$$

$$16,5 \text{ cm} \leq h \leq 17,5 \text{ cm} \quad (14)$$

Après calculs, les caractéristiques des escaliers sont récapitulées dans les tableaux suivants :

Tableau 11. Caractéristiques de l'escalier de RDC

Hauteur de l'étage (m)	3.5
Hauteur des marches « h » (cm)	17.5
Giron « g » (cm)	27
Nombre des marches « n »	20
Emmarchement « E » (m)	1.30
Epaisseur de la paillasse « ep » (cm)	15

Tableau 12 .Caractéristiques de l'escalier principal de l'étage courant.

Hauteur de l'étage (m)	3.06
Hauteur des marches « h » (cm)	17
Giron « g » (cm)	28
Nombre des marches « n »	18
Emmarchement « E » (m)	1.30
Epaisseur de la paillasse « ep » (cm)	15

CHAPITRE VII. CALCUL DES ACTIONS

En général, le bâtiment est soumis à deux différentes actions. On peut distinguer :

- Les charges horizontales dues aux effets de vent ;
- Les charges verticales qui comprennent les poids propres de la structure et les surcharges.

VII.1. CHARGES HORIZONTALES : EFFET DU VENT

Dans ce présent projet, les règles NV 65 sont utilisées pour l'étude des effets du vent sur la superstructure.

Madagascar est divisé en 4 zones classées de 1 à 4 selon la vitesse du vent. Ces subdivisions sont montrées dans l'ANNEXE B.1. En ce qui concerne la Région Analamanga qui abrite le site du projet, elle appartient à la **zone 3** dont les valeurs des paramètres sont illustrées dans le tableau suivant :

Tableau 13. Vitesse du vent et pression dynamique de base dans les 4 zones

	Vent (km/h)		Pression dynamique de base (kN/m ²)	
	Normal	Extrême	Normal	Extrême
Zone 1	266	350	3,36	5,88
Zone 2	216	284	2,08	3,64
Zone 3	162	212	1,24	2,17
Zone 4	126	165	0,75	1,31

Source : [9]

VII.1.1. Caractéristiques du bâtiment

Pour le calcul de l'effet du vent, le bâtiment est assimilé à une construction prismatique à base rectangulaire pour pouvoir appliquer les règles de la NV65 supposant le vent comme une masse d'air en mouvement.

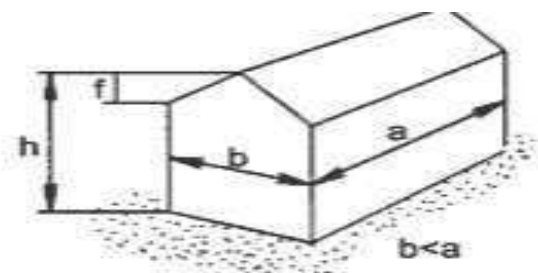


Figure 4. Caractéristiques du bâtiment

Ainsi, les différentes dimensions nécessaires pour l'étude sont :

H = 22,36 m : Hauteur de la construction ;

a = 30.5 m : Plus grande dimension horizontale d'une construction à base rectangulaire;

b = 19.1 m : Plus petite dimension horizontale d'une construction à base rectangulaire ;

f = 0 m : Flèche de la toiture.

VII.1.2. Coefficients Correcteurs des pressions dynamiques de base

✓ Effet de hauteur K_h

Le coefficient K_h tenant compte de l'effet de la hauteur H au-dessus du sol est donné par la relation suivante :

$$K_h = \frac{q_H}{q_{10}} = 2,5 * \frac{H+18}{H+60} \quad (\text{Selon N.V. 65 RIII 1241}) \quad (15)$$

Avec :

q_H : la pression dynamique agissant à la hauteur H au-dessus du sol exprimé en mètre ;

q_{10} : la pression dynamique de base à 10 mètres de hauteur donnée dans le tableau 13.

D'où $K_h = 1,23$

✓ Effet des dimensions δ

La plus grande dimension du maître-couple est $a = 22.36$ m et la hauteur H reste inférieure à 30 m, donc, δ est constante, Ainsi, la lecture de l'abaque à l'ANNEXE B.2 qui est la figure R-III.2du NV65 permet d'obtenir $\delta = 0.71$ ($\delta=0,71$, cas à Antananarivo)..

✓ Effet de site K_s

En fonction de la nature du site d'implantation, la valeur de la pression dynamique doit être multipliée par un coefficient de site égal à :

- $K_s = 0.8$ pour le site protégé ;
- $K_s = 1$ pour le site normal ;
- $K_s = 1.2$ pour le site exposé

Comme notre bâtiment se trouve en haut plateau présentant une faible dénivellation, nous prendrons donc $K_s = 1$.

✓ Effet de masque k_m

On admet qu'une construction est dite soumise à l'effet de masque lorsqu'elle est partiellement ou totalement masquée par d'autres constructions. Dans notre cas, le bâtiment à construire n'est pas soumis à cet effet mais par souci de sécurité, nous allons prendre $K_m = 1$.

VII.1.3. Actions statiques exercées par le vent

✓ Rapport des dimensions

Pour une direction de vent donnée, le rapport de dimension λ est le rapport de la hauteur H de la construction à la dimension horizontale de la face frappée. Suivant la face ces rapports de dimensions ont pour expression :

$$\lambda_a = \frac{H}{a} \quad \text{et} \quad \lambda_b = \frac{H}{b}$$

$$- \lambda_a = 0,73$$

$$- \lambda_b = 1,17$$

✓ Coefficient γ_0

Ce coefficient est fonction de la direction du vent et des rapports de dimensions λ et du rapport $\frac{a}{b}$ et $\frac{b}{a}$. La lecture de l'abaque R-III-5 du NV 65 donné à l'ANNEXE B.3 permet d'obtenir :

- pour le vent normal à grande face S_a : $0,5 \leq \lambda_a \leq 2,5$ et $\frac{a}{b} = 1,60$ d'où $\gamma_0 = 1$
- pour le vent normal à petite face S_b : $1 \leq \lambda_b \leq 2,5$ et $\frac{b}{a} = 0,63$ $\gamma_0 = 1$

✓ Actions extérieures

Pour une construction, la face extérieure de ses parois est soumise à :

- des succions ou dépressions, si les parois sont dites « sous le vent »
- des pressions ou surpressions, si elles sont « faces au vent »

Ces actions, nommées « actions extérieures », sont caractérisées par le coefficient C_e . Pour les parois verticales, on a :

Tableau 14. Valeurs du coefficient C_e

Orientation de la paroi	Formule	Vent normal a la Grande face S_a	Vent normal a la Petite face S_b
Au vent	0,8	0,8	0,8
Sous le vent	$-(1,35 * \gamma_0 - 0,8)$	- 0,5	- 0,5

✓ Actions intérieures

Les actions intérieures sont caractérisées par des coefficients C_i calculés en fonction de la perméabilité des parois. Comme notre bâtiment est considéré comme entièrement fermé, on a :

Tableau 15. Valeurs du coefficient C_i

Orientation de la paroi	Formule	Vent normal a la Grande face S_a	Vent normal a la Petite face S_b
Surpression	$c_i = 0,6 * (1,8 - 1,3 * \gamma_0)$	0,3	0,3
Dépression	$c_i = -0,6 * (1,3 \gamma_0 - 0,8)$	-0,3	-0,3

✓ Combinaison de $(C_e - C_i)$

Ces figures suivantes illustrent les différentes combinaisons d'actions $(C_e - C_i)$

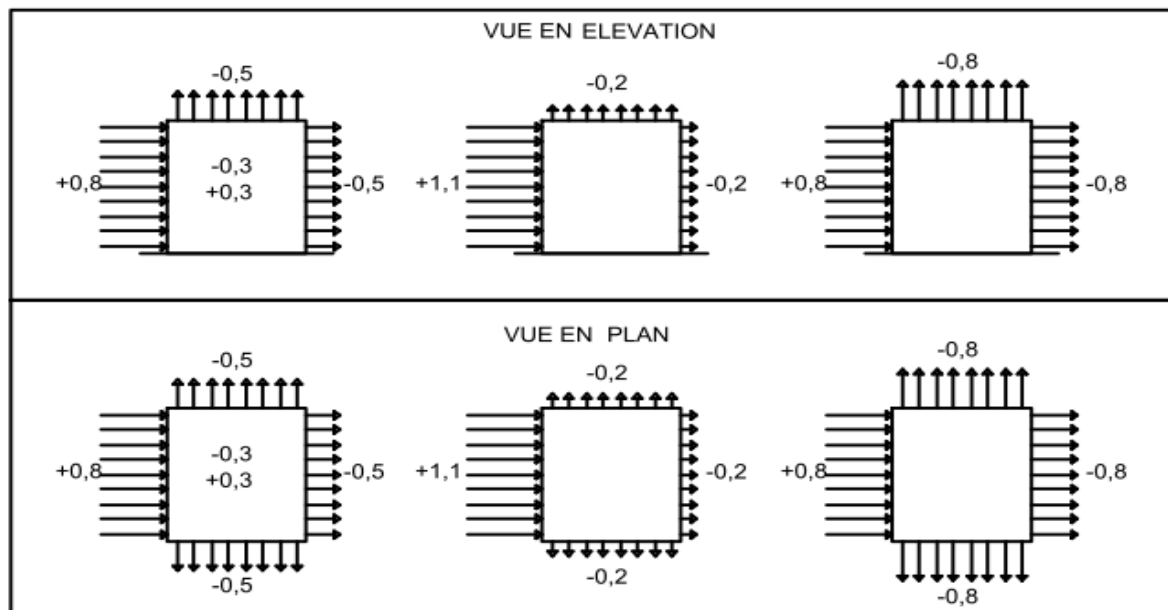


Figure 5. Combinaison de $(C_e - C_i)$ si vent normal à S_a

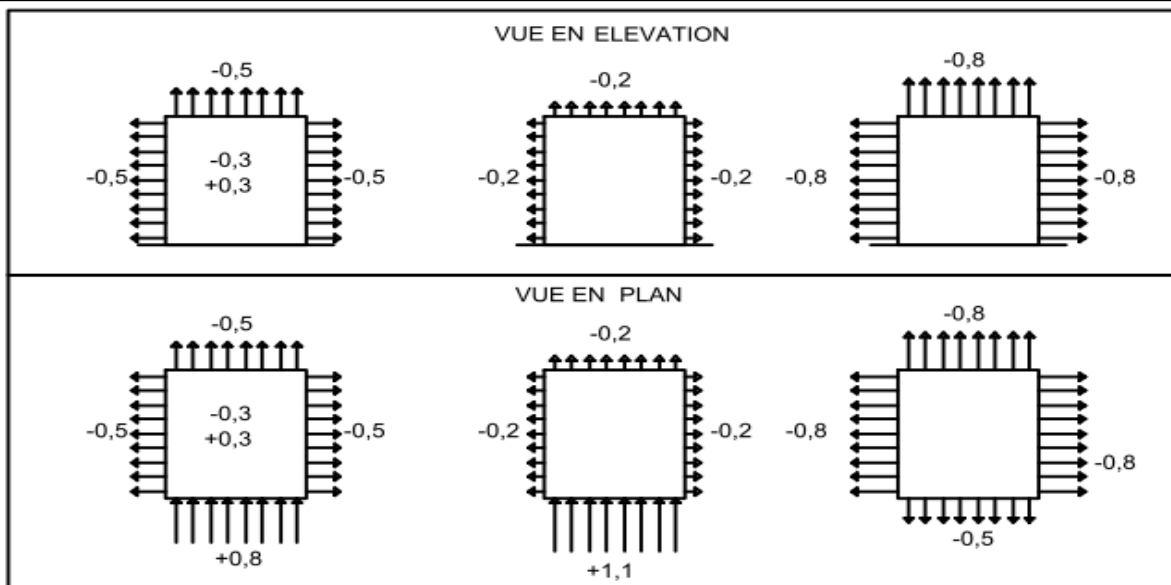


Figure 6. Combinaison de $(C_e - C_i)$ si vent normal à S_b

Nous avons donc les valeurs maximales de $(C_e - C_i)$ qui entreront dans le calcul des actions statiques du vent :

Tableau 16. Valeurs maximales de $(C_e - C_i)$

	Grande face	Petite face
Surpression	1,1	1,1
Dépression	-0,8	-0,8

VII.1.4. Pression statique corrigée

Soit la pression dynamique de base corrigée :

$$q_d = q_{10} \times K_h \times K_s \times K_m \times \delta$$

La pression statique corrigée q_c est donnée par la formule :

$$q_c = q_d \times (C_e - C_i)$$

Après calcul, le tableau suivant récapitule tous les résultats et les valeurs en caractère gras

❖ Vent normal $q_d = 107.86 \text{ daN/m}^2$:

Tableau 17. Pression statique corrigée pour la pression de vent normal

	Grande face	Petite face
Surpression [daN/ m ²]	118,64	118,64
Dépression [daN/ m ²]	86,28	86,28

❖ Vent extrême $q_d = 188.75 \text{ daN/m}^2$:

Tableau 18. Pression statique corrigée pour la pression de vent extrême

	Grande face	Petite face
Surpression [daN/m^2]	207,63	207,63
Dépression [daN/m^2]	151	151

VII.1.5. Actions dynamiques exercées par le vent

Le paramètre le plus important dans la considération des actions dynamiques dues au vent est la période d'oscillation T de la structure.

Pour les bâtiments d'habitation avec contreventement par ossature de béton armé :

$$T = 0,09 \cdot \frac{H}{\sqrt{l_x}}$$

Avec :

l_x : Longueur (a ou b) du bâtiment parallèle au vent en mètre.

Le tableau suivant donne les valeurs de T :

Tableau 19. Période d'oscillation de la structure dans la direction étudiée

Direction du vent	Normal à S_a	Normal à S_b
l_x [m]	19,10	30,50
T [s]	0,46	0,36

▪ Actions parallèles à la direction du vent

Selon le cas, la pression dynamique normale ou extrême est majorée par un coefficient au moins égal à 1.

☞ Cas des surcharges normales

Le coefficient de majoration en question est : $\beta = \theta(1 + \xi \cdot \tau)$

ξ : Coefficient de réponse (Voir abaque R-III-3 du NV 65 à l'ANNEXE B.5)

θ : Coefficient global dépendant du type de construction, dans ce cas, pour $H \leq 30 \text{ m}$

τ : Coefficient de pulsation (Voir abaque R-III-4 du NV 65 à l'ANNEXE B.6)

Le tableau suivant donne les valeurs de β :

Tableau 20. valeurs de β

direction du vent	normal à S_a	normal à S_b
ξ	0,30	0,21
θ	0,70	0,70
τ	0,34	0,34
β	0,77	0,75

Le coefficient β à adopter doit être au moins égal à l'unité, or les valeurs ainsi obtenues sont inférieures à 1. D'où : $\beta = 1$. C'est-à-dire que la pression dynamique normale reste inchangée.

☞ Cas des surcharges extrêmes

Le coefficient de majoration correspondant est $\left[0.5 + \frac{\theta}{2}\right]\beta$ Les valeurs de ce dernier sont respectivement 0,655 et 0,638 pour un vent normal à S_a et S_b . Donc, il n'y a pas de majoration à apporter pour la pression dynamique extrême même dans des cas de surcharges extrêmes.

▪ Actions perpendiculaires à la direction du vent

Les actions dynamiques agissant perpendiculairement à la direction du vent sont à craindre surtout pour les constructions hautes et élancées. Cependant, la théorie de Karman permet de définir précisément s'il y a risque de résonance ($T = T_K$) ou non :

$$T_K = \frac{d}{S.V} \quad \text{D'où, } V_{cr} = \frac{d}{S.T}$$

T : Période des tourbillons

d : Largeur du maître-couple

S : Nombre de Strouhal pris entre 0,25 à 0,30 ; à défaut de données, il est pris égal à 0,30

V : Vitesse du vent

Le tableau suivant donne les vitesses critiques V_{cr} du vent pour lesquelles $T = T_K$

Tableau 21. Vitesse de mise en résonance

Direction du vent	d [m]	S	T [s]	V_{cr} [m/s]
Parallèle à S_a	19,30	0,30	0,460	139,71
Parallèle à S_b	30,50	0,30	0,364	279,01

Les vitesses critiques sont suffisamment éloignées de la vitesse du vent pour la zone 3 (vitesse normal : 162 km/h soit 45 m/s), alors, il n'y a pas lieu d'effectuer un calcul à la résonance.

VII.2. CHARGES PERMANENTES

La référence utilisée est la norme NF P 06-004.

Tableau 22. Poids des matériaux

Matériaux de constructions	Poids unitaire	Unités
Béton armé	25.00	KN/m ³
Béton non armé	22.00	KN/m ³
Acier	78.50	KN/m ³
Enduit en mortier de liant hydraulique (par cm)	0.18	KN /m ²
Étanchéité multicouche (e = 2 cm)	0.12	KN /m ²
Gravillon pour protection d'étanchéité (par cm)	0.20	KN/m ³
Chape et revêtement	1.00	KN /m ²
Agglo 10x20x50	1.35	KN /m ²
Agglo 20x20x50	2.70	KN /m ²
Cloison	1.00	KN /m ²
Faux plafond en placoplâtre	0.25	KN/m ²
Garde-corps métallique (type léger)	0.10	KN /ml

L'évaluation des charges permanentes est représentée dans le tableau suivant :

Tableau 23. Evaluation des charges permanentes :

Eléments de structure	Désignation	Charges	Unités
Toiture terrasse inaccessible	Dalle pleine de 14 cm	3,5	kN/m ²
	Forme de pente (e = 5 cm)	1,1	
	Etanchéité	0,12	
	Gravillon pour protection d'étanchéité (par cm)	0,01	
	Enduit	0,18	
	TOTAL	4,91	
Plancher étage courant	Dalle pleine de 18 cm	4,5	kN/m ²
	Faux plafond	0,25	
	Chape et revêtement	1,00	
	TOTAL	5,75	
Escalier R+4	Paillasse de 12 cm ($\alpha=33,7^\circ$)	3,61	kN/m ²
	Chape et revêtement	1	
	Marche	1,98	
	Total ramené à l'horizontal	6,47	
	Garde-corps métallique	0,1	
Maçonnerie en aggro 23 cm	Agglo 20x20x50	2,7	kN/m ²
	Enduit en mortier 1.5cm pour chaque face	0,54	
	TOTAL	3,24	
Maçonnerie en aggro 13 cm	Agglo 10x20x50	1,35	kN/m ²
	Enduit en mortier 1.5cm pour chaque face	0,54	
	TOTAL	1,89	
Cage d'ascenseur	Voile de 20cm	5	kN/m ²
	Enduit en mortier 1.5cm pour chaque face	0,54	
Poutre en B.A	Poutre 20x45	2,25	KN/ml
Poteau en B.A	Poteau 25x25	1,56	kN/ml
	Poteau 25x30	1,88	
	Poteau 25x40	2,50	
	Poteau 25x50	3,13	
	Poteau 30x40	3,00	
	Poteau 40x40	4,00	
	Poteau 45x45	5,06	
	Poteau 50x50	6,25	

VII.3. SURCHARGES D'EXPLOITATION

Les charges d'exploitation prises en compte sont celles indiquées dans le NF P 06-001 et sont données dans le tableau ci-après :

Tableau 24. Charges d'exploitations selon la nature des locaux

Nature du local	Charge	Unité
Toiture terrasse non accessible	1.00	KN/m ²
Chambres	1.50	KN/m ²
Escalier	2.50	KN/m ²
Garde-corps	1.00	KN/m ²
Salle d'eau et WC	2.50	KN/m ²
Cuisine	2.50	KN/m ²
Dégagement	5.00	KN/m ²
Couloir	2.50	KN/m ²
Débarras	2.50	KN/m ²
Parking	2.50	KN/m ²

VII.4. COMBINAISONS D'ACTIONS

Pour le cas des bâtiments, les combinaisons d'actions à considérer en situation d'exploitation sont les suivantes :

□ Cas où la charge d'exploitation Q est dominante :

$$\Rightarrow A \text{ l'ELU} : 1,35G + 1,50Q + W \quad (20)$$

$$\Rightarrow A \text{ l'ELS} : G + Q + 0,77 W \quad (21)$$

□ Cas où le vent W est dominant :

$$\Rightarrow A \text{ l'ELU} : 1,35G + 1,50W + Q \quad (22)$$

$$\Rightarrow A \text{ l'ELS} : G + W + 0,87Q \quad (23)$$

G : Charges permanentes

Q : Charges d'exploitations

W : Action du vent

Il est à noter que les actions accidentelles (séismes, action du feu, etc.) ne sont à prendre en compte que si le marché le prévoit.

VII.5. DESCENTE DE CHARGES

Quelles que soient les charges appliquées sur la structure : charges horizontales ou charges verticales, le cheminement des charges ramène ces derniers aux poteaux du niveau la plus basse et ainsi aux fondations.

VII.5.1. DESCENTE DES CHARGES DUES AUX CHARGES VERTICALES

Dans ce paragraphe nous allons exposer la descente des charges sur l'axe la plus chargée : axe n°3. Cette file comporte 5 poteaux : A3, B3, C3, D3 et E3.

La figure suivante illustre les numérotations des niveaux et les poteaux sur la file 3 pour la descente des charges :

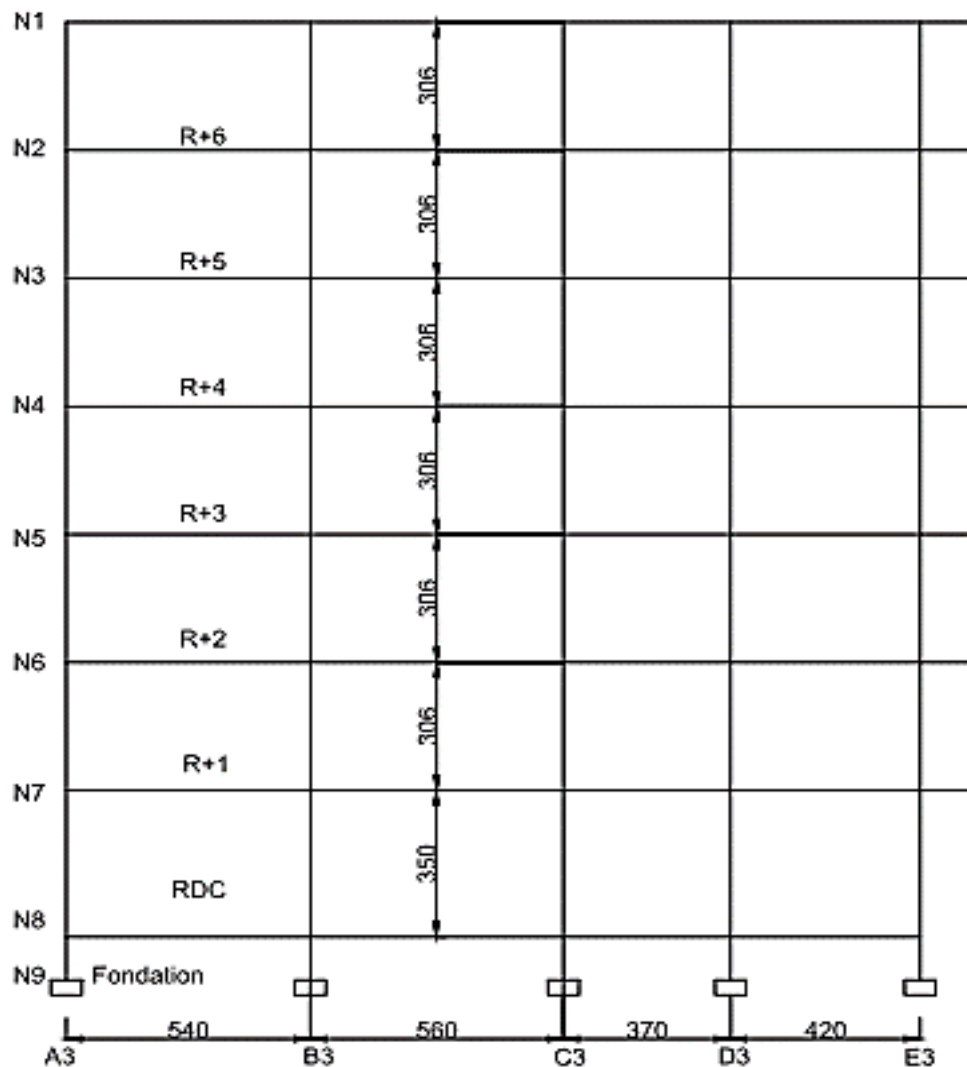


Figure 7. Schéma de calcul pour la descente des charges

Nous allons illustrer dans ce paragraphe les détails de descente de charges pour le poteau B3 (plus chargé), pour les autres nous allons seulement présenter les résultats dans les tableaux de récapitulations. Les autres cas sont en annexe C.

Descente de charge du poteau B3

Le calcul se résume dans le tableau suivant :

Tableau 25.descente de charge du poteau

POTEAU B3										
Désignation	Dimensions			Charge unitaire			Charge totale		Charge cumulée	
	Longueur[m]	Hauteur [m]	Surface [m²]	Unité	G	Q	G [daN]	Q [daN]	G [daN]	Q [daN]
Niveau N0										
Toiture terrasse inaccessible	4,6		25,3	daN/m²	491	100	12422	2530		
Poutre	9,6			daN/ml	225		2160			
Total							14582	2530	14582	2530
Niveau N1										
Poteau 25*25		3,06		daN/ml	156		478			
Plancher	4,6		25,30	daN/m²	575	250	14548	6325		
Poutre	9,6			daN/ml	225		2160			
Maçonnerie agglos de 25	4,84	2,61	12,63	daN/m²	324		4093			
Maçonnerie agglos de 13	2,17	2,61	5,66	daN/m²	189		1070			
Total							22349	6325	36931	8855
Niveau N2										
Poteau 25*25		3,06		daN/ml	156		478			
Plancher courant	4,6		25,30	daN/m²	575	250	14548	6325		
Poutre	9,6			daN/ml	225		2160			
Maçonnerie agglos de 25	7,1	2,61	18,53	daN/m²	324		6004			
Maçonnerie agglos de 13	5,8	2,61	15,14	daN/m²	189		2861			
Total							26051	6325	62982	15180
Niveau N3										
Poteau 25*40		3,06		daN/ml	250		765			
Plancher courant	4,6		25,30	daN/m²	575	150	14548	3795		
Poutre	9,6			daN/ml	225		2160			
Maçonnerie agglos de 25	7,1	2,61	18,53	daN/m²	324		6004			
Maçonnerie agglos de 13	5,8	2,61	15,14	daN/m²	189		2861			
Total							26338	3795	89320	18975

Niveau N4									
Poteau 30*40		3,06		daN/ml	300		918		
Plancher courant	4,6		25,30	daN/m²	575	250	14548	6325	
Poutre	9,4			daN/ml	225		2115		
Maçonnerie agglos de 25	4,84	2,61	12,63	daN/m²	324		4093		
Maçonnerie agglos de 13	4,1	2,61	10,70	daN/m²	189		2022		
Total							23696	6325	113016
Niveau N5									
Poteau 40*40		3,06		daN/ml	400		1224		
Plancher courant	4,6		25,30	daN/m²	575	250	14548	6325	
Poutre	9,3			daN/ml	225		2093		
Maçonnerie agglos de 25	4,84	2,61	12,63	daN/m²	324		4093		
Maçonnerie agglos de 13	2,17	2,61	5,66	daN/m²	189		1070		
Total							23027	6325	136043
Niveau N6									
Poteau 45*45		3,06		daN/ml	506		1549		
Plancher	4,6		25,30	daN/m²	650	250	16445	6325	
Poutre	9,25			daN/ml	225		2081		
Maçonnerie agglos de 25	4,84	2,61	12,63	daN/m²	324		4093		
Maçonnerie agglos de 13	2,17	2,61	5,66	daN/m²	189		1070		
Total							25239	6325	161282
Niveau N7									
Poteau 50*50		3,5		daN/ml	625		2188		
Total							2188		163469

☞ Récapitulation des résultats

Les résultats de calcul pour la descente des charges sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau 26.Descente des charges verticales

Poteaux	A3	B3	C3	D3	E3
G [kN]	985,97	1634,69	1596,95	1198,15	1294,60
Q [kN]	161,46	379,50	302,59	283,02	197,34

VII.5.2.
DESCENTE DES CHARGES DUES AUX CHARGES HORIZONTALES

Le vent pour le présent cas, produit des efforts normaux aux niveaux des poteaux ainsi les effets du vent surchargeront le bâtiment car elles sont reprises par les portiques dans son ensemble et seront transmis jusqu'aux fondations.

Ces efforts normaux s'expriment par :

$$N_i = \frac{M}{I} * d_i * s_i \quad (24)$$

N_i : Effort normal au niveau du poteau n°i de l'étage considéré

M : Moment fléchissant dû à l'action du vent à équilibrer par les poteaux de la file considérée

I : Moment d'inertie des sections des poteaux S_i de la file considérée par rapport à l'axe horizontal passant par le centre de gravité G de l'ensemble tel que : $I = \sum S_i * d_i^2$

S_i : section du poteau au niveau i de l'étage considérée.

d_i : Distance entre le poteau i par rapport au centre de gravité G de la totalité des poteaux situés au niveau de l'étage considère.

a- Détermination de la position du centre de gravité X_G des poteaux

La distance horizontale du centre de gravité des poteaux par rapport à un point quelconque pris comme point de repère est :

$$X_G = \frac{\sum S_i * X_i}{\sum S_i} \quad (25)$$

Avec X_i : distance horizontale de l'axe de chaque poteau par rapport au repère précédent.

Et les valeurs de S_i , X_i et d_i pour le niveau N8 sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 27. Valeurs de S_i , X_i et d_i des poteaux du niveau N8

Poteaux	A3	B3	C3	D3	E3
S_i [m²]	0,125	0,225	0,225	0,225	0,125
X_i [m]	0	5,4	11	14,7	18,9
d_i [m]	10,12	4,52	1,08	4,93	8,78

Il en résulte que : $X_G = 10.12$ m

Le schéma illustrant la position du centre de gravité G est donné ci-après :

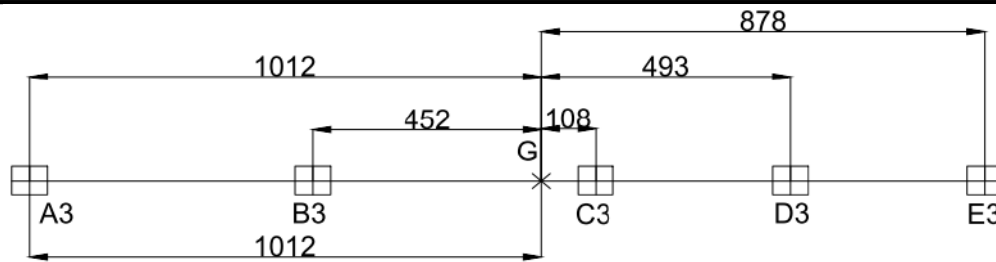


Figure 8. Position de G des poteaux du niveau N8

b- Les efforts N_i transmis à la fondation

Le moment fléchissant à équilibrer à ce niveau est : $M = q \cdot \frac{h^2}{2}$ avec $q = q_c \cdot L$

q_c : Pression dynamique extrême de calcul, ; $q_c = 2,076 \text{ [KN/m}^2\text{]}$

L_w : Largeur de la surface d'application du vent sur le portique considéré, $L_w = 4,6 \text{ [m]}$

h : Hauteur du bâtiment au-dessus du plancher du niveau considéré

Ainsi, les résultats des calculs sont donnés ci-après :

Tableau 28. Résultat de la descente des charges horizontales

Niveau	I [m ⁴]	M [kN.m]	Ni [kN]				
			A3	B3	C3	D3	E3
R+6	14,088	71,50	3,21	1,43	0,34	1,56	2,79
R+5	14,088	247,25	11,10	4,96	1,18	5,41	9,63
R+4	15,809	528,66	21,15	15,11	3,61	16,49	18,35
R+3	18,971	915,72	36,64	26,18	6,26	28,56	31,79
R+2	20,807	1408,44	51,38	48,95	11,70	53,39	44,57
R+1	27,245	2006,82	74,54	67,42	16,11	73,53	64,67
RDC	33,913	2820,78	105,22	93,99	22,46	102,51	91,29

VII.5.3. Résultats de la descente de charges

Le tableau ci-après récapitule les charges dues aux charges verticales et horizontales. On constate que la charge Q est nettement supérieure à celle de W donc les combinaisons d'actions à considérer sont celles dont Q est dominante.

Tableau 29. Descente des charges totales

Poteaux	A3	B3	C3	D3	E3
G [kN]	985,97	1634,69	1596,95	1198,15	1294,60
Q [kN]	161,46	379,50	302,59	283,02	197,34
W [kN]	105,22	93,99	22,46	102,51	91,29
ELU [kN]	1678	2870	2632	2145	2135
ELS [kN]	1228	2087	1917	1560	1562

CHAPITRE VIII. ETUDE DE LA SUPERSTRUCTURE

Le présent chapitre est consacré au dimensionnement des éléments constituant la superstructure tels que le plancher, les poutres, les poteaux, etc. Afin de justifier la stabilité des éléments étudié, notamment vis-à-vis des contraintes et des déformations, le dimensionnement est suivi d'un certain nombre de vérifications.

IX.1. PLANCHERS EN DALLE PLEINE

L'étude porte sur le panneau de dalle **D6** du niveau RDC parce qu'il a la plus grande dimension et il est aussi le plus sollicité. La dalle a pour épaisseur 18 cm et pour dimensions

$l_x = 4,40 \text{ m}$ et $l_y = 5,40 \text{ m}$

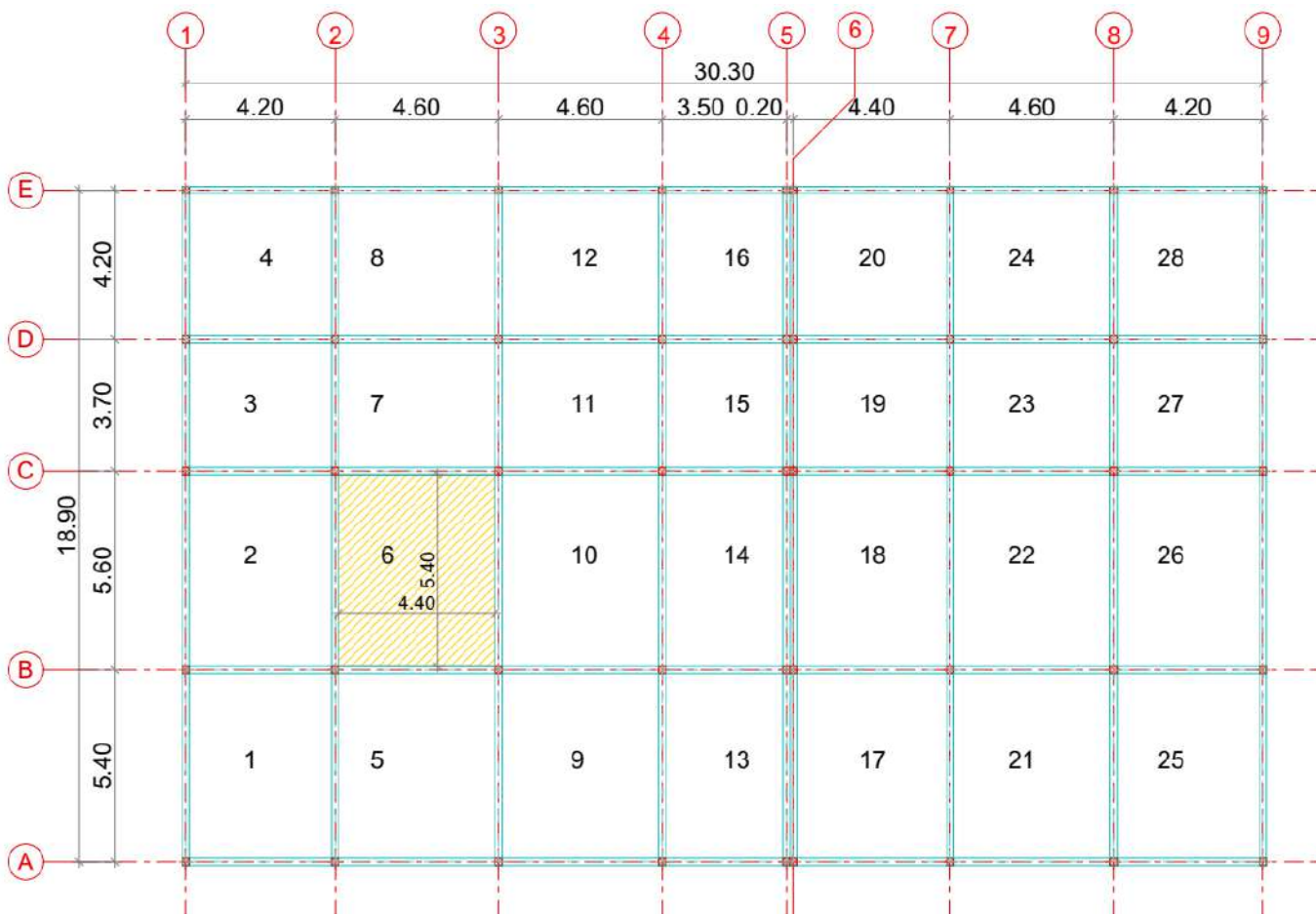


Figure 9. Dalle D2 du niveau RDC

IX.1.1. Evaluation des charges

Le tableau ci-après récapitule les charges appliquées sur le plancher trouvées dans les Tableau 21 et Tableau 22 des paragraphes VII.2 et VII.3 ainsi que les charges p_u et p_{ser} respectivement à l'ELU et à l'ELS.

$$p_u = 1,35g + 1,5q \quad (33)$$

$$p_{ser} = g + q \quad (34)$$

Tableau 30. Charges appliquées sur les dalles D5, D6, D7 et D8

Dalles	D5	D6	D7	D8
g [kN/m ²]	5,75	5,75	5,75	5,75
q [kN/m ²]	2,50	2,50	2,50	2,50
P _u [kN/m ²]	11,51	11,51	11,51	11,51
P _{ser} [kN/m ²]	8,25	8,25	8,25	8,25

Tableau 31. Charges appliquées sur les dalles D2, D6, D10, D14

Dalles	D2	D6	D10	D14
g [kN/m ²]	5,75	5,75	5,75	5,75
q [kN/m ²]	2,50	2,50	2,50	2,50
P _u [kN/m ²]	11,51	11,51	11,51	11,51
P _{ser} [kN/m ²]	8,25	8,25	8,25	8,25

IX.1.2. Calcul des sollicitations

Le calcul des moments de flexion des dalles continues peut s'effectuer par « **la méthode forfaitaire** » selon les règles BAEL 91/99. Les panneaux de dalle étudiés dans le présent cas sont des panneaux courants et des rives. Les moments s'exerçant réellement sur les panneaux de dalles sont pris égaux aux moments isostatiques affectés par des coefficients forfaitaires suivant leurs positions. Les tableaux ci-après donnent ces coefficients :

Tableau 32. Moments d'une dalle continue pour les panneaux courants

Sens l_x		Sens l_y	
Au centre	Sur le bord	Au centre	Sur le bord
$0,75M_{0x}$	$-0,5M_{0x}$	$0,75M_{0y}$	$-0,5M_{0y}$

Tableau 33. Moments d'une dalle continue pour les panneaux de rive

Sens l_x			Sens l_y		
Au centre	Sur le bord extrême	Sur le bord continu	Au centre	Sur le bord extrême	Sur le bord continu
$0,85M_{0x}$	$-0,3M_{0x}$	$-0,5M_{0x}$	$0,85M_{0y}$	$-0,3M_{0y}$	$-0,5M_{0y}$

M_{0x} et M_{0y} ont les moments de flexion par unité de longueur qui se développent dans chaque panneau considéré isostatique dans le sens de l_x et l_y . Ces moments sont donnés par les expressions suivants :

$$M_{0x} = \mu_x \cdot l_x^2 \quad (35)$$

$$M_{0y} = \mu_y \cdot M_{0x} \quad (36)$$

μ_x et μ_y sont des coefficients pouvant être lus dans la table indiquée à l'ANNEXE F ; P est la charge uniformément répartie évaluée à l'ELU ou à l'ELS.

Ainsi, les résultats des calculs sont donnés dans les tableaux ci-après :

Tableau 34. Moments fléchissant aux appuis et en travée des dalles D5, D6, D7 et D8 à l'ELU

Dalles	D5	D6	D7	D8
l_x [m]	4,4	4,4	3,5	4
l_y [m]	5,2	5,4	4,4	4,4
α	0,85	0,81	0,80	0,91
μ_x	0,051	0,055	0,057	0,045
μ_y	0,677	0,620	0,586	0,800
M_{0x} [kN.m/m]	11,44	12,19	8,01	8,28
M_{0y} [kN.m/m]	7,74	7,55	4,69	6,63
Moment de flexion	Suivant x			
M_{tx} [kN.m/m]	9,73	9,14	6,01	7,04
M_{aex} [kN.m/m]		-	-	
M_{acx} [kN.m/m]	-5,72	-6,09	-4,01	-4,14
Moment de flexion	Suivant y			
M_{ty} [kN.m/m]	6,58	5,66	3,52	5,63
M_{aey} [kN.m/m]	-2,32	-	-	-1,99
M_{acy} [kN.m/m]	-3,87	-3,78	-2,35	-3,31

Tableau 35. Moments fléchissant aux appuis et en travée des dalles D5, D6, D7 et D8 à l'ELS

Dalles	D5	D6	D7	D8
l_x [m]	4,4	4,4	3,5	4
l_y [m]	5,2	5,4	4,4	4,4
α	0,85	0,81	0,80	0,91
μ_x	0,051	0,055	0,057	0,045
μ_y	0,677	0,620	0,586	0,800
M_{0x} [kN.m/m]	8,20	8,74	5,74	5,94
M_{0y} [kN.m/m]	5,55	5,41	3,36	4,75
Moment de flexion	Suivant x			
M_{tx} [kN.m/m]	6,97	6,55	4,31	5,05
M_{aex} [kN.m/m]		-	-	
M_{acx} [kN.m/m]	-4,10	-4,37	-2,87	-2,97
Moment de flexion	Suivant y			
M_{ty} [kN.m/m]	4,72	4,06	2,52	4,04
M_{aey} [kN.m/m]	-1,66	-	-	-1,42
M_{acy} [kN.m/m]	-2,77	-2,71	-1,68	-2,37

IX.1.3. Armatures de la dalle

A partir des sollicitations du Tableau 39, les sections d'acier sont calculées sur une bande de dalle de 1,00 m de largeur dans les deux directions. La géométrie de la section est :

- Largeur : $b_0 = 1.00 \text{ m}$;
- Hauteur : $h_0 = 0.18 \text{ m}$;
- Hauteur utile : $d = 0.9 \times h = 0.9 \times 0.18 = 0.16 \text{ m}$.

Les caractéristiques des matériaux sont susmentionnées dans le chapitre V, paragraphe V.2.

Fissuration : peu préjudiciable FPP (Non exposé aux condensations ni aux intempéries)

Ainsi, le calcul sera mené à l'ELU et les vérifications se feront dans la majorité des cas à l'ELS.

a) Récapitulation des sollicitations pour le calcul de la dalle D6

Les moments sur appuis ainsi qu'en travées sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 36. Sollicitations de calcul de la dalle D6

	ELU	ELS
Moment de flexion	Suivant x	
$M_{tx} \text{ [kN.m/m]}$	9,14	6,55
$M_{aex} \text{ [kN.m/m]}$	-	-
$M_{acx} \text{ [kN.m/m]}$	-6,09	-4,37
Moment de flexion	Suivant y	
$M_{ty} \text{ [kN.m/m]}$	5,66	4,06
$M_{aey} \text{ [kN.m/m]}$	-	-
$M_{acy} \text{ [kN.m/m]}$	-3,78	-2,71

b) Condition de non-fragilité et section minimale d'armatures

Pour les aciers HA Fe E400, le taux d'armature par rapport à la section est $\rho_0 = 0,08 \%$.

Les taux minimaux d'acier ρ_x dans le sens « x » et ρ_y dans le sens « y » doivent satisfaire les inégalités suivantes :

$$\rho_x \geq \frac{3-\alpha}{2} \rho_0 \quad (37)$$

$$\rho_x \geq \rho_0 \quad (38)$$

$$\text{D'où : } \rho_x \geq \frac{3-0.81}{2} \times 0.0008 = 8.76 \times 10^{-4}$$

Les sections d'acier minimales A_{xmin} et A_{ymin} correspondant aux taux d'armatures dans les directions x et y sont :

$$A_{x\min} = b_0 \times h_0 \times \rho_x \quad (39)$$

$$A_{y\min} = b_0 \times h_0 \times \rho_y \quad (40)$$

$$\text{Ainsi : } A_{x\min} = 100 \times 18 \times 8,76 \times 10^{-4} = 1,57 \text{ cm}^2$$

$$A_{y\min} = 100 \times 18 \times 8,0 \times 10^{-4} = 1,44 \text{ cm}^2$$

c) Ecartements maximaux des armatures d'une même nappe

Les espacements maximaux $s_{t\max}$ des armatures sont donnés par les relations suivantes :

$$\text{Suivant x : } s_{tx} \leq \min(3h_0 ; 33 \text{ cm})$$

$$\text{Suivant y : } s_{ty} \leq \min(4h_0 ; 45 \text{ cm}) \text{ Ainsi :}$$

$$s_{tx} \leq 33 \text{ cm et } s_{ty} \leq 45 \text{ cm}$$

d) Sections d'armatures longitudinales sur appui et en travée

L'organigramme de calcul en flexion simple à l'ELU est donné à l'ANNEXE G. Les résultats des calculs sont récapitulés dans le tableau suivant. Et un exemple de calcul est exposé ci-après.

Dans le cas des armatures en travée suivant x :

$$M_u = 0,0091 \text{ MN.m et } M_{\text{ser}} = 0,0066 \text{ MN.m}$$

$$\gamma = \frac{0,0091}{0,0066} = 1,40 \text{ et } \mu_{bu} = \frac{0,0091}{1,00 \times 0,16^2 \times 14,17} = 0,025$$

$$\text{Or, } \mu_{lu} = 0,298$$

Donc, $\mu_{bu} = 0,027 < \mu_{lu} = 0,298$, impliquant que $A' = 0$ (Pas d'armature comprimée)

Et $\mu_{bu} = 0,027 < 0,275$, la méthode simplifiée est utilisée pour le calcul de z_b .

$$z_b = 0,16(1 - 0,6 \times 0,025) = 0,158 \text{ m}$$

$$\text{D'où, } A_u = \frac{0,0091}{0,158 \times 347,8} = 1,67 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\text{Soit } A_u = 1,67 \text{ cm}^2 > A_{x\min} = 1,57 \text{ cm}^2$$

$$\text{Ainsi, } A_{th} = 1,67 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Et les armatures réelles choisies sont 4HA8 par mètre correspondant à $A_{\text{réel}} = 2,01 \text{ cm}^2/\text{m}$

Tableau 37. Armatures réelles de la dalle D6

	Suivant x		Suivant y	
	Appui continu	Travée	Travée	Appui continu
M_u [MN.m/m]	0,0061	0,0091	0,0057	0,0038
M_{ser} [MN.m/m]	0,0044	0,0066	0,0041	0,0027
γ	1,40	1,40	1,40	1,40
μ_{bu}	0,017	0,025	0,016	0,010
Pivot	Pivot A	Pivot A	Pivot A	Pivot A

	Suivant x		Suivant y	
	Appui continu	Travée	Travée	Appui continu
μ_u	0,298	0,298	0,298	0,298
Conclusion	SSA	SSA	SSA	SSA
z_b [m]	0,158	0,158	0,159	0,159
A_u [cm ² /m]	1,11	1,67	1,03	0,68
A_{th} [cm ² /m]	1,53	1,67	1,53	1,53
$A_{réel}$ [cm ² /m]	4HA8	4HA8	4HA8	4HA8
	2,01	2,01	2,01	2,01
s_t [cm]	25	25	25	25

IX.1.4. Vérifications vis-à-vis des contraintes et des déformations

a) Vérification rapide des sections rectangulaires à l'ELS

Les moments fléchissants à l'ELS doivent être inférieurs à une limite donnée par la relation suivante :

$$M_{ser,lim} = \mu_{ser,lim} \cdot b_0 \cdot d^2 \cdot f_{c28} \quad (41)$$

Les conditions à remplir pour la lecture du tableau à l'ANNEXE I qui donne la valeur de $\mu_{ser,lim}$ sont :

- Fissuration peu préjudiciable
- Aciers HA Fe E 400
- $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$
- Valeur de μ_{bu}

Pour une valeur de $\mu_{bu} = 0,025$ correspondant au moment fléchissant de service maximale en travée $M_{ser} = 0,0066 \text{ MN. m/m}$

Donc, $\mu_{ser,lim} = 0,0465$

Ce qui donne $M_{ser,lim} = 0,019 \text{ MN. m/m} > M_{ser}$; Ainsi la section rectangulaire est vérifiée à l'ELS.

b) Vérification des contraintes

Il faut que :

$$\sigma_{bc} \leq \overline{\sigma_{bc}} \quad (42)$$

$$\text{Avec : } \sigma_{bc} = \frac{M \times y_1}{I}$$

$$\text{Où : } y_1 = -D + \sqrt{D^2 + E}$$

$$D = \frac{15 \times A}{b_0} \text{ et } E = \frac{30 \times A \times d}{b_0}$$

$$I = \frac{b_0 \times y_1^3}{3} + 15 \times A(d - y_1)^2$$

Tableau 38. Vérification des contraintes

	Suivant x	
	Appui continu	Travée
A [m ²]	0,0002	0,0002
b ₀ [m]	1,00	1,00
d [m]	0,16	0,16
D [m]	0,003	0,003
E [m]	0,0010	0,0010
y ₁ [m]	0,028	0,028
I [m ⁴]	0,000061	0,000061
M [MN,m]	0,004	0,007
σ _{bc} [Mpa]	2,02	3,03
σ _{adm} [Mpa]	15,00	15,00
conclusion	Vérifiée	Vérifiée

c) Vérification des contraintes tangentielles sur appuis

➤ Calcul des efforts tranchants

Pour $\alpha \geq 0,40$:

$$V_{ux} = \frac{Pu \cdot lx}{2(1 + \frac{\alpha}{2})} \quad (43)$$

$$V_{uy} = \frac{Pu \cdot lx}{3} \quad (44)$$

On a : $P_u = 11.51 \text{ kN/m}$

$l_x = 4,40 \text{ m}$ et $\alpha = 0,81$

Après calculs, nous avons :

$$V_{ux} = 18.00 \text{ kN et } V_{uy} = 16.88 \text{ kN}$$

Pour le présent projet, la dalle sera bétonnée sans reprise dans son épaisseur. Alors, les armatures d'âme ne sont pas nécessaires si la relation ci-après est vérifiée :

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_0 d} \leq 0.07 \frac{f_{c28}}{\gamma_b} \quad (45)$$

$$\text{La contrainte tangentielle : } \tau_u = \frac{18.00}{1.00 \times 0.16} = 0,12 \text{ MPa}$$

$$\text{La contrainte tangentielle admissible : } \tau_{adm} = 0.07 \cdot \frac{0.025}{1.5} = 1.17 \text{ MPa.}$$

Ainsi, les armatures d'âme ne sont pas nécessaires pour la dalle D6.

IX.1.5. Plan de ferrailage

Le plan de ferrailage de la dalle D6 est donné à l'ANNEXE Z.1.

IX.2. CALCUL DES STRUCTURES

L'ossature du bâtiment est constituée de poteaux et poutres. On peut recevoir l'étude en assimilant l'ossature à des portiques plans, à étudier le portique de l'axe n°3, vu qu'il est le plus chargé d'après les surfaces et les éléments tel que les poteaux.

IX.2.1. Méthode de détermination de sollicitations

Les méthodes pouvant être utilisées sont les suivantes :

- La méthode de Caquot ;
- Les méthodes de la « Résistance des Matériaux » : la méthode des rotations et la méthode de Hardy Cross.

La méthode utilisée pour le présent projet est la **méthode des rotations**, étant donné que le calcul matriciel est commode sur matrice permettant d'obtenir des résultats plus précis.

IX.2.2. Modélisation

Les portiques sont classés en 2 catégories :

- Portiques à nœuds non déplaçables ;
- Portiques à nœuds déplaçables.

Dans le présent cas, des contreventements par portique reprennent les charges horizontales.

Le portique est ainsi assimilé à un système à nœuds déplaçables.

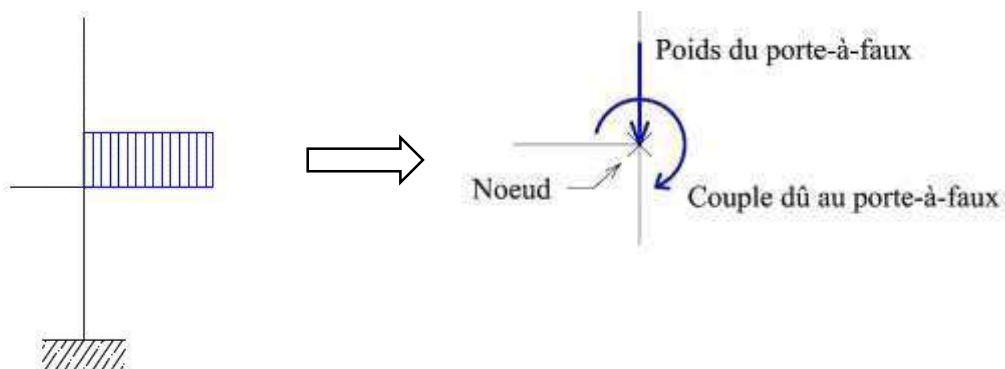


Figure 10. Modélisation des porte-à-faux

Comme l'indique la Figure 10, les porte-à-faux situés sur la façade postérieure sont transformés en couples appliqués sur les nœuds correspondants.

Les appuis du portique sont tous considérés comme des encastremements. Le système de fondation adopté (radier général) permet de satisfaire la nullité de rotations au niveau des appuis.

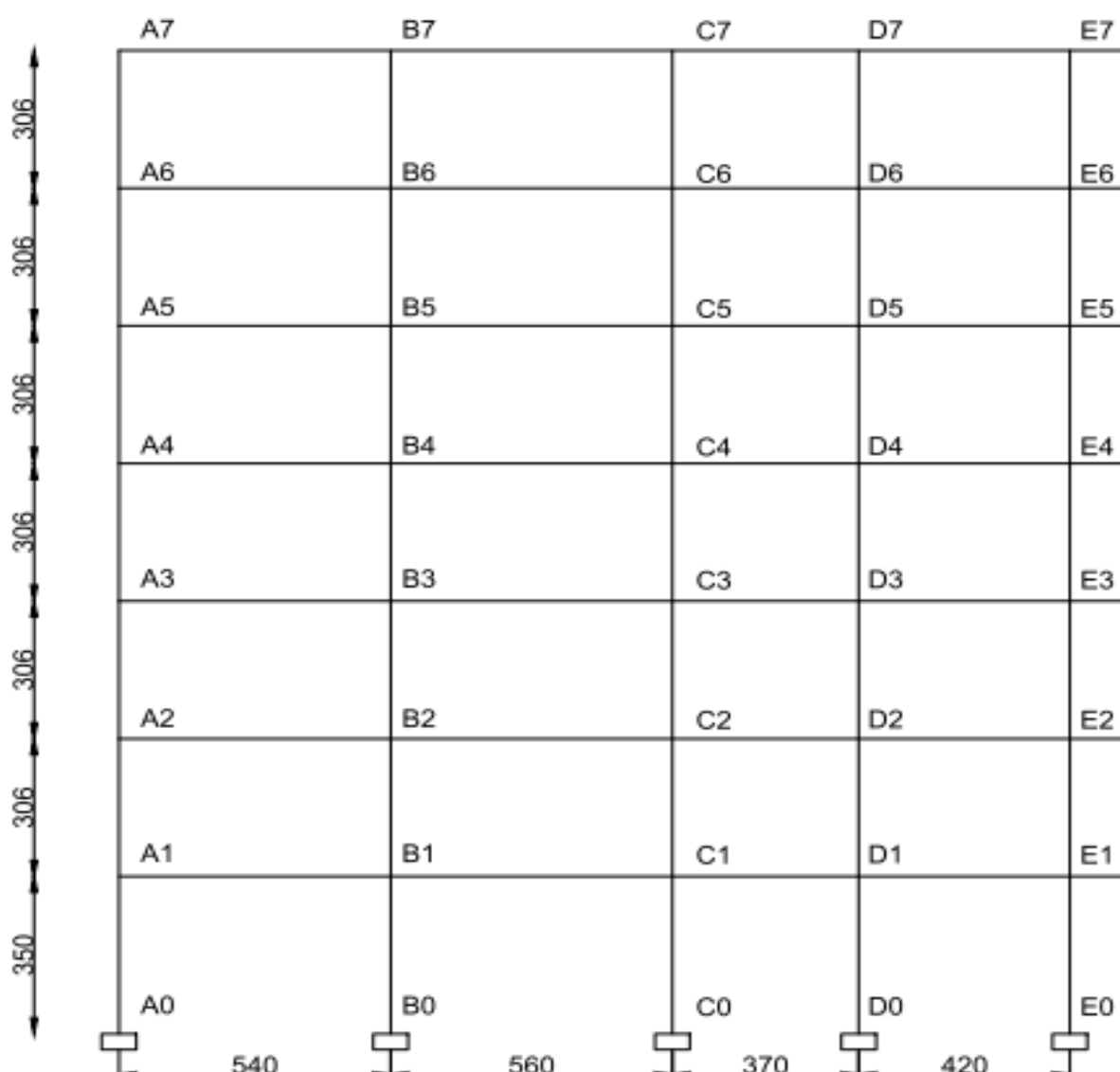


Figure 11. Représentation du portique avec numérotation des nœuds

IX.2.3. Objet de la méthode

En partant de l'équation d'équilibre de chaque nœud et l'équation d'équilibre d'ensemble, la méthode des rotations permet d'obtenir les relations matricielles suivantes :

$$[K].\{\theta\} = \{F\} \quad (46)$$

$[K]$: matrice symétrique caractéristique de la structure

$\{\theta\}$: matrice colonne des rotations des nœuds θ_i et des poutres Ω_{ij}

$\{F\}$: matrice colonne dépendant des cas de charges

La finalité de la méthode est ainsi d'obtenir les rotations des nœuds et des poutres :

$$\{\theta\} = [K]^{-1}.\{F\} \quad (47)$$

IX.2.4. Paramètres d'entrée

➤ Nombre de rotations

Le nombre total de rotations inconnues n est donné par les relations suivantes :

$$n = N + d$$

$$d = N - C$$

N : nombre de nœuds en dehors des appuis du portique

d : nombre de rotation des poutres indépendantes

C : nombre de contours

Dans notre cas :

$$N = 35 \text{ et } C = 28 \text{ donc } d = 35 - 28 = 7$$

$$n = 35 + 7 = 42$$

➤ Moments transmis aux nœuds

Les moments transmis par les nœuds i et j respectivement à gauche et à droite d'une poutre ij sont donnés par les relations :

$$M_{ij} = \mathcal{M}_{ij} + K_{ij}\theta_i + \lambda_{ij}K_{ij}\theta_j - K_{ij}(1 + \lambda_{ij})\Omega_{ij} \quad (48)$$

$$M_{ji} = \mathcal{M}_{ji} + \lambda_{ji}K_{ji}\theta_i + K_{ji}\theta_j - K_{ji}(1 + \lambda_{ji})\Omega_{ji} \quad (49)$$

$\mathcal{M}_{ij}$ et $\mathcal{M}_{ji}$: Moments d'encastrement transmis sur les nœuds i et j [kN.m] θ_i

et θ_j : Rotations des nœuds i et j

Ω_{ij} et Ω_{ji} : Rotations des poutres ij

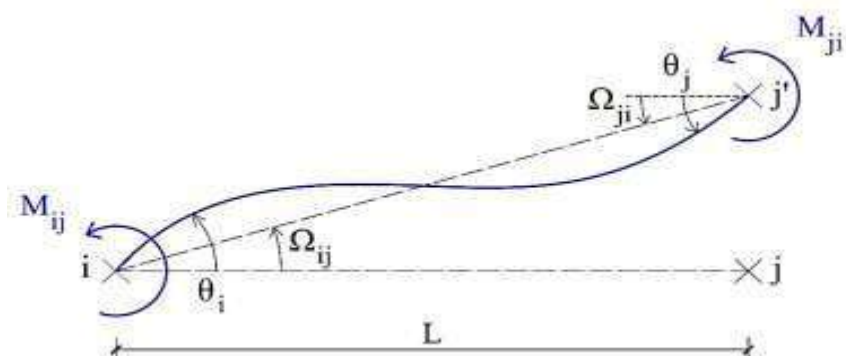


Figure 12. Moments transmis par les nœuds i et j à la poutre ij

➤ Facteur de rigidité K_{ij} et facteur de transmission λ_{ij}

Pour une poutre ou un poteau ij , les relations suivantes sont à considérer :

$$K_{ij} = K_{ji} = \frac{4EI}{L} \times \frac{1+3\lambda}{1+12\lambda} \quad (50)$$

$$\lambda_{ij} = \frac{1}{2} \times \frac{1-6\lambda}{1+3\lambda} \quad (51)$$

Avec $\lambda = \frac{6EI}{GS_i L^2}$

E : Module d'élasticité longitudinal [MPa]

G : Module de cisaillement [MPa]

I : Moment d'inertie de la section droite de la barre [m^4]

S_i : Section relative à la déformation d'effort tranchant [m^2]

L : Longueur de la poutre ou du poteau ij [m]

Il faut noter que pour des poutres suffisamment élancées $\left(\frac{L}{h} \geq 10\right) \rightarrow \lambda = 0$

➤ Moments et efforts tranchants

Les moments fléchissant en travée $M(x)$ et les efforts tranchants $V(x)$ dans la section d'abscisse x sont obtenus par les relations suivantes :

$$M(x) = \mu(x) + \left(1 + \frac{x}{L}\right) M_{ij} + \frac{x}{L} M_{ji} \quad (52)$$

$$V(x) = \tau(x) + \frac{M_{ji} - M_{ij}}{L} \quad (53)$$

$\mu(x)$ et $\tau(x)$ sont respectivement le moment fléchissant et l'effort tranchant appliqué à la poutre isostatique associée à la poutre ij à l'abscisse x .

➤ Vérification

Après avoir obtenu tous les moments M_{ij} et M_{ji} , il faut s'assurer que la somme de ces moments au niveau de chaque nœud soit nulle.

IX.2.5. Transmission des charges

➤ Sur les poutres

Les charges provenant des dalles, selon la méthode des lignes de rupture à 45° , peuvent être transformées en charges uniformément réparties équivalentes sur les travées des poutres à partir des relations suivantes :

Tableau 39. Charges uniformément réparties équivalentes

Charge \ Element	Trapèze	Triangle
P_V	$(1 - \frac{\alpha}{2}) \frac{pl_x}{2}$	$\frac{pl_x}{4}$
P_M	$(1 - \frac{\alpha^2}{3}) \frac{pl_x}{2}$	$\frac{pl_x}{3}$

Avec :

p : Charge au m^2 de dalle

P_V : Charge uniforme produisant le même effort tranchant sur appui de la poutre de référence que la charge apportée par la dalle

P_M : Charge uniforme produisant le même effort fléchissant à mi- travée de la poutre de référence que la charge apportée par la dalle

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

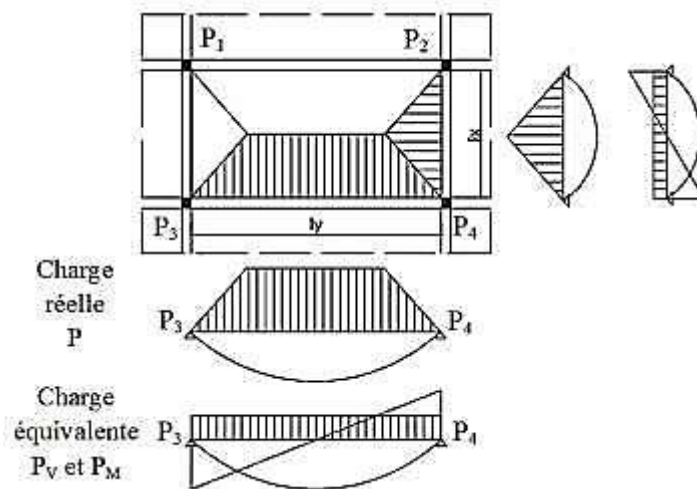


Figure 13. Répartition des charges venant du plancher

➤ Sur les poteaux

Le vent s'exerce sur une largeur d'impact $L_w = 4,60$ m. Il s'applique sur murs et est repris par le portique. $W = q_c \times L_w$

Avec q_c , étant la pression dynamique de calcul.

$$W = 2,45 \times 4,60 = 11,29 \text{ kN / ml}$$

IX.2.6. Combinaisons d'actions

Les cas de charges considérés sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 40. Cas des charges pour le calcul des sollicitations

Q dominant	
ELU	ELS
$1,35G+1,5Q$	$G+Q$
$1,35G+1,5Q+W_g$	$G+Q+0,77W_g$
$1,35G+1,5Q+W_d$	$G+Q+0,77W_d$

Ainsi, les schémas de calcul suivants sont donnés respectivement à l'ELU et à l'ELS dans le cas de Q dominant :

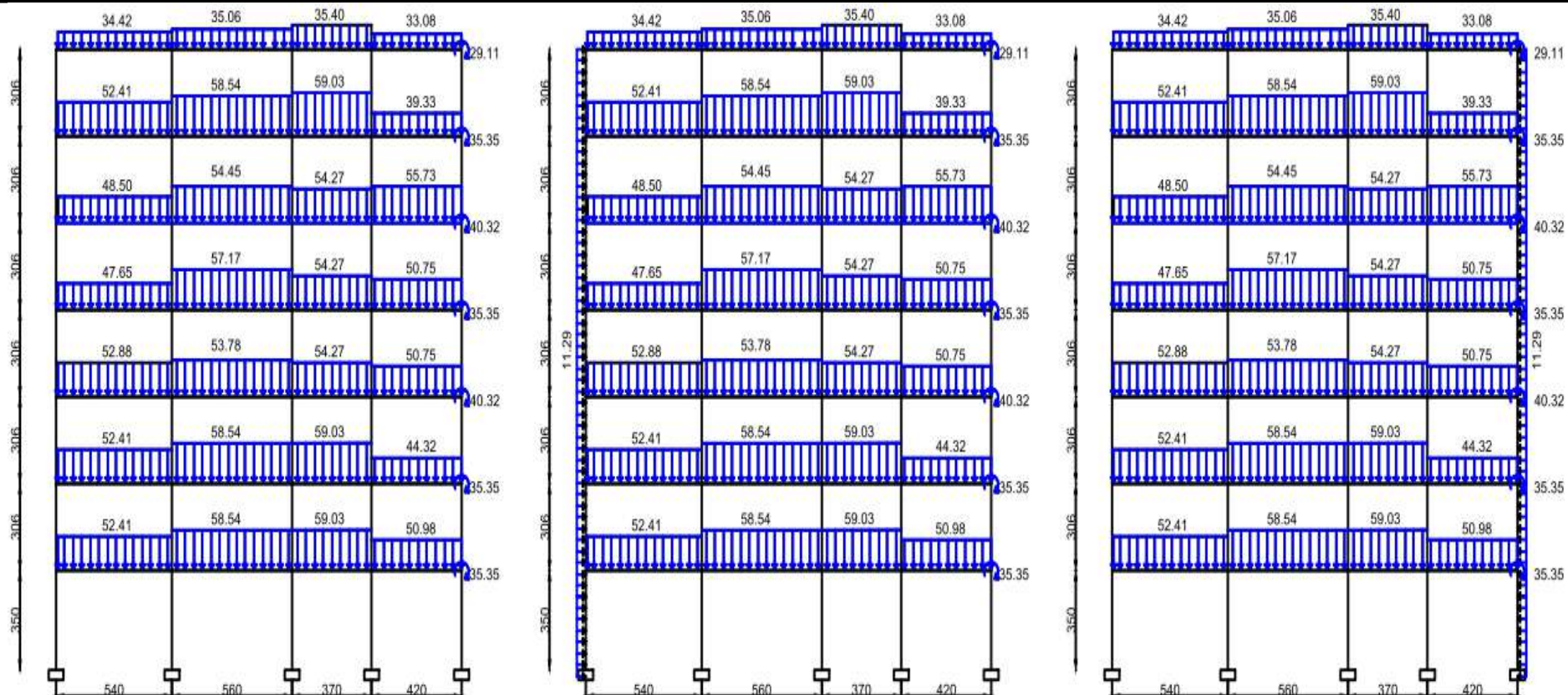


Figure 14. Modélisation à l'ELU de calcul pour $1,35G+1,5Q$; $1,35G+1,5Q+Wg$ et $1,35G+1,5Q+Wd$ [kN/ml et kN.m]

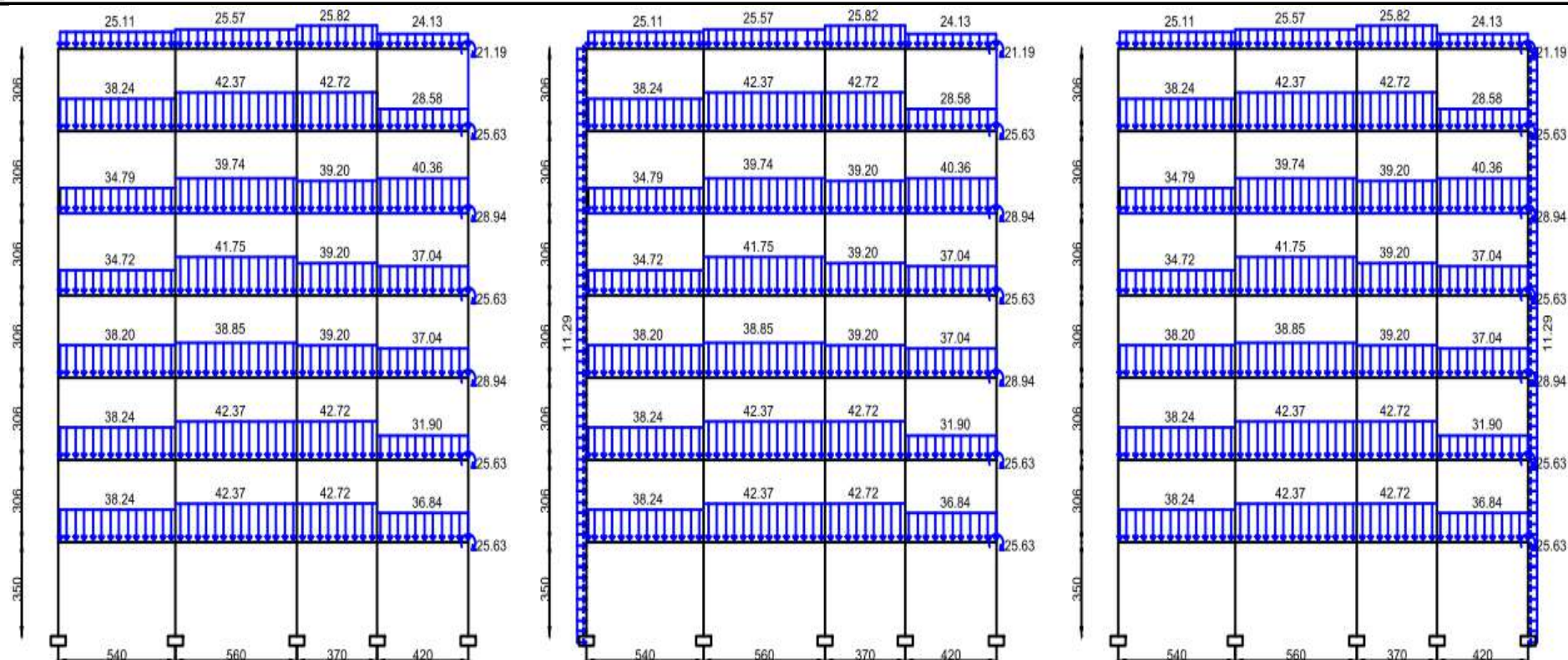


Figure 15. Modélisation à l'ELS de calcul du portique pour $G+Q$ et $G+Q+0,77W_g$ et $G+Q+0,77W_d$ [kN/ml et kN.m]

Les calculs ont été exécutés sous Excel pour optimiser la précision des résultats. Les courbes enveloppes des moments fléchissants et des efforts tranchants à l'ELU et à l'ELS sont données à l'ANNEXE E.

IX.3. DIMENSIONNEMENT DES POUTRES

IX.3.1. Poutres longitudinales

L'étude porte sur la poutre longitudinale de la **file B** du niveau RDC.

Elle est assimilée à une poutre continue s'appuyant sur des poteaux. Les dimensions de la poutre sont de 20x45 cm². Et conformément aux règles BAEL 91/99, les portées à considérer pour le calcul des sollicitations sont prises entre nus d'appuis.

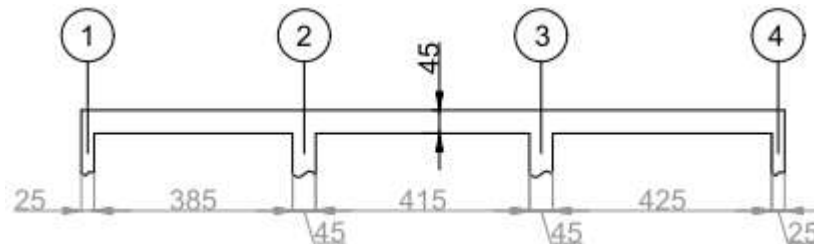


Figure 16. Représentation de la poutre de la file B

IX.3.1.1. Evaluation des charges

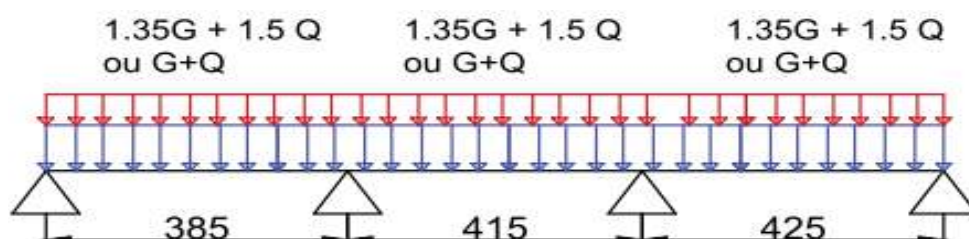
Les charges permanentes proviennent des poids propres du plancher, de la poutre de la file B, des murs, des cloisons. Les charges d'exploitations sont constituées des surcharges des différents locaux. Le tableau suivant récapitule les valeurs de G et Q ainsi que les charges P_u et P_{ser} respectivement à l'ELU et à l'ELS.

Tableau 41. Charges G et Q appliquées sur la poutre de la file B

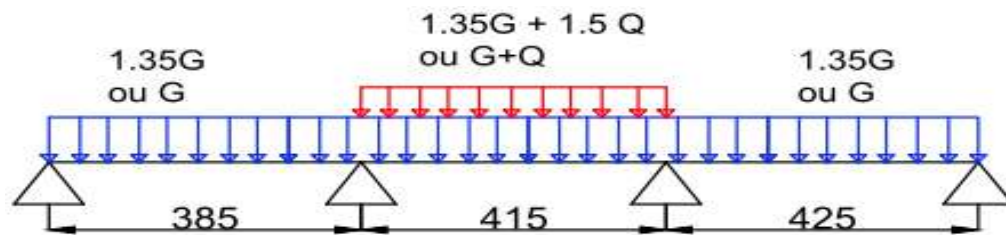
Dalles	1-2	2-3	3-4
G [kN/ml]	36,72	35,89	35,89
Q [kN/ml]	11,50	11,14	11,14

Les combinaisons considérées sont les mêmes que celles du paragraphe IX.1.1. Afin d'obtenir les sollicitations les plus contraignantes, les différents cas de charges suivants ont été considérés à l'ELU et à l'ELS :

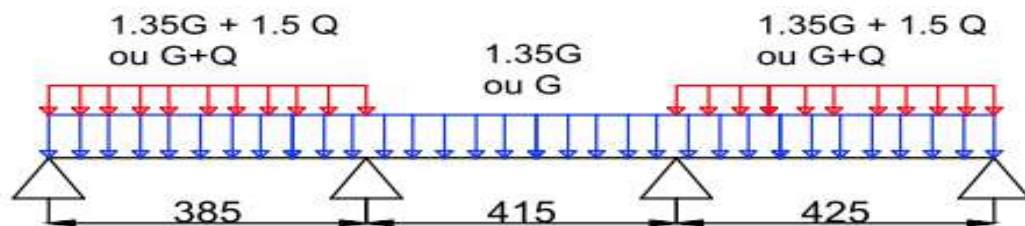
➤ Cas de charges 1 :



➤ Cas de charges 2 :



➤ Cas de charges 3 :



Pour le calcul, les valeurs des chargements P_u et P_{ser} respectivement à l'ELU et à l'ELS pour une travée chargée ou déchargée sont données dans le tableau suivant :

Tableau 42. Charges à l'ELU et à l'ELS appliquées sur la poutre de la file D

Travée	1-2	2-3	3-4
Travée chargée			
P_u [kN/ml]	66,83	65,16	65,16
P_{ser} [kN/ml]	48,23	47,03	47,03
Travée déchargée			
P_u [kN/ml]	49,58	48,45	48,45
P_{ser} [kN/ml]	36,72	35,89	35,89

IX.3.1.2. Calcul des sollicitations

Etant adaptée au béton armée, c'est la **méthode de Caquot** qui va être utilisée pour le calcul des sollicitations au niveau des sections droites de la poutre. D'autant plus, cette méthode est applicable également à des planchers à charge d'exploitation modérée comme le cas des planchers du présent projet.

✓ **Moments sur appuis**

La longueur réduite de chaque travée L' sont :

- Travée de rive : $L' = L$
- Travée intermédiaire : $L' = 0,8L$

Les relations donnant les moments sur appuis sont les suivantes :

- Appui de rive :

$$M_i = 0 \quad (54)$$

- Appui intermédiaire :

$$M_i = - \frac{P_w \times L_w'^3 + P_e \times L_e'^3}{8.5(L_w' + L_e')} \quad (55)$$

P_w et P_e : Charges uniformément réparties à l'ELU ou à l'ELS appliquées respectivement sur la travée située à gauche et à droite de l'appui i [kN/ml].

✓ Efforts tranchants

A partir des moments sur appuis obtenus à partir des équations (54) et (55), les efforts tranchants sont calculés par les relations suivantes :

- En travée :

$$v(x) = \tau(x) + \frac{M_e - M_w}{L} \quad (56)$$

- A gauche et à droite de l'appui i :

$$V_w = \tau_o + \frac{M_e - M_w}{L_w} \quad (57)$$

$$V_e = \tau_o + \frac{M_e - M_w}{L_e} \quad (58)$$

Avec :

$V(x)$: Effort tranchant à l'abscisse x de la travée réelle de longueur L [kN]

$\tau(x)$: Effort tranchant à l'abscisse x de la travée isostatique associée de longueur L [kN]

V_e et V_w : Efforts tranchants respectivement à gauche et à droite de l'appui i [kN]

τ_o : Efforts tranchants à gauche ou à droite de i considérés sur la travée isostatique associée [kN]

M_e et M_w : Moments sur appuis respectivement à gauche et à droite de la travée considérée [kN]

✓ Moment fléchissant maximal en travée

Le moment fléchissant est maximal à l'abscisse x_0 où $V(x_0) = 0$. Ainsi, en considérant le moment fléchissant sur la travée isostatique associée $\mu(x_0)$, le moment fléchissant maximal en travée est donné par la relation :

$$M(x) = \mu(x_0) + \left(1 + \frac{x_0}{L}\right) M_w + \frac{x_0}{L} M_e \quad (59)$$

✓ Résultats des calculs des sollicitations

Selon les différentes combinaisons de charges prises à l'ELU et à l'ELS du paragraphe IX.2.1.1, les Tableau 48 et Tableau 49 suivants donnent les résultats des sollicitations maximales de calcul.

☞ Courbes enveloppes à l'ELU et à l'ELS

Les courbes enveloppes à l'ELU et à l'ELS des moments fléchissant ainsi que des efforts tranchants sont données à l'ANNEXE J.

☞ Récapitulations des valeurs maximales des sollicitations

Tableau 43. Sollicitations maximales à l'ELU

Appui	1	2	3	4
Travée	1-2	2-3	3-4	
Mi [kN.m]	0,00	-101,50	-118,60	0,00
M(x0) [kN.m]	98,85	43,96	99,47	
Vw[kN] Ve[kN]	106,10	-151,10	132,30	-113,80

Tableau 44. Sollicitations maximales à l'ELS

Appui	1	2	3	4
Travée	1-2	2-3	3-4	
Mi [kN.m]	0,00	-74,01	-87,11	0,00
M(x0) [kN.m]	60,64	32,56	73,50	
Vw[kN] Ve[kN]	76,50	-112,00	97,96	-84,20

IX.3.1.3. Armatures principales de la poutre longitudinale

La fissuration est peu préjudiciable (FPP) et l'enrobage $c = 2,5$ cm. Ainsi, le calcul sera mené à l'ELU et les vérifications se feront dans la majorité des cas à l'ELS.

La section de chaque travée de la poutre longitudinale est constante telle que :

- Largeur : $b_0 = 20$ cm
- Hauteur : $h = 45$ cm
- Hauteur utile : $d = 40,5$ cm

Les caractéristiques des matériaux sont indiquées dans le chapitre IV, paragraphe IV.2.

1. Armatures minimales

Les sections d'armatures tendues doivent être au moins égales à la plus grande valeur donnée la condition de non-fragilité et la règle de la millièème suivante :

ANDRIAMANAMPISOA Njaka

Promotion 2018

$$A_{min} = \max(0.23b_o d \frac{f_{c28}}{f_e}; \frac{b_o h}{1000}) \quad (60)$$

Ainsi, $A_{min} = 0,98 \text{ cm}^2$

2. Sections d'armatures

L'organigramme de calcul en flexion simple à l'ELU est donné à l'ANNEXE G. Les résultats des calculs sont récapitulés dans le tableau ci-après :

✓ Armatures en travée

Tableau 45. Sections d'armatures longitudinales en travée

Travée	1-2	2-3	3-4
Mu [MN.m]	0,099	0,044	0,099
Mser [MN.m]	0,061	0,033	0,074
γ	1,63	1,35	1,35
μ_{bu}	0,213	0,095	0,214
μ_{lu}	0,298	0,298	0,298
Conclusion	SSA	SSA	SSA
zb, [m]	0,35	0,38	0,35
Ath [cm ²]	8,04	3,31	8,10
Areel [cm ² /m]	6HA14	3HA12	6HA14
	9,24	3,39	9,24

✓ Armatures sur appuis

Tableau 46. Sections d'armatures de chapeaux sur appuis

Appuis	2	3
Mu [MN.m]	0,11	0,11
Mser [MN.m]	0,08	0,08
γ	1,39	1,39
μ_{bu}	0,24	0,24
μ_{lu}	0,30	0,30
Conclusion	SSA	SSA
α_1	0,45	0,45
Zbl [m]	0,33	0,33
Au [cm ²]	9,08	9,08
Au réel [cm ²]	6HA14	6HA14
	9,24	9,24

Il est à noter que même si théoriquement, la méthode utilisée indique qu'il n'y a pas de moments négatifs au niveau des appuis de rive, les bonnes dispositions constructives tenant compte de l'encastrement partiel, imposent d'équilibrer un moment fléchissant de $0,30M_0$ au niveau des appuis de rive.

M_0 , étant le moment fléchissant maximal dans la poutre isostatique associée à la travée de rive.

Ce qui donne pour les travées 2-3 et 3-4 :

- A l'ELU : $0,30M_0 = 0,037 \text{ MN.m}$

- A l'ELS : $0,30M_0 = 0,027 \text{ MN.m}$

Ainsi, $A_{th} = 2.76 \text{ cm}^2$ et $A_{réel} = 3,39 \text{ cm}^2$ correspondant à 3HA12.

IX.3.1.4. Vérifications vis-à-vis des contraintes et des déformations

➤ Vérifications des contraintes à l'ELS

Les contraintes maximales au niveau des aciers σ_s et du béton σ_{bc} dans chaque section de la poutre doivent vérifier les relations suivantes :

$$\sigma_{bc} = K \cdot y_1 \leq \overline{\sigma}_{bc} \quad (61)$$

$$\sigma_s = 15K(d - y_1) \leq \overline{\sigma}_s \quad (62)$$

Avec $K = \frac{M_{ser}}{I}$; $\overline{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa}$ et $\overline{\sigma}_s = f_{ed} = 347,8 \text{ MPa}$

y_1 : Position de l'axe neutre (A.N.) par rapport à la fibre de béton la plus comprimée [m]

I : Moment d'inertie des sections de béton comprimé, d'acier tendu et d'acier comprimé [m^4]

Les résultats des calculs sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 47. Vérification des contraintes à l'ELS dans les sections de la poutre longitudinale

	Travée			Appui	
	1-2	2-3	3-4	2	3
A [m^2]	0,0009	0,0003	0,0009	0,0009	0,0011
b0 [m]	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
d [m]	0,41	0,41	0,41	0,41	0,41
d' [m]	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
D [m]	0,069	0,025	0,069	0,069	0,081
E [m]	0,0561	0,0206	0,0561	0,0561	0,0659
y_1 [m]	0,178	0,120	0,178	0,178	0,188
I [m^4]	0,00109	0,00053	0,00109	0,00109	0,00121
M_{ser} [MN.m]	0,061	0,033	0,074	0,074	0,087
K	55,625	61,640	67,421	67,889	72,072
σ_{bc} [Mpa]	9,88	7,42	11,97	12,05	13,54
σ_{adm} [Mpa]	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
conclusion 1	vérifiée	vérifiée	vérifiée	vérifiée	vérifiée
σ_s [Mpa]	189,78	263,22	230,02	231,62	234,72
$\sigma_{s adm}$ [Mpa]	347,8	347,8	347,8	347,8	347,8
conclusion 2	vérifiée	vérifiée	vérifiée	vérifiée	vérifiée

➤ Vérification vis-à-vis de l'état-limite de déformation

Les conditions à vérifier sont les suivantes :

- Condition 1 :

$$\frac{h}{L} \geq \left(\frac{1}{16}; \frac{1}{10} \times \frac{M_t}{M_0} \right) \quad (63)$$

- Condition 2

$$\frac{A}{b_0 d} \leq \frac{4,2}{f_e} \quad (64)$$

Tableau 48. Nécessité de la vérification de la flèche de la poutre longitudinale

Travée	1-2	2-3	3-4
M0 [kN.m]	89,36	64,80	89,36
Mt [kN.m]	98,85	32,56	98,85
L [m]	4,25	4,15	4,25
A	9,24	3,39	9,24
h/L	0,12	0,11	0,12
1/16	0,06	0,06	0,06
1/10 *Mt/M0	0,11	0,05	0,11
Conclusion 1	vérifiée	vérifiée	vérifiée
A/(b0*d)	0,01	0,004	0,010
4,2/fe	0,01	0,011	0,011
Conclusion 2	vérifiée	vérifiée	vérifiée

Toutes les conditions sont vérifiées. Il est donc inutile de procéder au calcul des flèches car la déformation des poutres n'est pas à craindre.

➤ Vérifications aux appuis

▪ Appuis de rive

Acier : La section des armatures inférieures doit vérifier la relation suivante.

$$A_s \geq \frac{V_u}{f_{ed}} \quad (66)$$

Acier : La section des armatures inférieures doit vérifier la relation suivante.

$$V_u \leq 0,4 a b_0 \frac{f_{c28}}{\gamma_b} \quad (67)$$

Vu : Effort tranchant non réduit [MN]

a : Longueur d'appui de la bielle d'about telle que $a = \min (l_a - c - 2cm ; 0,9d)$ [m]

la : Dimension du poteau de rive mesurée parallèlement à l'axe longitudinal de la poutre [m]

Tableau 49. Vérifications des aciers et du béton au droit des appuis de rive de la poutre longitudinale

Appui	1=4
V_u [MN]	0,106
V_u/f_{ed} [cm ²]	3,05
A_s [cm ²]	3,39
Conclusion sur les aciers	Aciers suffisants
V_u [MN]	0,106
l_a [m]	0,25
$l_a - c - 2cm$	0,21
$0,9d$ [m]	0,41
a [m]	0,21
$0,4 a b_0 \frac{f_{c28}}{\gamma_b}$ [MN]	0,273
Conclusion sur le béton	Vérifiée

▪ Appuis intermédiaires

Acier : Condition sur la section des aciers sur appui intermédiaire.

$$A_s \geq \frac{|V_u| - \left| \frac{M_u}{0,9d} \right|}{f_{ed}} \quad (68)$$

Béton : Condition sur la contrainte de compression moyenne du béton sur appui.

$$\sigma_{bc} = \frac{V_{u,e} - V_{u,w}}{S_a} \leq 1,3 \frac{f_{c28}}{\gamma_b} \quad (69)$$

$V_{u,e}$ et $V_{u,w}$: Efforts tranchants respectivement à droite et à gauche de l'appui considéré [MN]

S_a : Surface d'appui de la poutre [m²]

Les résultats des calculs sont donnés dans le tableau qui suit.

Tableau 50. Vérifications des aciers et du béton au droit des appuis intermédiaires de la poutre longitudinale

Appui	2	3
$V_{u,w}$ [MN]	0,112	0,078
$V_{u,e}$ [MN]	0,098	0,123
M_u [MN.m]	0,102	0,119

Appui	2	3
As [cm ²]	9,24	10,84
Aw,nec [cm ²]	-3,99	-6,18
Conclusion sur l'acier	Vérifiée	Vérifiée
Ae,nec [cm ²]	-4,39	-4,88
Conclusion sur l'acier	Vérifiée	Vérifiée
Vd-Vg [MN]	0,210	0,201
Sa [m ²]	0,25	0,25
σ _{bc} [Mpa]	0,84	0,80
1,3*fc28/γ _b	21,67	21,67
Conclusion sur le béton	Vérifiée	Vérifiée

IX.3.1.5. Armatures transversales

1. Dimension

La section des armatures transversales est représentée par A_t . Et le diamètre de ces armatures transversales doit respecter la dimension suivante, tout en restant inférieur à 12mm :

$$\phi_t = \min \left(\frac{h}{35}; \frac{b_0}{10}; \phi_l \right) \quad (70)$$

Avec :

ϕ_l : Le diamètre maximal des aciers utilisés pour les armatures longitudinales.

ϕ_t : Diamètre des armatures transversales

Après calcul, on a $\phi_t = \min(14\text{mm}; 20\text{ mm}; 25\text{ mm})$

Nous allons prendre, $\phi_t = 6\text{ mm}$, pour raison de pratique et d'économie.

2. Nécessité des armatures d'âme

✓ Efforts tranchants réduits

L'effort tranchant réduit $V_{u,0}$ est tiré de l'effort tranchant maximal $V_{u,max}$ sur les appuis.

Dans le cas des charges uniformément réparties q_u , l'effort tranchant réduit est :

$$V_{u,0} = V_{u,max} - \frac{5h}{6} q_u \quad (71)$$

Tableau 51. Efforts tranchants réduits relative à la poutre longitudinale

Appui	1	2	3	4
Travée	1-2	2-3	3-4	
$V_{u,g}$ [kN]	106,10	132,30	163,10	
$V_{u,d}$ [kN]	151,10	138,10	113,80	
q_u [kN/m]	66,83	66,83	66,83	
$V_{u,0g}$ [kN]	81,04	107,24	138,04	
$V_{u,0d}$ [kN]	126,04	113,04	88,74	

✓ Vérification du béton

La contrainte tangente dans le béton est donnée par l'expression suivante :

$$\tau_{u,0} = \frac{V_{u,0}}{b_0 d} \quad (72)$$

La valeur de $\tau_{u,0}$ est ensuite comparée aux deux cas présentés dans le tableau suivant :

Tableau 52. Nécessité des armatures d'âme pour la poutre longitudinale

Appui	1	2	3	4
Travée	1-2	2-3	3-4	
$T_{u,0g}$ [Mpa]	0,90	1,19	1,53	
$T_{u,0d}$ [Mpa]	1,40	1,26	0,99	
$\min\left(\frac{0.07f_{c28}}{\gamma_b}; 1.5\right)$	1,17	1,17	1,17	
$\min\left(\frac{0.20f_{c28}}{\gamma_b}; 5\right)$	3,33	3,33	3,33	
Conclusion	Ame verticale	Ame verticale	Ame verticale	

3. Répartition des armatures transversales

➤ Répartition des armatures d'âmes

La méthode de Caquot donne les dispositions relatives à s_t . Et l'espacement initial s_{t0} ainsi que l'espacement maximal $s_{t,max}$ sont donnés respectivement par les relations suivantes :

$$\frac{A_t}{b_0 s_t} \geq \frac{\gamma_s(\tau_{u,0} - 0,3k f_{t28})}{0,9f_e} \quad (73)$$

$$s_{t,max} \leq \min\left(0,9d; 40; \frac{A_t f_e}{0,4b_0}\right) \quad (74)$$

Où : $A_t = 3HA6 = 0,85 \text{ cm}^2$: section d'armatures transversales

D'où, $s_{t0} = 15 \text{ cm}$ et $s_{t,max} = 30 \text{ cm}$

IX.3.1.6. Plan de ferrailage

Le plan de ferrailage de la poutre longitudinale est donné à l'ANNEXE Z.2.

IX.3.2. Poutres transversales

L'étude porte sur la poutre transversale de l'axe 3 du niveau RDC étant donné que cette poutre est la plus sollicitée sur le portique. Les dimensions de la poutre sont de 20x45cm². Les portées sont prises entre nus d'appuis.

IX.3.2.1. Calcul des sollicitations

Pour les sollicitations, on fait référence aux résultats obtenus lors du calcul de portique (paragraphe IX.2). Ils sont récapitulés dans les tableaux suivants :

Tableau 53. Moments fléchissants et efforts tranchants à l'ELU

Travée	A-B		B-C		C-D		D-E		
Appui	A	B	B	C	C	D	D	E	E
Mi [kN.m]	-150,09	-199,18	-206,62	-206,84	-148,17	-148,8	-136,64	-177,17	-35,35
Mt [kN.m]	77,84		83,19		46,28		45,85		
V[kN]	153,10	-170,40	183,76	-184,27	151,03	-151,76	127,19	-119,24	58,92

Tableau 54. Moments fléchissants et efforts tranchants à l'ELS

Travée	A-B		B-C		C-D		D-E		
Appui	A	B	B	C	C	D	D	E	E
Mi [kN.m]	-117,83	-126,23	-138,57	-133,28	-165,23	-165,57	-174,92	-140,24	-25,63
Mt [kN.m]	47,55		44,21		60,81		69,06		
V[kN]	117,23	-129,79	138,57	-138,91	120,98	-121,47	99,97	-94,29	42,72

IX.3.2.2. Armatures principales de la poutre transversale

Les démarches de calcul étant les mêmes que celles de la poutre longitudinale, les résultats seront récapitulés dans les tableaux ci-après.

Section : $b_0 = 20$ cm ; $h = 45$ cm et $d = 40,5$ cm

Les caractéristiques des matériaux sont indiquées dans le chapitre IV, paragraphe IV.2.

Fissuration : peu préjudiciable FPP (Non exposé ni aux condensations ni aux intempéries)

Ainsi, le calcul sera mené à l'ELU et les vérifications se feront dans la majorité des cas à l'ELS.

a. Armatures minimales

$$A_{\min} = 0,98 \text{ cm}^2$$

b. Sections d'armatures

➤ Armatures en travée

Tableau 55. Sections d'armatures longitudinales en travée

Travée	A-B	B-C	C-D	D-E
M_u [MN.m]	0,078	0,083	0,046	0,046
M_{ser} [MN.m]	0,048	0,044	0,061	0,069
γ	1,64	1,88	0,76	0,66
μ_{bu}	0,167	0,179	0,100	0,099
Pivot	Pivot A	Pivot A	Pivot A	Pivot A
μ_{lu}	0,298	0,298	0,298	0,298
Conclusion	SSA	SSA	SSA	SSA
z_b [m]	0,364	0,362	0,381	0,381
A_{th} [cm ²]	6,14	6,62	3,49	3,46
Areel [cm ² /m]	3HA14+3HA10	3HA14+3HA10	3HA14	3HA14
	6,97	6,97	4,62	4,62

➤ **Armatures sur appui**

Tableau 56. Sections d'armatures de chapeaux sur appuis

Appuis	A	B	C	D	E
M_u [MN.m]	0,150	0,21	0,148	0,137	0,177
M_{ser} [MN.m]	0,118	0,139	0,165	0,175	0,140
γ	1,27	1,49	0,90	0,78	1,26
μ_{bu}	0,323	0,444	0,319	0,294	0,381
Pivot	Pivot B	Pivot B	Pivot B	Pivot B	Pivot B
μ_{lu}	0,298	0,298	0,298	0,298	0,298
Conclusion	SDA	SDA	SDA	SDA	SDA
σ_{sce}	212,16	261,05	127,32	101,32	209,81
M_{lu} [MN.m]	0,139	0,139	0,139	0,139	0,139
A'_u [cm ²]	1,51	7,25	2,10	-0,52	5,12
$A'_{réel}$ [cm ²]	3HA8	3HA12+3HA14	3HA10	3HA8	3HA12+3HA10
	1,51	8,01	2,36	1,51	5,75
α_1	0,455	0,455	0,455	0,455	0,455
z_{bl} [m]	0,331	0,331	0,331	0,331	0,331
A_u [cm ²]	12,95	17,46	12,79	11,87	15,11
$A_{u,réel}$ [cm ²]	3HA20+3HA12	6HA20	3HA20+3HA12	3HA20+3HA12	3HA20+3HA16
	12,81	18,85	12,81	12,81	15,45

Les sollicitations à droite de l'appui E, sur le porte-à-faux E, étant très faibles par rapport à celles à gauche de E, les armatures longitudinales (chapeaux) à gauche de cet appui seront prolongées dans le porte-à-faux.

c. Vérifications vis-à-vis des déformations

➤ Vérification vis-à-vis de l'état-limite de déformation

En appliquant les inéquations (63) et (64), on a le tableau suivant :

Tableau 57. Nécessité de la vérification de la flèche de la poutre transversale

Travée	A-B	B-C	C-D	D-E
M_0 [kN.m]	61,31	55,54	99,55	144,63
M_t [kN.m]	47,55	44,21	60,810	69,060
L [m]	3,35	3,35	5,10	5,10
A	6,97	6,97	4,62	4,62
h/L	0,15	0,13	0,09	0,10
$1/16$	0,06	0,06	0,06	0,06
$1/10 * M_t/M_0$	0,08	0,08	0,06	0,05
conclusion1	vérifiée	vérifiée	vérifiée	vérifiée
$A/(b_0*d)$	0,008	0,009	0,005	0,005
$4,2/f_e$	0,011	0,011	0,011	0,011
conclusion2	vérifiée	vérifiée	vérifiée	vérifiée

D'après ce tableau, les deux conditions sont vérifiées d'où la vérification de la flèche n'est pas nécessaire.

➤ Vérifications aux appuis ▪ Appuis de rive

Tableau 58. Vérifications au droit des appuis de rive de la poutre transversale

Appui	A	E
V_u [MN]	0,153	0,119
V_u/f_{ed} [cm ²]	4,40	3,43
A_s [cm ²]	14,32	21,2
Conclusion sur les aciers	Aciers suffisants	Aciers suffisants
V_u [MN]	0,153	0,119
l_a [m]	0,25	1,25
$l_a-c-2cm$	0,21	0,21
$0,9d$ [m]	0,41	0,41
a [m]	0,21	0,21
$0.4 a b_0 \frac{f_{c28}}{\gamma_b}$ [MN]	0,273	0,273
Conclusion sur le béton	Vérifiée	Vérifiée

▪ Appuis intermédiaires

Tableau 59. Vérifications au droit des appuis intermédiaires de la poutre transversale

Appui	B	C	D
$V_{u,w}$ [MN]	0,130	0,139	0,121
$V_{u,e}$ [MN]	0,139	0,121	0,100
M_u [MN.m]	0,199	0,207	0,149
A_s [cm ²]	26,13	15,17	14,32
$A_{w,nec}$ [cm ²]	-10,41	-10,69	-7,07
Conclusion sur l'acier	Vérifiée	Vérifiée	Vérifiée
$A_{e,nec}$ [cm ²]	-10,16	-11,20	-7,69
Conclusion sur l'acier	Vérifiée	Vérifiée	Vérifiée
$V_d - V_g$ [MN]	0,268	0,260	0,221
S_a [m ²]	0,225	0,225	0,225
σ_{bc} [Mpa]	1,19	1,16	0,98
$1,3 \cdot f_{c28} / \gamma_b$ [Mpa]	21,67	21,67	21,67
Conclusion sur le béton	Vérifiée	Vérifiée	Vérifiée

IX.3.2.3. Armatures transversales

1. Dimension

$$\phi_t = 6 \text{ mm et } A_t = 4HA6 = 1,13 \text{ cm}^2$$

2. Nécessité des armatures d'âme

✓ Efforts tranchants réduits

Tableau 60. Efforts tranchants réduits relative à la poutre transversale

Appui	A	B	C	D	E
Travée	A-B	B-C	C-D	D-E	
$V_{u,g}$ [kN]	153,10	183,76	151,03	127,19	
$V_{u,d}$ [kN]	170,40	184,27	151,76	119,24	
q_u [kN/m]	49,16	54,45	54,90	54,90	
$V_{u,0g}$ [kN]	134,66	163,34	130,44	106,60	
$V_{u,0d}$ [kN]	151,96	163,85	131,17	98,65	

✓ Vérification du béton

La vérification du béton vis-à-vis des contraintes tangentes permet de donner les conclusions suivantes :

Tableau 61. Nécessité des armatures d'âme pour la poutre transversale

Appui	A	B	C	D	E
Travée	A-B	B-C	C-D	D-E	
$T_{u,0g}$ [Mpa]	1,50	1,81	1,45	1,18	
$T_{u,0d}$ [Mpa]	1,69	1,82	1,46	1,10	
$\text{Min}\left(\frac{0.07f_{c28}}{\gamma_b}; 1.5\right)$	1,17	1,17	1,17	1,17	
$\text{Min}\left(\frac{0.20f_{c28}}{\gamma_b}; 5\right)$	3,33	3,33	3,33	3,33	
Conclusion	Ame verticale suffisante	Ame verticale suffisante	Ame verticale suffisante	Ame verticale suffisante	

3. Répartition des armatures transversales

➤ Répartition des âmes verticales

Pour chaque travée, la méthode de Caquot donne les dispositions relatives à s_t .

D'après les inéquations (73) et (74), les espacements sont :

$$s_{t0} = 15 \text{ cm et } s_{t,\max} = 30 \text{ cm}$$

IX.3.2.4. Plan de ferrailage

Le plan de ferrailage de la poutre transversale est donné à l'ANNEXE Z.3.

IX.4. POTEAUX

L'étude porte sur le poteau **B3** de la RDC au 6^{ème} étage. C'est le poteau le plus chargé et il appartient à un portique de contreventement. Il est donc soumis à la fois à un effort vertical de compression et à un moment fléchissant induit par les forces horizontales (Vent) et verticales.

IX.4.1. Sollicitations de calcul

A partir du calcul de portique, les sollicitations maximales de la courbe enveloppe sont récapitulées dans le tableau qui suit. Il faut noter que les moments fléchissants ci-après sont les moments maximaux obtenus en tête ou en pied des poteaux de chaque niveau.

Il est à noter que le poteau B3 de l'axe n°3 est un poteau voisin de rive, donc la charge totale supportée par ce poteau est à majorer de 10%.

Tableau 62. Caractéristiques des poteaux et sollicitations maximales

Niveau	Section	G [kN]	Q [kN]	W [kN]	N _u [kN]	N _{ser} [kN]	M _u [kN.m]	M _{ser} [kN.m]
R+6	25*25	145,82	25,30	1,43	259,87	189,45	10,73	7,57
R+5	25*25	369,31	88,55	4,96	699,99	507,85	19,75	14,07
R+4	25*40	629,82	151,80	15,11	1202,38	872,58	40,73	28,94
R+3	30*40	893,20	189,75	26,18	1668,28	1213,42	46,36	32,92
R+2	40*40	1130,16	253,00	48,95	2149,58	1562,93	62,55	44,58
R+1	45*45	1360,43	316,25	67,42	2616,21	1901,45	73,55	52,43
RDC	50*50	1612,82	379,50	93,99	3124,59	2271,16	127,76	91,02

IX.4.2. La longueur de flambement

Tous les poteaux étant de section rectangulaire et qu'ils sont assemblés aux poutres de plancher et encastrés dans le massif de fondation, la longueur de flambement est donc :

$$l_f = 0.7 \times l_0 \quad (75)$$

IX.4.3. Justification de la méthode de calcul

➤ Excentricité du premier ordre e_1

L'excentricité du premier ordre e_1 est donnée par la relation :

$$e_1 = \frac{M_u}{N_u} + e_a \quad (76)$$

Avec : e_a : Excentricité additionnelle telle que $e_a = \max\{2cm; \frac{l_0}{250}\}$

M_u : Moment de flexion à l'ELU ramené au centre de gravité de la section

Les résultats sont récapitulés dans le tableau ci-après :

 Tableau 63. Excentricité du premier ordre e_1

Niveau	M _u [kN.m]	N _u [kN]	M _u /N _u [m]	l ₀ [m]	l ₀ /250 [m]	e _a [m]	e ₁ [m]
R+6	10,73	259,87	0,04	3,06	0,012	0,02	0,06
R+5	19,75	699,99	0,03	3,06	0,012	0,02	0,05
R+4	40,73	1202,38	0,03	3,06	0,012	0,02	0,05
R+3	46,36	1668,28	0,03	3,06	0,012	0,02	0,05
R+2	62,55	2149,58	0,03	3,06	0,012	0,02	0,05
R+1	73,55	2616,21	0,03	3,06	0,012	0,02	0,05
RDC	127,76	3124,59	0,04	3,50	0,014	0,02	0,06

➤ Justification de la méthode de calcul proprement dit

Si l'inégalité suivante est vérifiée, le poteau est calculé en flexion composée, dans le cas contraire, le poteau doit être vérifié à l'état limite ultime de stabilité de forme (flambement).

$$\frac{l_f}{h} \leq \max\left\{15; 20 \frac{e_1}{h}\right\} \quad (77)$$

Après calcul, les résultats sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 64. Méthode utilisée pour le calcul des poteaux de chaque niveau

Niveau	lo [m]	lf [m]	h [m]	lf/h	20.e1/h	Max(15; 20e1/h)	Calcul
R+6	3,06	2,14	0,25	8,568	4.90	15,00	En flexion composée
R+5	3,06	2,14	0,25	8,568	3.86	15,00	En flexion composée
R+4	3,06	2,14	0,40	5,355	2.69	15,00	En flexion composée
R+3	3,06	2,14	0,40	5,355	2.39	15,00	En flexion composée
R+2	3,06	2,14	0,40	5,355	2.45	15,00	En flexion composée
R+1	3,06	2,14	0,45	4,760	2.14	15,00	En flexion composée
RDC	3,50	2,45	0,50	4,900	2.44	15,00	En flexion composée

Ainsi, les poteaux seront dimensionnés en flexion composée.

➤ **Excentricité du second ordre e_2 et sollicitations de calcul corrigées**

L'excentricité du second ordre e_2 est évaluée forfaitairement selon la relation :

$$e_2 = \frac{3.l_f^2}{10^4 h} (2 + \alpha \varphi) \quad (78)$$

φ : rapport de déformation finale due au fluage à la déformation instantanée sous la charge considérée ($\varphi=2$).

$$\alpha = 10 \left(1 - \frac{M_u}{1,5 M_{ser}} \right) \text{ et } 0 < \alpha < 1$$

Ainsi, l'excentricité totale est $e = e_1 + e_2$. L'effort normal N_u restant inchangé, le moment de flexion devient :

$$M_u = N_u \cdot e \quad (79)$$

Les résultats sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 65. Valeurs de e_2 et M_u

Niveau	α	e_2 [m]	e [m]	N_u [kN]	M_u [kN.m]
R+6	0,55	0,017	0,078	260	20,35
R+5	0,64	0,018	0,066	700	46,43
R+4	0,62	0,011	0,065	1202	78,16
R+3	0,61	0,011	0,059	1668	98,23
R+2	0,65	0,011	0,060	2150	129,89
R+1	0,65	0,010	0,058	2616	152,26
RDC	0,64	0,012	0,073	3125	227,21

➤ Type de la section

L'organigramme de calcul est donné à l'ANNEXE K. Le calcul permettant de conclure que la section est entièrement ou partiellement comprimée, les résultats sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 66. Type de la section

Niveau	N_u [MN]	f_{bc} [MPa]	ψ_1	ζ	χ	e_{NC} [m]	$e_{réel}$ [m]	Etat de la section
R+6	0,26	14,17	0,29	0,16		0,040	0,077	SPC
R+5	0,70	14,17	0,79	0,14		0,035	0,066	SPC
R+4	1,20	14,17	0,85		0,262			SPC
R+3	1,67	14,17	0,98		0,201			SPC
R+2	2,15	14,17	0,95		0,217			SPC
R+1	2,62	14,17	0,91		0,202			SPC
RDC	3,13	14,17	0,88		0,232			SPC

IX.4.4. Armatures longitudinales

IX.4.4.1. Dimensionnement des sections partiellement comprimées

Pour le dimensionnement des armatures, nous allons suivre les étapes décrites par l'organigramme de la flexion simple à l'ELU de l'annexe G en prenant

$M_u = M_{uA} = N_u \times \left(e + d - \frac{h}{2} \right)$ En adoptant cette méthode, les résultats trouvés sont les suivants :

Tableau 67. Nature de la section

Niveau	M_{uA} [MN.m]	M_{ser} [MN.m]	μ_{uA}	μ_{u}	Interprétation
R+6	0,046	0,034	0,258	0,298	SSA
R+5	0,116	0,084	0,649	0,298	SDA
R+4	0,271	0,196	0,589	0,298	SDA
R+3	0,365	0,266	0,663	0,298	SDA
R+2	0,474	0,345	0,645	0,298	SDA
R+1	0,623	0,453	0,596	0,298	SDA
RDC	0,852	0,619	0,594	0,298	SDA

Les calculs se poursuivent comme s'il s'agit de la flexion simple en considérant ce moment de flexion fictif M_{uA} . On a :

Tableau 68. Calcul et choix des armatures des poteaux

Niveau	U _{ua}	γ	U _{lu}	M _{lu} [MN.m]	δ'	δ _{sce} [Mpa]	A' [cm2]	z ₁ [m]	δ _{se} [Mpa]	A[cm2]	A _{réel} [cm2]	A' [cm2]		
R+6	0,257	1,372	0,298				6,96	0,19				4HA16	8,04	
R+5	0,648	1,378	0,298	0,053	0,11	236,11	9,30	0,16	348	-6,80	2HA8	1	4HA16+2HA10	10,3
R+4	0,590	1,378	0,298	0,137	0,11	236,02	13,74	0,29	348	-13,93	2HA8	1	6HA16	12,06
R+3	0,664	1,375	0,298	0,164	0,11	235,32	22,76	0,29	348	-15,66	2HA8	1	6HA20+2HA16	25,13
R+2	0,645	1,375	0,298	0,219	0,11	235,41	28,84	0,29	348	-20,69	2HA8	1	6HA25	29,45
R+1	0,595	1,376	0,298	0,312	0,11	235,57	32,61	0,33	348	-27,55	2HA8	1	4HA20+4HA25	39,27
RDC	0,594	1,376	0,298	0,428	0,11	235,54	41,05	0,37	348	-30,82	2HA8	1	8HA25+4HA10	42,41

IX.4.4.2. Vérification à l'ELS

Il faut s'assurer que les contraintes au niveau du béton et de l'acier ne dépassent pas les limites admissibles.

➤ Vérification de la section partiellement comprimée

Le but est de savoir si la section est, en réalité, entièrement ou partiellement comprimée.

Les détails de calculs, exposés par l'organigramme à l'ANNEXE L, donnent les résultats ci-dessous :

Tableau 69. Vérification des contraintes de la section partiellement comprimée du poteau B3

POTEAU	R+6	R+5	R+4	R+3	R+2	R+1	RDC
A [cm ²]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
A' [cm ²]	8,04	10,30	12,06	25,13	29,45	39,27	42,41
e _{0ser} [m]	0,18	0,17	0,22	0,22	0,22	0,22	0,33
h/2 [m]	0,13	0,13	0,20	0,20	0,20	0,23	0,25
c [m]	-0,05	-0,04	-0,02	-0,02	-0,02	0,01	-0,08
d [m]	0,23	0,23	0,36	0,36	0,36	0,41	0,45
d' [m]	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
b [m]	0,25	0,25	0,25	0,30	0,40	0,45	0,50
p [m ²]	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05	0,04	0,09
q [m ³]	0,0013	0,0011	0,0035	0,0017	0,0009	0,0019	-0,0062
Δ	0,000004	0,000005	0,000022	0,000027	0,000016	0,000013	0,000140

POTEAU	R+6	R+5	R+4	R+3	R+2	R+1	RDC
t	0,00032	0,00056	0,00058	0,00175	0,00157	0,00081	0,00902
u [m]	0,07	0,08	0,08	0,12	0,12	0,09	0,21
z [m]	-0,05	-0,04	-0,08	-0,03	-0,02	-0,05	0,07
y _{ser}	-0,10	-0,08	-0,10	-0,05	-0,04	-0,04	-0,01
I [m ⁴]	0,00027	0,00026	0,00060	0,00054	0,00050	0,00073	0,00053
N _{ser} [MN]	0,19	0,51	0,87	1,22	1,57	1,57	2,27
σ _{bc} [MPa]	3,61	5,32	11,45	3,42	2,24	4,20	-2,46
σ̄ _{bc} [MPa]	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
σ _s [MPa]	-1,74	-3,15	-7,80	-4,24	-3,47	-6,72	19,60
σ̄ _s [MPa]	348,00	348,00	348,00	348,00	348,00	348,00	348,00
Conclusion	SEC	SEC	SEC	SEC	SEC	SEC	Vérifiée

Les résultats du tableau nous montrent que les poteaux de R+1 à R+6 sont à section entièrement comprimée. Il est donc nécessaire de refaire la vérification en section entièrement comprimée.

En outre, l'ELS est vérifié puisque $\sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc}$ pour tous les poteaux.

➤ Vérification des sections entièrement comprimées

Lorsqu'il est nécessaire de revérifier la section en SEC, il n'y a à prendre en compte que la condition de compression du béton. Les contraintes dans le béton sont :

$$\sigma_{sup} = \frac{N_{ser}}{S} + \frac{N_{ser}(e-x_G)\left(\frac{h}{2}-x_G\right)}{I} \quad (81)$$

$$\sigma_{inf} = \frac{N_{ser}}{S} + \frac{N_{ser}(e-x_G)\left(\frac{h}{2}+x_G\right)}{I} \quad (82)$$

Avec :

Aire de la section homogène totale [m²]

$$S = bh + 15(A + A')$$

Position du centre de gravité résistant par rapport au centre de gravité géométrique G₀ de la section [m]

$$x_G = 15 \frac{A'\left(\frac{h}{2}-d'\right)-A\left(d-\frac{h}{2}\right)}{S} \quad (83)$$

Inertie de la section homogène totale [m⁴]

$$I = \frac{bh^3}{12} + bhx_G^2 + 15 \left[A' \left(\frac{h}{2} - d' - x_G \right)^2 + A \left(d - \frac{h}{2} + x_G \right)^2 \right] \quad (84)$$

La conclusion sur les résultats des calculs est la suivante :

Tableau 70. Vérification des sections entièrement comprimées

POTEAU	R+6	R+5	R+4	R+3	R+2	R+1
A [cm ²]	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
A' [cm ²]	8,04	10,30	12,06	25,13	29,45	39,27
S [m ²]	0,076	0,079	0,120	0,159	0,206	0,285
d [m]	0,225	0,225	0,36	0,36	0,36	0,405
d' [m]	0,03	0,025	0,04	0,04	0,04	0,045
h/2 [m]	0,125	0,125	0,2	0,2	0,2	0,225
X _G [m]	0,016	0,176	0,222	0,364	0,332	0,362
I [m ⁴]	0,0004	0,0025	0,0065	0,0195	0,0214	0,0398
N _{ser} [MN]	0,190	0,508	0,874	1,215	1,567	0,190
e _{0ser}	0,18	0,17	0,22	0,22	0,22	0,16
σ _{sup} [Mpa]	10,32	6,50	7,30	9,12	8,70	5,58
σ _{inf} [Mpa]	12,60	5,80	7,48	2,53	3,26	5,09
σ _{bc} [Mpa]	15	15	15	15	15	15
Conclusion	vérifiée	vérifiée	vérifiée	vérifiée	vérifiée	vérifiée

On constate que toutes les contraintes ne dépassent pas la contrainte admissible du béton.

Donc les sections d'armatures trouvées conviennent.

IX.4.5. Armatures transversales

IX.4.5.1. Dimension

Les armatures transversales des poteaux doivent respecter les conditions suivantes :

$$\phi_t \geq \frac{\phi_l}{3} \text{ et } \phi_t \leq 12 \text{ mm} \quad (85)$$

Tableau 71. Section d'armatures transversales des poteaux

Niveau	Φ _t [mm]
R+6	10
R+5	10
R+4	10
R+3	10
R+2	10
R+1	12
RDC	12

IX.4.5.2. Espacement

En zone courante, les espacements des armatures transversales doivent respecter la formule suivante :

$$s_t \leq \text{Min}(a + 10\text{cm}; 15\phi_1; 40\text{cm}) \quad (86)$$

Avec :

a : la plus petite dimension transversale du poteau

En zone de recouvrement, il faut placer au moins trois nappes d'armatures transversales.

Tableau 72. Espacement des armatures transversales des poteaux

Niveau	s_t [cm]
R+6	25
R+5	25
R+4	30
R+3	30
R+2	30
R+1	30
RDC	30

Le plan de ferrailage du poteau étudié niveau RDC est donné en ANNEXE Z.4.

IX.5. ESCALIER

La présente étude porte sur l'escalier du RDC qui permet d'accéder au 1^{er} étage. La hauteur plancher-plancher y est de 3,50 m. Les caractéristiques de l'escalier sont déjà définies dans les paragraphes VI.5 et sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau 73. Caractéristiques de l'escalier

Hauteur de l'étage	3,50 m
Hauteur des marches « h »	17,50 cm
Giron « g »	27 cm
Nombre des marches « n »	20
Emmarchement « E »	1,30 m
Epaisseur de la paillasse « ep »	15 cm

Modélisation de la structure :

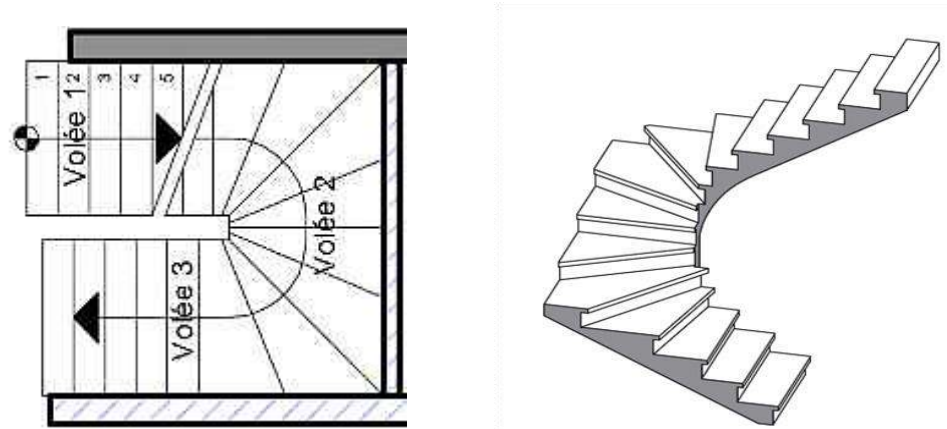


Figure 17. Forme géométrique de l'escalier à étudié

Pour notre cas, la paillasse, qui est l'élément portant de chaque volée, est assimilée à une dalle pleine inclinée s'appuyant sur 2 ou 3 de ses cotés selon le cas pour chaque volée. Elle est partiellement encastrée au niveau de la cage et de voile.

IX.5.1. Evaluation des charges

Les charges supportées par l'escalier sont données dans le tableau qui suit :

Tableau 74. Charges de l'escalier

Charges	Désignation	Valeur	Unité
Charges permanentes	Paillasse :0,15 m	4,42	kN/m ²
	Marche :0,175 m	1,93	kN/m ²
	Chape et revêtement	1,00	kN/m ²
	Garde-corps	0,10	kN/m ²
	Total G	7,45	kN/m ²
Surcharge	Escalier Q	2,50	kN/m ²

IX.5.2. Combinaisons d'actions

La fissuration étant peu préjudiciable, les actions à considérer sont celles à l'ELU telles que

$$p_i = 1,35G + 1,5Q = 1,35 \times 7,45 + 1,5 \times 2,50 = 13,81 \text{ kN/m}^2$$

IX.5.3. Sollicitations de calcul

Pour déterminer les moments et les efforts tranchants, le calcul est effectué en considérant la paillasse comme une dalle pleine et en appliquant la méthode forfaitaire.

➤ Cas d'une dalle pleine s'appuyant sur 3 cotés

Le cas concerné est la 2^{ème} volée de l'escalier, pour laquelle on a :

$$l_y \geq \frac{l_x}{2} \quad (87)$$

La modélisation de la structure est donnée par la figure ci-dessous.

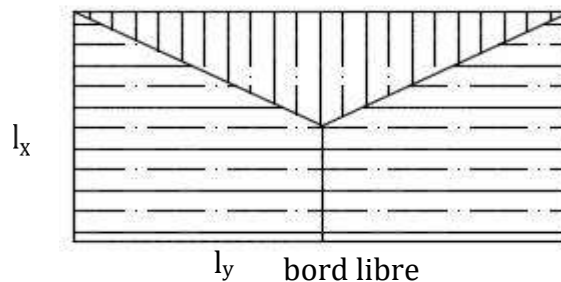


Figure 18. Schémas de modélisation des poutres sur 3 appuis

l_x représente le rayon de courbure R tandis que l_y est prise approximativement égale à la longueur d'arc correspondant à la mi- portée du rayon de la dalle :

$$l_y = \frac{R\theta}{2} \quad (88)$$

Les moments isostatiques maximaux en travée :

$$\begin{cases} M_{0y} = \frac{P_i l_x^3}{24} \\ M_{0x} = \frac{P_i l_x^2}{2} \left(\frac{18l_y - 7l_x}{18l_y - 4.5l_x} \right) \end{cases} \quad (89)$$

P_i : La charge uniforme répartie sur la dalle par unité de surface ;

P_i : La charge uniformément répartie le long du coté l_x par unité de longueur de ce dernier, donné par la formule :

$$P_i = p_i x l_y \quad (90)$$

Les moments en travée et sur appuis :

Ils sont obtenus en utilisant la méthode forfaitaire pour le cas des dalles partiellement encastres. Cette approche consiste à appliquer des coefficients forfaitaires sur les moments isostatiques de référence, tout en respectant la règle des fermetures des moments à $1,25M_0$ dans les 2 directions. Autrement dit, ces coefficients doivent vérifier l'inégalité :

$$M_t + \frac{M_e + M_w}{2} \geq 1.25 \quad (91)$$

Pour les encastres partiels, la valeur de ces coefficients est choisie telle que :

$$\begin{cases} M_{0 \text{ appui}} = 0.3M_0 \\ M_{0 \text{ travée}} = 0.95M_0 \end{cases} \quad (92)$$

➤ Cas d'une dalle pleine sur 2 appuis

C'est le cas de la 1^{er} et la 3^{ème} volée. L'étude revient au calcul d'une poutre sur appuis simple de longueur égale à la distance entre les 2 appuis et soumise à une charge uniformément répartie P_i sur toute la travée, tel que : $P_i = p_i \times l_y$

Les moments isostatiques maximaux en travée :

$$\begin{cases} M_{0x} = \frac{P_i l_x^2}{8} \\ M_{0y} = 0 \end{cases} \quad (93)$$

Les moments en travée et sur appuis :

Ils sont calculés par la même méthode que celle utilisée pour le cas des dalles sur 3 appuis.

➤ Résultats de calculs des sollicitations

Les résultats des sollicitations sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 75. Valeurs des sollicitations de calcul à l'ELU de l'escalier

Volée	Suivant x		Suivant y		l_x	l_y
	M_t [MN.m]	M_a [MN.m]	M_a [MN.m]	M_a [MN.m]		
1	0,0041850	0,0013216	0,00	0,00	1,30	1,51
2	0,0000069	0,0000022	0,00120098	0,00037926	1,30	2,70
3	0,0041572	0,0013128	0,00	0,00	1,30	1,50

IX.5.4. Détermination des armatures

➤ Cas des paillasse de la 2^{ème} volée

Pour ce cas, les armatures sont calculées suivant l_x et l_y . Le ferrailage sera étudié pour une bande de 1m de largeur, similaire au cas d'une poutre rectangulaire soumise à la flexion simple selon l'organigramme fourni en ANNEXE G. La condition de non fragilité impose une valeur minimale des armatures longitudinales tel que :

- Suivant l_x : $A_{min} = \left(\frac{3-\alpha}{2}\right) 8h$
- Suivant l_y : $A_{min} = 8h$

L'espacement maximal des armatures est donné par la relation :

- Suivant l_x : $S_{tx} = \text{Min} (3h ; 33)$ [cm]
- Suivant l_y : $S_{ty} = \text{Min} (4h ; 45)$ [cm]

Les diamètres des aciers utilisés devront respecter la condition :

$$\Phi \leq \frac{h}{10} = 15mm \quad (94)$$

➤ **Cas des paillasse de la 1^{er} et 3^{ème} volée**

Les armatures longitudinales sont les aciers disposés suivants l_x . Leur quantité est déterminée par la méthode de calculs d'une poutre rectangulaire de largeur 1m soumise à la flexion simple donnée à l'ANNEXE G. La section minimale d'armature est donnée par la formule :

$$A_{min} = 0.23bh \frac{f_{t28}}{f_e} \quad (95)$$

On aura également des armatures suivant l_y dites armatures de répartition et qui sont obtenus par la formule :

$$A_r = \frac{A_s}{4} \quad (96)$$

A_s : désigne la section d'armatures longitudinales.

➤ **Résultats de calculs des armatures**

Tableau 76. *Quantité d'armatures longitudinales de la paillasse de volée 2*

	Volée 2			
	Suivant x		Suivant y	
M_t [MN.m]	0,000007	-	0,00120098	-
M_a [MN.m]	-	0,000002	-	0,000379
d [m]	0,135	0,135	0,135	0,135
b [m]	1,00	1,00	1,00	1,00
f_{bu} [Mpa]	14,17	14,17	14,17	14,17
μ_{bu}	0,00000001	0,0000085	0,0000015	0,001469
μ_{lu}	0,392	0,392	0,392	0,392
Conclusion	SSA	SSA	SSA	SSA
z_b [m]	0,135	0,135	0,135	0,135
A_u [cm ² /m]	0,001	0,0005	0,256	0,081
A_{min} [cm ² /m]	1,51	1,51	1,20	1,20
A choisies	1,51	1,51	1,20	1,20
$A_{r\acute{e}el}$	4HA8 pm	4HA8 pm	3HA8 pm	3HA8 Pm
$A_{r\acute{e}el}$ [cm ² /m]	2,01	2,01	1,50	1,50

Tableau 77. *Quantité d'armatures longitudinales de la paillasse des volées 1 et 3*

	Volée 1				Volée 3			
	Suivant x		Suivant y		Suivant x		Suivant y	
M_t [MN.m]	0,004185	-	-	-	0,0041572	-	-	-
M_a [MN.m]	-	0,001322	-	-	-	0,0013128	-	-
d [m]	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135
b [m]	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
f_{bu} [Mpa]	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17	14,17
μ_{bu}	0,0162	0,0051	-	-	0,0161	0,0051	-	-
μ_{lu}	0,392	0,392	0,392	0,392	0,392	0,392	0,392	0,392
Conclusion	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA
z_b [m]	0,134	0,135	0,135	0,135	0,134	0,135	0,135	0,135
	Volée 1				Volée 3			
	Suivant x		Suivant y		Suivant x		Suivant y	
A_u [cm ² /m]	0,900	0,282	-	-	0,894	0,280	-	-
A_{min} [cm ² /m]	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81
A choisies	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81
Aréel	4HA8 pm	4HA8 Pm	4HA8 pm	4HA8 pm	HA8 pm	4HA8 pm	4HA8 pm	4HA8 pm
Aréel [cm²/m]	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01	2,01

Le plan de ferrailage de l'escalier est donné à l'ANNEXE Z.5.

CHAPITRE IX. ETUDE DE L'INFRASTRUCTURE

Le présent chapitre est consacré à l'étude des fondations. Elle comprend la présentation du contexte géotechnique, la proposition de variantes de fondation, le dimensionnement de la variante choisie.

IX.1. CONTEXTE GEOTECHNIQUE

Afin de bien connaître les caractéristiques du sol ainsi que sa nature, la reconnaissance géotechnique est indispensable.

IX.1.1. *Reconnaissance du terrain*

La reconnaissance du terrain a été effectuée par la société SIGMA-E basée exclusivement sur la réalisation des sondages géotechniques classiques ci-après :

- Six (06) sondages au pénétromètre dynamique en vue d'apprécier l'homogénéité des différents horizons constituant le site, et ses caractéristiques mécaniques globales ;
- Deux (02) sondages à la tarière manuelle couplés à des essais au pressiomètre Ménard pour obtenir les paramètres intrinsèques du sol en place bases des calculs de fondation à entreprendre.

IX.1.2. *Coupe de sondage*

La coupe du terrain en place se résume comme suit :

- 0,00 à 3,20 m : Limon sableux rougeâtre ;
- A 5,50 m : argile à tourbe argileuse ;
- A partir de 5,50 m : sable fin à sable grossier.

Les sondages manuels ont été arrêtés à 12 m de profondeur.

La nappe phréatique a été décelée vers 4,50 m de profondeur du niveau 0,00 de sondage au moment de l'investigation.

IX.1.3. *Caractéristiques géotechniques du site*

L'allure des pénétrogrammes est presque identique aux 6 points de sondages effectués (Pd1 à Pd6). Alors, le site est plus ou moins homogène.

En effet :

- De 0,00 à 3,20m de profondeur, la couche est moyennement compacte :

$$0,00 \leq q_d \leq 3,00 \text{ MPa}$$

- De 3,20 à 5,00m de profondeur, la couche devient peu compacte :

$$2,00 \leq q_d \leq 2,50 \text{ MPa}$$

- De 5,50 à 6,50m de profondeur, la couche devient résistante :

$$4,00 \leq q_d \leq 8,00 \text{ MPa}$$

Les résultats obtenus de la coupe du sol établie lors du sondage à la tarière manuelle couplé d'essai pressiometrique sont :

De 0,00 à 3,20m :

$$0,56 \leq E \leq 9,36 \text{ MPa}$$

$$0,22 \leq p_l \leq 0,70 \text{ MPa}$$

De 3,20 à 5,00m :

$$0,70 \leq E \leq 2,11 \text{ MPa}$$

$$0,16 \leq p_l \leq 0,24 \text{ MPa}$$

De 5,00 à 12,00m :

$$1,69 \leq E \leq 5,63 \text{ MPa}$$

$$0,16 \leq p_l \leq 0,37 \text{ MPa}$$

Avec E et p_l sont respectivement le module pressiometrique et la pression limite.

Les détails des résultats obtenus sur le site sont consignés en ANNEXE M.

IX.2. PROPOSITION DE VARIANTES DE FONDATION

Compte tenu de la nature des couches en profondeur et de l'importance des charges transmises par la superstructure, les systèmes de fondation suivantes peuvent être adoptés :

- Fondations superficielles en assise sur radier général
- Fondation semi-profonde ou profonde ;

L'emploi des fondations semi-profonde ou profonde est rejeté car cela demande des grands diamètres pour pouvoir supporté les charges venant de la superstructure et la mise en œuvre des pieux exige des profondeurs au-delà de 12m afin de trouver un substratum résistant.

Par conséquent, la meilleure solution pour ce projet est donc le système de fondation superficielle sur radier général afin d'assurer la stabilité de l'ouvrage ; c'est le cas qui sera étudié.

IX.2.1. Fondations superficielles en assise sur radier général

IX.2.1.1. Les différents types de radiers

Il existe en général 4 types de radier :

- ✓ Le radier dalle ;
- ✓ Le radier nervuré ;
- ✓ Le radier champignon sous poteaux ;
- ✓ Le radier voûte.

Le radier nervuré est de loin le plus économique et plus facile à mettre en œuvre ; c'est le cas retenu pour la fondation du bâtiment.

IX.2.1.2. Hypothèses de calcul

Les hypothèses suivantes sont à considérer :

- Le radier est considéré comme rigide c'est à dire moins déformable par rapport au sol de la fondation ;
- La structure ne présentant pas de dissymétrie excessive, la résultante des charges venant de la superstructure est voisine du centre du radier.

IX.2.1.3. Prédimensionnement du radier

i) Epaisseur du radier

La condition de rigidité suivant permet de donner l'épaisseur du radier :

$$h_0 \geq \frac{L_1}{20} \quad (97)$$

L_1 : Portée entre axes des poteaux, $L_1 = 5.60\text{m}$

Ainsi, $h_0 = 0.50\text{ m}$

ii) Dimensions de la nervure

La hauteur de la nervure est donnée par la relation suivante :

$$h_0 \geq \frac{L_2}{10} \quad (98)$$

L_2 : Portée entre axes des nervures, $L_2 = 5.60\text{m}$

Ainsi, $h = 1,00\text{ m}$ et la largeur prise égale à la plus grande largeur des poteaux : $b = 0.50\text{ m}$.

iii) Vérification de la condition de rigidité

Pour qu'un radier soit rigide il faut que :

$$L < \frac{\pi}{2} L_e \quad (99)$$

$$L_e \geq \sqrt[4]{\frac{4EI}{K.b}} \quad (100)$$

Avec :

L_e : longueur élastique, qui permet de déterminer la nature du radier (rigide ou flexible)

K : coefficient de raideur du sol tel que $K = 3600\text{ kN/m}^3$ (sol médiocre)

E : module de déformation du béton : $E = 121 \times 10^5 \text{ Kn/m}^2$ (pour un ciment de classe 42,5 et un dosage du béton de 350 kg/m^3)

b : largeur de la semelle

$I = \frac{bh^3}{12}$ moment d'inertie de la semelle.

En combinant l'inequation (99) et (100), on trouve la hauteur h par l'expression suivante :

$$h \geq \sqrt[3]{\frac{48L^4k}{\pi^4 E}} = \sqrt[3]{\frac{48 \cdot 5.60^4 \cdot 3600}{\pi^4 \cdot 121 \cdot 10^5}} = 52 \text{ cm}$$

$$h \geq 52 \text{ cm} \Rightarrow h = 100 \text{ cm (Vérifié)}$$

Par conclusion, on peut dire que le radier est bel et bien rigide.

iv) Surface occupée par le radier

Le radier occupe une surface égale à celle du bâtiment plus celles des débords : 0,30 m dans le sens longitudinal et transversal. Soit donc une surface $S = 612 \text{ m}^2$

Le schéma suivant montre une coupe sur l'axe 3 du radier nervuré.

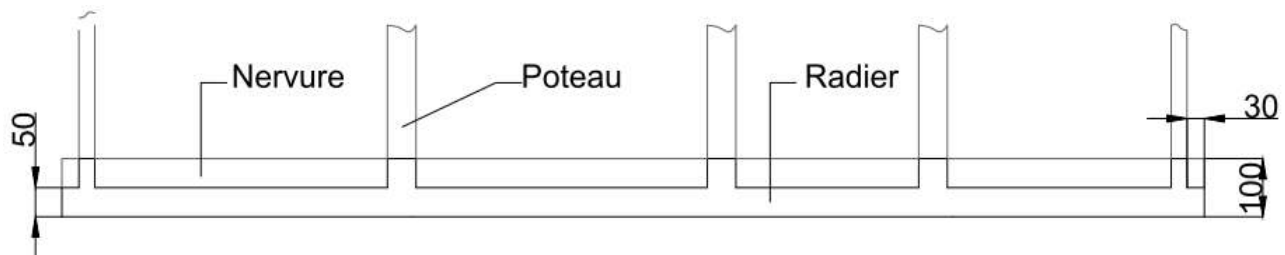


Figure 23. Coupe radier nervuré.

IX.2.1.4. Vérification vis-à-vis du poinçonnement et du tassement du sol

Le radier est modélisé comme une semelle isolée de très grande dimension. Et l'ancrage du radier est prise à $D = 1\text{m}$. Ce qui permet de faire les vérifications comme suit :

a. Poinçonnement

Le radier est modélisé comme étant une semelle de grande largeur. Ainsi, la contrainte admissible au poinçonnement de l'essai au pressiomètre Ménard est donnée par la relation :

$$q_a = q'_0 + \frac{k_p}{3} p^*_{le} \quad (101)$$

- Contrainte verticale effective σ dans le sol au niveau de la base de la fondation :

$$q'_0 = \int_0^h \gamma \cdot h - (h - z_w) \gamma_w \quad (102)$$

Le radier étant hors de l'eau, ainsi $q'_0 = \gamma \cdot h = 0.017 \times 1 = 0.017 \text{ MPa}$

- Pression limite équivalente P_{le}^*

Le terrain étant non homogène, p_{le}^* est calculée par la moyenne géométrique suivante sur la tranche de sol $[D ; D+1.5.B]$:

$$p_{le}^* = \sqrt[n]{p_{l1} \times p_{l2} \times \dots \times p_{ln}} \quad (103)$$

Ainsi :

$$p_{le}^* = \sqrt[12]{0,70 \times 0,22 \times 0,24 \times 0,21 \times 0,16 \times 0,27 \times 0,29 \times 0,32 \times 0,34 \times 0,37 \times 0,37 \times 0,37}$$

$$p_{le}^* = 0,30 \text{ MPa}$$

- Encastrement équivalente D_e

$$D_e = \frac{1}{p_{le}^*} \int_d^D p_l^*(z) \cdot dz \quad (104)$$

Sachant que :

$$d = 0$$

$p_l^*(z)$: Obtenu en joignant par des segments de droite sur une échelle linéaire les différents p_l^* mesurées [MPa].

$$\text{Ainsi, } D_e = 1.17m$$

- Facteur de portance k_p :

Puisqu'on a un sol « Limon argilo sableux rougeâtre » donc il est de classe A, par conséquent :

$$k_p = 0,8 \left[1 + 0,25 \cdot \left(0,6 + 0,4 \frac{B}{L} \right) \frac{D_e}{B} \right] \quad (105)$$

$$\text{D'où, } k_p = 0.825$$

- La contrainte admissible du sol au poinçonnement q_a

Les différents paramètres de l'équation (101) calculés précédemment donnent :

$$q_a = 0.100 \text{ MPa}$$

Pour les sondages au pénétromètre dynamique, on peut évaluer la contrainte admissible par la formule suivante :

$$q_a = \frac{q_d}{6}$$

Par interpolation, $q_d = 0.92$, pour 1m de profondeur.

$$\text{Ainsi, } q_a = \frac{0.92}{6} = 0.153 \text{ MPa}$$

Par conséquent, on prend $q_a = 0.100 \text{ Mpa}$

Un remblayage de tout-venant 0/40 sur la partie supérieure de la dalle dont les caractéristiques du sol sont les suivantes : $\varphi = 40^\circ$, $C = 0$ et $\gamma = 20.5 \text{ kN/m}^3$.

La contrainte provenant de la structure est récapitulée dans le tableau suivant :

Tableau 78. Charge et contrainte appliquée sur sol de fondation à l'ELS

Superstructure [MN]	G_{radier} [MN]	$G_{nervure}$ [MN]	$G_{remblayage}$ [MN]	Q_{ELS} [MN]	S [m ²]	σ_{ELS} [MPa]
32,66	7,66	5,80	2,84	48,94	600,00	0,08

Ainsi, $\sigma_{ELS} < q_a$ alors le poinçonnement du sol de fondation n'est pas à craindre.

b. Tassement

Le tassement du sol est donné par la relation :

$$s = s_c + s_d \quad (106)$$

Avec :

$$s_c = \frac{(q - \sigma_v) \lambda_c B \alpha}{9E_d} : \text{Tassement volumique}$$

$$s_d = \frac{2(q - \sigma_v) B_0 \left(\frac{\lambda_d B}{B_0} \right)^\alpha}{9E_d} : \text{Tassement déviatorique}$$

q : Contrainte verticale appliquée par la fondation

σ_v : Contrainte verticale totale avant travaux au niveau de la base de la fondation

λ_c et λ_d Coefficients de forme, donnés dans le tableau à l'ANNEXE N.

α : Coefficient rhéologique, dépendant de la nature, de la structure du sol (ou de la roche) et du temps, donné dans le tableau à l'ANNEXE O.

B : Largeur de la fondation

B_0 : Une dimension de référence égale à 0,60 m

E_c et E_d Modules pressiométrique équivalents respectivement dans la zone sphérique et dans la zone déviatorique.

Sachant que $\frac{B}{2} = \frac{19.70}{2} = 9,75$, les relations suivantes permettent de calculer E_c et E_d

$$E_c = E_1 \quad (107)$$

$$\frac{3.2}{E_d} = \frac{1}{E_1} + \frac{1}{0.85E_2} + \frac{1}{E_{3.5}} \quad (108)$$

E_1, E_2 et $E_{3.5}$ ont des moyennes harmoniques calculées comme suit :

$$\frac{3}{E_{3.5}} = \frac{1}{E_3} + \frac{1}{E_4} + \frac{1}{E_5} \quad \text{D'où } E_{3.5} = 1,06 \text{ MPa}$$

$$\frac{8}{E_{3.5}} = \frac{1}{9.36} + \frac{1}{0.56} + \frac{1}{1.07} + \frac{1}{0.70} + \frac{1}{2.11} + \frac{1}{1.69} + \frac{1}{5.63} + \frac{1}{4.21} \text{ D'où } E_1 = 1,39 \text{ MPa}$$

$$\frac{5}{E_2} = \frac{1}{4.21} + \frac{1}{2.85} + \frac{1}{2.92} + \frac{1}{2.92} + \frac{1}{2.92} \text{ D'où } E_1 = 3,09 \text{ MPa}$$

Ainsi,

$$E_c = 1,39 \text{ MPa}$$

$$E_d = 1,57 \text{ MPa}$$

Les résultats du calcul de tassement sont ensuite récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 79. Tassement S_c et S_d et S

q [MPa]	σ_v [MPa]	λ_c	λ_d	B [m]	B_0 [m]	α	S_c [mm]	S_d [mm]	s [mm]
0,08	0,02	1,2	1,53	19,7	0,6	0,5	56,69	36,12	92,81

Ainsi, $s = 92,81$ mm est acceptable étant donné que le tassement total admissible est de 100 mm pour les radiers général.

IX.2.1.5. Dimensionnement des armatures du radier

a. Dalle

La dalle est considérée continue, il faut déterminer pour chaque panneau les moments fléchissant en travée (selon les directions l_x et l_y) et sur appuis.

L'hypothèse de base est que chaque panneau de la dalle est partiellement encastré aux nervures.

L'étude porte sur le panneau de dalle qui a la plus grande dimension Elle a pour épaisseur 50 cm et pour dimensions $l_x = 4.40$ m et $l_y = 5.40$ m

En appliquant les formules (33) et (34), on trouve :

$$P_u = 20,63 \text{ kN/m}^2$$

$$P_{ser} = 15,00 \text{ kN/m}^2$$

- Calcul des sollicitations

La méthode utilisée est celui effectué lors du calcul du plancher du rez-de-chaussée.

En appliquant les formules d'une dalle continue pour les panneaux courants, les sollicitations de la dalle sont données dans le tableau suivant :

Tableau 80. Sollicitations de calcul de la dalle

Dalle	ELU	ELS
Moment de flexion	Suivant x	
M_{tx} [kN.m/m]	16,38	11,91
M_{acx} [kN.m/m]	-10,92	-7,94
Moment de flexion	Suivant y	
M_{ty} [kN.m/m]	10,15	7,38
M_{acy} [kN.m/m]	-6,77	-4,92

M_{tx} et M_{ty} : moments en travée suivant x et suivant y

M_{acx} et M_{acy} : moments sur appuis suivant x et suivant y

Etant donné que la fissuration est préjudiciable, le calcul des armatures est identique au calcul d'une poutre soumise à la flexion simple à l'ELS.

- Sections d'armatures longitudinales sur appui et en travée

L'organigramme de calcul en flexion simple à l'ELS est donné à l'ANNEXE H. Les résultats des calculs sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 81. Armatures de la dalle

	Suivant x		Suivant y	
	Appui continu	Travée	Travée	Appui continu
M_{ser} [MN.m/m]	0,00794	0,01191	0,00738	0,00492
$\bar{\alpha}_1$	0,53	0,53	0,53	0,53
M_{rb} [MN.m]	0,660	0,660	0,660	0,660
Conclusion	SSA	SSA	SSA	SSA
μ_s	0,00019	0,00029	0,00018	0,00012
Z_{b1} [m]	0,42	0,42	0,42	0,42
A_{ser} [cm ² /m]	0,94	1,41	0,87	0,58
A_{min} [cm ²]	5,43	5,43	5,43	5,43
A choisi [cm ² /m]	5,43	5,43	5,43	5,43
$A_{réel}$ [cm ²]	Suivant x		Suivant y	
	5HA12	5HA12	5HA12	5HA12
	5,65	5,65	5,65	5,65

Les sections d'acier sont calculées sur une bande de dalle de 1,00 m de largeur dans les deux directions.

- Dispositions constructives

- Diamètre maximal :

$$\Phi \leq \frac{h_0}{10} = 50\text{mm} \text{ est vérifiée}$$

- Espacement maximal des armatures :

Les espacements maximaux s_{tmax} des armatures sont donnés par les relations suivantes :

Suivant x : $s_{tx} \leq \min (3h_0 ; 33 \text{ cm})$

Suivant $y : s_{ty} \leq \min (4h_0 ; 45 \text{ cm})$

Ainsi : $s_{tx} \leq 33 \text{ cm}$
 $s_{ty} \leq 45 \text{ cm}$

- Ferrailage du panneau

Le calcul du ferrailage du radier se fera comme celui d'une dalle mais la disposition des armatures se fera comme une dalle renversée (acier principaux en partie supérieure en travée et en partie inférieure sur appui).

b. Nervures

Poutre à étudier : file 3 du radier (Poutre à 4 travées)

Méthode appliquée : la méthode de calcul de cet ouvrage est la méthode forfaitaire.

Pour cette méthode, les sollicitations hyperstatiques sont déduites des sollicitations isostatiques au moyen de coefficients.

Les nervures sont considérées comme des poutres doublement encastrees.

Calcul des sollicitations

□ Moment fléchissant :

Les valeurs des moments fléchissants retenues sont :

- Sur appuis de rive : $M_a = -0,30 M_0$
- Appuis intermédiaires : $M_a = -0,50 M_0$
- Travée de rive : $M_t = 0,85 M_0$
- Travée intermédiaire : $M_t = 0,75 M_0$

Les nervures servent d'appuis pour la dalle du radier, donc la transmission des charges s'effectue en fonction des lignes de ruptures (trapézoïdale et rectangulaire).

Tableau 82. Charges uniformes directement appliquées sur les poutres

Travée	A-B	B-C	C-D	D-E
L [m]	5,4	5,6	4,6	4,6
l [m]	4,6	4,6	3,7	4,2
α	0,85	0,82	0,80	0,91
g [kN/m ²]	12,5	12,5	12,5	12,5
Travée	A-B	B-E	E-F	F-G
q [kN/m ²]	2,50	2,50	2,50	2,50
g_m [kN/m]	58,59	59,57	51,28	52,91
q_m [kN/m]	8,72	8,91	7,26	7,58
Charge totale P_u à l'ELU [kN/ml]	92,18	93,79	80,11	82,80
Charge totale P_{ser} à l'ELS [kN/ml]	67,31	68,48	58,53	60,49

Moment dans la poutre isostatique : $M_0 = \frac{pl^2}{8}$

Tableau 83. Valeurs des sollicitations à l'ELS

Travée	A-B	B-C	C-D	D-E
M_0 ser [kN.m]	245,35	268,45	100,16	160,01
M_t ser [kN.m]	208,54	201,33	75,12	136,00
M_w ser [kN.m]	-73,60	-134,22	-50,08	-80,00
M_e ser [kN.m]	-122,67	-134,22	-50,08	-48,00

☞ Calcul d'armatures

1. Armatures longitudinales

Comme le calcul des poutres déjà étudiées, les armatures longitudinales sont calculées suivant l'organigramme de calcul en flexion simple mais cette fois-ci à l'ELS [ANNEXE H].

La section d'acier est de plus imposée par la condition de non fragilité et la règle du millièmes.

Tableau 84. Armatures en travées de la nervure

Travée	A-B	B-C	C-D	D-E
M_{ser} [MN.m]	0,209	0,201	0,075	0,136
$\bar{\alpha}_1$	0,53	0,53	0,53	0,53
M_{rb} [MN.m]	1,584	1,584	1,584	1,584
Conclusion	SSA	SSA	SSA	SSA
μ_s	0,00213	0,00205	0,00077	0,00139
z_{b1} [m]	0,82	0,82	0,84	0,83
A_{ser} [cm ²]	12,60	12,15	4,46	8,14
A_{min} [cm ²]	6,52	6,52	6,52	6,52
Achoisi [cm ²]	12,60	12,15	6,52	8,14
$A_{réel}$ [cm ²]	3HA12+3HA20	3HA12+3HA20	6HA12	6HA14
	12,81	12,81	6,78	9,24

Tableau 85. Armatures aux appuis de la nervure

Appui	A	B	C	D	E
M_{ser} [MN.m]	0,074	0,134	0,080	0,048	0,074
$\bar{\alpha}_1$	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
M_{rb} [MN.m]	1,584	1,584	1,584	1,584	1,584
Conclusion	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA
μ_s	0,00075	0,00137	0,00137	0,00082	0,00049
Z_{b1} [m]	0,84	0,83	0,83	0,84	0,84
A_{ser} [cm ²]	4,37	8,03	8,03	2,84	4,37
A_{min} [cm ²]	6,52	6,52	6,52	6,52	6,52
A choisi [cm ²]	6,52	8,03	8,03	6,52	6,52
$A_{réel}$ [cm ²]	6HA12	6HA14	6HA14	6HA12	6HA12
	6,78	9.24	9.24	6,78	6,78

2. Armatures de peau

Pour $h \geq 60$ cm des armatures de peau sont nécessaires. Dans notre cas ($h=100$ cm) ils seront choisis $2 \text{ cm}^2/\text{ml}$ et disposées le long des parements verticaux.

3. Armatures transversales

Dimension : pour une valeur ≤ 12 mm, on prend $\phi_t = 10 \text{ mm}$.

L'espacement se fait suivant la répartition de la méthode de Caquot avec un espacement initial S_{t0} .

Les détails sont donnés dans le schéma de ferrailage en ANNEXE Z.6.

CHAPITRE X. ETUDE DU SECOND ŒUVRE

Dans le but d'assurer le confort et l'hygiène des futurs occupants, une étude du second œuvre est effectuée. Elle comprend : l'alimentation en eau potable, l'assainissement et l'électricité de l'immeuble.

X.1. ADDUCTION D'EAU

Les principaux éléments de l'alimentation en eau du bâtiment sont :

- La canalisation principale : provenant du branchement général du réseau de distribution de la JIRAMA ;
- La canalisation primaire : venant du branchement primaire et desservant les différents étages du bâtiment ;
- La canalisation secondaire : venant du branchement secondaire et desservant directement les appareils.

L'étude est consacrée pour les canalisations primaires et secondaires étant donné que la canalisation principale est à la charge de la JIRAMA. L'étude portera ainsi sur la détermination des sections de ces canalisations qui peuvent suffire à transiter les débits de pointe.

X.1.1. *Canalisation primaire*

1. Débits bruts Q_b

Les valeurs des débits minimaux à prendre en considération pour le calcul des installations d'alimentation sont indiquées dans le tableau suivant.

Tableau 86. Valeurs des débits de base

Désignation des appareils	Débits minimum de calcul [l/s]	
	Eau froide	Eau chaude
Evier	0,20	0,20
Douche	0,20	0,20
Lavabo	0,20	0,20
Baignoire	0,33	0,33
Lave-mains	0,10	
Lave-vaisselle	0,10	
WC à réservoir de chasse	0,12	

2. Calcul des débits probables Q_p

Les débits probables sont obtenus en appliquant aux débits bruts un coefficient réducteur qui compte du fait que les appareils ne fonctionnent pas tous en même temps. Le débit probable est déterminé par la formule suivante :

$$Q_p = K \cdot Q_b \quad (109)$$

K : Coefficient de simultanéité tel que $K = \frac{0.8}{\sqrt{N-1}}$

N : Nombre d'appareil alimenté

Le tableau suivant récapitule les résultats des calculs. Un tableau à l'ANNEXE P complète ce Tableau 92.

Tableau 87. Récapitulations des débits probables Q_p

Etage	Q_b par étage [l/s]	N par étage	K	Q_p par étage [l/s]
R+6	5,49	30	0,149	0,82
R+5	4,86	25	0,163	0,79
R+4	4,04	20	0,184	0,74
R+3	6,25	30	0,149	0,93
R+2	5,90	28	0,154	0,91
R+1	5,90	28	0,154	0,91
RDC	1,45	7	0,327	0,47

3. Vitesse d'écoulement

La vitesse est choisie de façon à éviter le « coup de bélier » : c'est un phénomène perçu par un bruit de claquement sec engendré par la brusque fermeture d'un robinet avec une circulation d'eau à vitesse élevée, entraînant une onde de choc qui se propage dans les tuyauteries. Prenons alors la vitesse est égale à 1,5m/s.

4. Dimensionnement de la conduite

La détermination des diamètres de canalisation ainsi que les pertes de charge se fait à l'aide de l'abaque de « DARIES » donné à l'ANNEXE Q. Cet abaque est en fonction du débit probable et de la vitesse d'écoulement dans les canalisations.

Le résultat est donné dans le tableau suivant :

Tableau 88. Diamètre des tuyaux de la canalisation primaire

Etage	Q_p par étage [l/s]	Perte de charge [mCE/ml]	Diamètre [mm]
R+6	0,82	0,25	26
R+5	0,79	0,25	26
R+4	0,74	0,30	20
R+3	0,93	0,25	26
R+2	0,91	0,25	26
R+1	0,91	0,25	26
RDC	0,47	0,32	20

X.1.2. Canalisation secondaire

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

Tableau 89. Diamètre des tuyaux de la canalisation secondaire

Désignation des appareils	Débits minimum Q_b	Diamètre [mm]
Evier	0,20	12
Douche	0,20	12
Lavabo	0,20	10
Baignoire	0,33	13
Lave-mains	0,10	10
Lave-linge	0,20	12
Lave-vaisselle	0,10	10
WC à réservoir de chasse	0,12	10

X.1.3. Bouche d'incendie

Chaque étage disposera d'une bouche d'incendie à côté de la cage d'escalier pour la sécurité des usagers. La bouche d'incendie nécessite un débit de base assez grande de l'ordre de 5l/s. Son alimentation sera donc indépendante de celle des appareils calculés précédemment. Elle se raccorde directement sur la canalisation principale de la JIRAMA.

La conduite nécessite aussi des matériaux de plus grandes résistances à cause de la forte pression des eaux.

Le débit total brut est $Q_b = 6 \times 5 = 30$ l/s et le coefficient de simultanéité $K = 0,358$.

D'où le débit probable $Q_p = 10,74$ l/s

Avec la même vitesse d'écoulement de 1,5 m/s, nous allons utiliser des conduites en acier galvanisés de 90 mm de diamètre.

X.2. ASSAINISSEMENT

L'assainissement consiste à évacuer trois types d'eaux :

- Les eaux pluviales (EP) ;
- Les eaux vannes (EV) provenant des WC ;
- Les eaux usées (EU) provenant des salles d'eau et de cuisines.

Ainsi, ce paragraphe a pour but de dimensionner le système d'évacuation de l'ensemble de manière à assurer une évacuation rapide et sans stagnation des eaux usées provenant des appareils sanitaires et ménagers.

X.2.1. Réseau d'évacuation intérieure

Ce réseau intéresse l'évacuation de l'ensemble eaux usées et eaux vannes. A partir des appareils sanitaires, le réseau se compose des éléments suivants :

- Les siphons indispensables pour chaque appareil sanitaire et destinés à empêcher la pénétration de l'air vicié des canalisations dans et au voisinage des locaux où les appareils se trouvent ;
- Les collecteurs d'appareils sur lesquels sont branchés les siphons : ils recueillent les eaux provenant de ces derniers et les acheminent vers les tuyaux de chute auxquels ils sont raccordés ;
- Les tuyaux de chute qui, selon un système séparatif, servent de conduits d'évacuation indépendants pour les deux eaux ci-dessus jusqu'au branchement à l'égout à travers lequel ils rejoignent le réseau public ;
- Des ventilations primaires dans le prolongement des tuyaux de chute formées par des tubes pour mettre ces derniers en communication avec l'air libre au niveau de la toiture.

1. Matériau de la tuyauterie

La tuyauterie du réseau est en PVC et les principaux avantages sont :

- La résistance à la corrosion et l'abrasion ; -
- La tenue au choc ;
- La facilité de mise en œuvre ;
- Un coût plus abordable.

2. Diamètre des collecteurs d'appareils

La pente recommandée est de 1 cm/m. les diamètres minimaux des collecteurs sont :

Tableau 90. Diamètres intérieurs minimaux des collecteurs d'appareils

Appareils	ϕ intérieur minimal [mm]
Lavabo	30
Evier, douche	33
Baignoire	38
Machine à laver	33
WC	80

3. Diamètre des tuyaux de chute

- Chute d'eaux usées

Les diamètres intérieurs des tuyaux de chute d'eaux usées sont choisis dans le tableau ci-dessous.

Tableau 91. Diamètres intérieurs des tuyaux de chute d'eaux usées

Appareils	Nombre d'appareils	ϕ intérieur minimal [mm]
Lavabo, Evier, douche,	1 à 3 dont 1 baignoire au plus	50
Baignoire, Machine à laver,	4 à 10 dont 2 baignoires au plus	65
lave-main	11 appareils et au-delà	90
WC	1 ou plusieurs	90

En prenant en compte le nombre total d'appareils de tous les étages et en adoptant une même section de tuyauterie sur toute la hauteur de la colonne, le diamètre à retenir est de 90mm. Soit un diamètre commercial de 100mm.

- Chutes d'eaux vannes

En tenant compte des mêmes considérations que précédemment, les tuyauteries des eaux vannes seront également constituées de PVC $\phi 100$.

X.2.2. Evacuation des eaux pluviales

L'évacuation des eaux pluviales sera assurée par les tuyaux de descente avec entrées d'eau à moignon cylindrique. Les entrées d'eaux pluviales sont généralement constituées de deux parties : la platine et le moignon en plomb d'épaisseur 2,5 mm, assemblées entre elles par soudure ou tout système d'assujettissement étanche.

1. Débit à évacuer provenant de la toiture

Le débit à évacuer provenant de la toiture s'évalue à l'aide de la méthode rationnelle par la relation

:

$$Q = C. I. A \quad (110)$$

C : coefficient de ruissellement égale à 1,00 pour une toiture étanche

A : la surface de la toiture desservie

I : débit de base par mètre carré de projection horizontale de la toiture, égal à 0,05 l/s/m²

Tableau 92. Débits à évacuer

DEP N°	C	I [l/s/m ²]	A [m ²]	Q [l/s]
1	1,00	0,05	122	6.10
2	1,00	0,05	122	6.10
3	1,00	0,05	169.28	8.46
4	1,00	0,05	169.28	8.46

2. Diamètre des tuyaux de chute d'eaux pluviales

La descente d'eau pluviale (DEP) est dimensionnée à partir de la relation suivante :

$$Q = VN\phi^2 \frac{\pi}{4} \quad (111)$$

V : vitesse de l'eau dans la conduite prise égale à 1 m/s

N : nombre de DEP

Le calcul donne les diamètres commerciaux suivants :

Tableau 93. Diamètre des DEP

DEP N°	Q [l/s]	φ [mm]	φ commercial [mm]
1	6,10	88	100
2	6,10	88	100
3	8,46	104	150
4	8,46	104	150

X.2.3. Collecteurs principaux

Ils reçoivent les eaux recueillies par les descentes et les renvoient au réseau d'égouts.

1. Pente minimale

Leur pente minimale est, selon chaque cas :

- 1 cm/m pour les canalisations ne collectant que des eaux pluviales ; -
- 2 cm/m pour les canalisations collectant des EU ou des EV.

2. Débit de base des vidanges

Chaque appareil a un débit de base établi par le tableau de l'ANNEXE R.

Tableau 94. Débit total de vidange

Appareils	Nombre	Débit Nominal [l/s]	Débit total [l/s]
WC	37	1,5	55,50
Lavabo	26	0,75	19,50
Baignoire	13	1,2	15,60
Evier	23	0,75	17,25
Douche	13	0,5	6,50
Lave- linge	16	0,65	10,40
Total	128		124,75

3. Débit probable

Le calcul du débit probable des collecteurs principaux tient compte de la probabilité des simultanités de vidange qui introduit un coefficient de simultanéité déterminé à l'aide de l'abaque de l'ANNEXE S.

Pour 128 appareils : $K = 0,07$

Ainsi, $Q = 0,07 \times 124,75 = 8,73 \text{ l/s}$

4. Diamètre

En utilisant des tuyaux demi-pleins pour un réseau séparatif, le tableau de l'ANNEXE T permet de trouver le diamètre adéquate en fonction de la vitesse d'écoulement comprise entre 1 et 2 m/s pour éviter les dépôts solides, et la pente fixée à 2 cm/m. Ainsi, $\phi = 200 \text{ mm}$.

XI.2.4. Fosse septique

Le système de traitement et d'évacuation adopté est présenté dans la figure suivante :

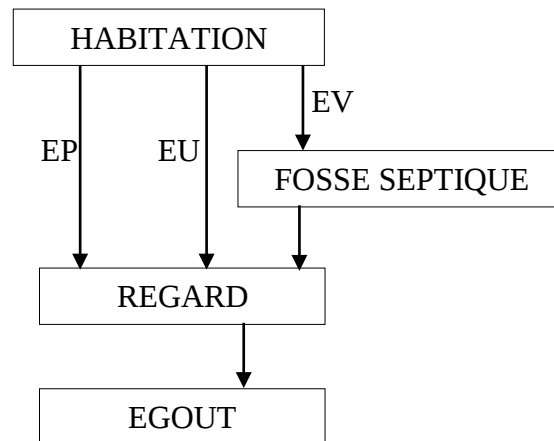


Figure 19. Système de traitement et d'évacuation des eaux (EP, EU et EV)

La fosse septique comprend un réservoir en béton armé fortement étanche qui contient en général trois (3) compartiments :

- Le comportement de chute ;
- Le comportement décantation ;
- Le comportement d'épuration ou simplement le filtre (qui constitué par de couche superposée de matière filtrante : mâchefer).

La forme géométrique de la fosse septique est comme l'indique la figure suivante :

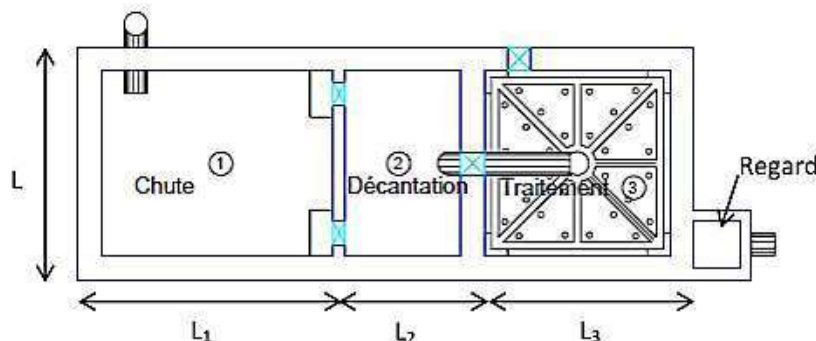


Figure 20. Forme générale de la fosse

1. Dimensionnement

Le dimensionnement de la fosse septique dépend essentiellement du nombre des usagers, le volume est fixé règlementairement à 250 litres par usager. Sa profondeur utile doit être supérieure à 1 m.

Pour notre cas, on estime le nombre des usagers à 90 personnes. Ainsi, deux fosses septiques identiques seront placées avec une capacité de $N=45$ personnes chacune.

- Volume de la fosse septique

$$V = 250 \cdot N = 250 \cdot 45 = 11250 \text{ [l]}$$

- Volume du compartiment de chute : $V_1 = \frac{2V}{3} = 7500$ [l]
- Volume du compartiment décantation : $V_2 = \frac{1V}{3} = 3750$ [l]
- Longueur de chaque compartiment

En considérant une profondeur et une largeur respective $h = 1,70$ m et $l = 1,50$ m, les longueurs de chaque compartiment sont les suivants :

$$L_1 = \frac{V_1}{h.l} = 2,94 \text{ m Soit } L_1 = 2,95 \text{ m}$$

$$L_2 = \frac{V_2}{h.l} = 1,47 \text{ m Soit } L_2 = 1,50 \text{ m}$$

- Dimensions du compartiment filtre

Pour le filtre, pour un nombre d'usagers N et une hauteur de l'épurateur $H' = 1,50$ m, la surface du lit bactérien S est :

$$S = \frac{N}{10 H'^2} = \frac{45}{10 \times 1.50^2} = 2,00 \text{ m}^2 \text{ et } L_3 = \frac{S}{H'} = 1.33 \text{ soit } L_3 = 1.35 \text{ m.}$$

2. Récapitulation des dimensions de la fosse septique

Tableau 95. Dimensions de chaque compartiment de la fosse septique

Compartiment	Chute	Décantation	Filtre
Volume [l]	7500	3750	3000
Hauteur [m]	1,70	1,70	1,50
Longueur [m]	2,95	1,50	1,35

X.2.5. Regards

Dans le réseau d'assainissement, les regards assurent de multiples fonctions, du simple accès pour entretien au rôle de siphon.

1. Regards de branchement

Les regards de branchements de dimensions 50×50 cm² pour une profondeur de 50 cm sont placés :

- Au pied de chaque chute d'eau pluviale ;
- A chaque changement de direction ou de pente des canalisations ;
- A chaque intersection des canalisations.

2. Regards siphonides

Ils sont utilisés pour isoler une partie du réseau des odeurs provenant notamment des EU et des EV. Pour chaque réseau, un regard siphonide est placé avant le raccordement à l'égout.

X.3. ELECTRICITE

A partir du réseau de distribution, l'alimentation en énergie électrique d'un bâtiment comprend :

Un branchement placé sous le contrôle de la JIRAMA ;

Des installations intérieures à la charge des propriétaires.

X.3.1. Objectifs généraux

Les quatre points suivants doivent être assurés obligatoirement :

- La protection du bâtiment contre la foudre dans les régions exposées ;
- La protection contre les surtensions pour les appareils sensibles ;
- La protection des personnes contre les contacts indirects ;
- Le bon fonctionnement en général de l'installation électrique.

X.3.2. Principe d'installations

Les principes à caractères obligatoires sont les suivants :

- Un même circuit ne doit desservir plus de huit points d'utilisation ;
- Les socles de prise de courant seront alimentés par des circuits différents de ceux alimentant les foyers lumineux.

X.3.3. Dispositifs de protection

1. Protection des circuits

Les dispositifs suivants dont les calibrages se trouvent à l'ANNEXE U sont choisis :

- Disjoncteurs principaux différentiels de 30 mA qui sont sensibles aux variations brusques de courant et placés à l'origine du circuit ;
- Fusible.

2. Protection du bâtiment

La protection consiste à placer un système de protection extérieure ayant pour fonction de capter la foudre. Les différents éléments suivants sont ainsi mis en place :

- Un paratonnerre à tige installé sur la toiture ;
- Des conducteurs de toiture et de descente en cuivre ou en acier galvanisé et inoxydable ;
- Une prise de terre capable de faire écouler dans un temps très court un courant de foudre dans le sol.

3. Protection des personnes

Elle est assurée par la mise en place d'une prise de terre, autre que celle du paratonnerre, à laquelle seront reliées notamment les prises de courant de l'installation munies à cet effet de contact de terre et sert à faire écouler un courant de fuite dans le sol.

Ainsi, le choix se porte sur une prise de terre à conducteur posé en boucle à fond de fouille.

X.3.4. *Projet d'éclairage*

L'éclairage remplit plusieurs fonctions :

- Donner une perception de l'environnement (Eclairage d'ambiance) ;
- Mettre en valeur une partie d'une construction ;
- Permettre d'accomplir une tâche (Eclairage de travail).

Il est essentiel alors de mener une étude du projet d'éclairage ayant pour but de déterminer le nombre de sources lumineuses nécessaires pour chaque local, conformément à sa destination et à son niveau d'éclairement souhaité.

1. Choix des luminaires

Pour la présente étude, on utilisera exclusivement des lampes « tubes fluorescents ».

Les caractéristiques de ce type de lampe sont données dans le tableau ci-après.

Tableau 96. Caractéristiques des lampes

Type de lampe	Longueur [cm]	Puissance [Watts]	Flux lumineux [lumens]
Tubes fluorescents	60	20	1000
	120	40	2500
	150	65	4000

2. Calcul du flux lumineux total et du nombre de luminaires

✓ Indice du local K

Les éclairages étant directs ou semi-directs ou mixtes, l'indice du local est donné par les relations suivantes.

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a+b)} \quad (112)$$

Avec :

a et b : longueur et largeur du local [m]

h : hauteur des luminaires au-dessus du plan utile [m]

✓ Rapport de suspension J

Le rapport de suspension est donné par :

$$J = \frac{H-h}{H} \quad (113)$$

Où H : hauteur sous-plafond

Il est à noter que J est pris égal aux valeurs suivantes :

$J = 0$ lorsque le luminaire est contre le plafond ;

$J = 1/3$ lorsque le luminaire est suspendu.

✓ Facteur de réflexion

C'est un facteur qui tient compte des couleurs des pièces dont les valeurs sont données dans le tableau à l'ANNEXE V.

Pour le présent projet, les teintes choisies sont claires pour le plafond, les murs et le sol.

✓ Facteur d'utilisation U

Donné par les tableaux de l'ANNEXE W, U est en fonction de J, K, des facteurs de réflexion et de la classe photométrique des luminaires.

✓ Facteur de dépréciation d

Ce facteur tient compte de la baisse d'efficacité de l'installation d'éclairage liée à la poussière régnant dans la pièce. Soit $d = 1,25$ (empoussièrément faible).

✓ Niveau d'éclairement

Le niveau d'éclairement est déterminé suivant l'usage et la nature du local. Voici un tableau qui montre quelques exemples de niveau d'éclairement avec le local correspondant :

Tableau 97. Niveau d'éclairement

Type de local	Niveau d'éclairement E (lux)
Parking ou garage	150
Toilette	100
Chambre à coucher	200
Type de local	Niveau d'éclairement E (lux)
Cuisine	200
Couloir	150
Escaliers	200
Salle de séjour	200

✓ Flux lumineux total F

C'est à partir du flux lumineux total qu'on obtient le nombre de luminaire nécessaire pour le local étudié. Son expression est :

$$F = \frac{E.S.d}{\eta.U} \quad (114)$$

Avec :

E : éclairage moyen du local considéré en [lux] ;

S : surface de la pièce en [m²] ;

n : rendement pris forfaitairement égal à l'unité

d : facteur de dépréciation des luminaires,

✓ Nombre de luminaires

Ainsi, f étant le flux lumineux d'une unité de luminaire, le nombre de luminaires est :

$$N = \frac{F}{f} \quad (115)$$

✓ Application à un appartement

Tableau 98. Nombre de luminaires dans chaque pièce de l'appartement 1 du 4^{ème} étage

Locaux	a [m]	b [m]	h [m]	K	E [lx]	Eclairage	U	F [lm]	f [lm]	N
Chambre 1A1	5,26	4	2,56	0,89	200	Direct	0,71	15410	4000	4
Chambre 2A1	4,00	3,5	2,56	0,73	200	Direct	0,65	11200	4000	3
Chambre 3A1	4,00	3,21	2,56	0,70	200	Direct	0,65	10272	4000	3
Salle d'eau 1A1	2,46	2,2	2,56	0,45	100	Direct	0,55	2558	4000	1
Salle d'eau 2A1	2,16	2,2	2,56	0,43	100	Direct	0,55	2246	4000	1
Séjour A1	7,70	4,4	2,56	1,09	300	Direct	0,78	33880	4000	8
Dégagement	4,40	1,2	2,56	0,37	100	Direct	0,55	2496	2500	1
Cuisine	2,00	2,1	2,56	0,40	300	Direct	0,55	5956	4000	1

CONCLUSION PARTIELLE

En guise de conclusion, les études techniques regroupent trois éléments principaux :

L'évaluation des charges ainsi que des sollicitations, le calcul des éléments du gros œuvre et l'étude du second œuvre. Ces derniers ayant tous leur importance, les deux premiers assurent la stabilité et la pérennité de l'ensemble de la construction et le second œuvre permet de satisfaire à la demande de confort et d'hygiène des futurs occupants.

ANDRIAMANAMPISOA Njaka

Promotion 2018

PARTIE IV. EVALUATION FINANCIERE ET ETUDE D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

CHAPITRE XI. ETUDE DE PRIX

Les éléments indispensables pour l'évaluation du coût total du projet sont les suivants :

le devis descriptif, le coefficient de majoration des déboursés K_1 , les prix unitaires de chaque tâche par le biais des sous-détails de prix et le détail quantitatif et estimatif.

XI.1. DEVIS DESCRIPTIF

Le devis descriptif est un document établi par le maître d'œuvre décrivant et localisant les ouvrages pour chaque corps d'état intervenant dans la construction, il précise la nature et la qualité des matériaux à utiliser. Les travaux seront exécutés conformément aux différentes qualités énumérées dans le devis descriptif. Ce devis est résumé dans le tableau suivant :

Tableau 99. Devis descriptif

N°	DESIGNATION	CONCERNE	UNITE
1. INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER			
1.01	INSTALLATION DE CHANTIER		Fft
	- Amenée des matériels et personnels sur le site - Baraquement et accessoires (logement gardien, magasin de stockage, bureau de chantier...) - Clôture de chantier en matériaux locaux légers - Branchement provisoire	Chantier	
1.02	REPLI DE CHANTIER		Fft
	- Repli des matériels et petits outillages - Nettoyage général du chantier, remise en état du lieu	Chantier	
2. TERRASSEMENT			
2.01	DECAPAGE ET NETTOYAGE DU SOL		m ²
	La partie des terres contaminée par la végétation devra être décapée et entreposée à proximité	Toute la surface à bâtir jusqu'à la limite de la propriété	
2.02	FOUILLE EN RIGOLE		m ³
	Fouille en rigole, y compris dressement des parois et des fonds	Travaux de fondation et assainissement (canalisation)	
2.03	FOUILLE EN EXCAVATION ET EN TRANCHEE		m ³
	Fouille en excavation avec jet de pelle sur berge, dressage et blindage des parois Fouille en tranchée, y compris toutes sujétions diverses	Assainissement (fosse septique) et fosse de l'ascenseur	
2.04	EVACUATION DES TERRES EXCEDENTAIRES		m ³
	Evacuation des terres excédentaires vers un lieu agréé quelle que soit la distance et toutes sujétions.	Terre excédentaire après mise en œuvre de la fondation, des ouvrages d'assainissement	
3. INFRASTRUCTURE			
3.01	BETON ORDINAIRE DOSE A 200 kg de ciment		m ³

N°	DESIGNATION	CONCERNE	UNITE
	Fourniture et mise en œuvre du béton ordinaire de dosage 200kg, y compris toutes sujétions de mise en œuvre.	Forme de propreté sous radier de fondation, sous fosses septiques	
3.02	BETON ARME DOSE A 350 kg de ciment		m3
	Fourniture et mise en œuvre du béton armé dosé à 350 kg de CEM I 42,5 coulé entre ou sans coffrage, y compris pervibration et toutes sujétions de mise en œuvre	Radier général, amorce poteaux, fosses septiques	
3.03	ARMATURE DE BETON		kg
	Fourniture et mise en œuvre d'armature en acier « Tor », tout diamètre, y compris coupe, façonnage, montage pour ligature en fil de fer recuit et toutes sujétions	Les ouvrages énumérés à l'article 3-02	
3.04	COFFRAGE EN BOIS ORDINAIRE		m²
	Fourniture et mise en œuvre de coffrage horizontal et vertical en bois ordinaire, y compris étalement, buttage et toutes sujétions	Les ouvrages énumérés à l'article 3-02	
3.05	DALLAGE		m3
	Hérissongement en tout venant 0/40 mm d'épaisseur après arrosage, réglage et damage y compris toutes sujétions de mise en œuvre	Sous béton de forme	
	Béton de gravillon dosé à 250kg, pour béton de forme, y compris réglage, mise à niveau de la surface et toutes sujétions de mise en œuvre	Béton de forme	
4. SUPERSTRUCTURE			
4.01	BETON ARME DOSE A 350 kg de ciment		m3
	Fourniture et mise en œuvre de béton armé dosé à 350 kg de CEM I 42,5, coulé entre coffrage, y compris pervibration et toutes sujétions de fournitures et de mise en œuvre	Poteaux, poutres, chaînages, linteaux, appui de baie, chéneau, dalles, escalier, voile en BA pour mur cage d'ascenseur	
4.02	BETON ORDINAIRE DOSE A 250 kg de ciment		m3
	Fourniture et mise en œuvre de béton ordinaire dosé à 250 kg de CEM I 42,5, y compris approche, compactage éventuel, lissage de la surface et toutes sujétions	Forme de pente de la terrasse	
4.03	ARMATURE DE BETON		kg
	Fourniture et mise en œuvre d'armatures en acier « Tor » de différents diamètres, y compris coupe, façonnage, cintrage, mise en place, ligature en fils recuits et toutes sujétions	Les ouvrages concernés par l'article 4-01	
4.04	COFFRAGE EN BOIS		m²
	Bois de coffrage droit y compris échafaudage et étayage	Les ouvrages concernés par l'article 4-01	
5. MACONNERIE			
5.01	MACONNERIE EN AGGLOS		m²
	Fourniture et mise en œuvre de maçonnerie en agglos creux hourdées au mortier de ciment dosé à 300 kg de CEMI 42,5, y compris toutes sujétions		

N°	DESIGNATION	CONCERNE	UNITE
5.01.1	Dimension 20x20x50	Murs de 23 cm	
5.01.2	Dimension 10x20x50	Murs de 13 cm	
6. ENDUITS			
6.01	ENDUIT AU MORTIER DE CIMENT		m ²
	Fourniture et mise en œuvre d'enduit au mortier dosé à 350kg de CEMII 32,5, dressé et finement taloché, exécuté en 2 couches de 1,5cm d'épaisseur, y compris toutes sujétions de mise en œuvre	Les 2 faces de maçonneries intérieures et extérieures, faces apparentes des bétons	
6.02	ENDUIT BESSIER		m ²
	Fourniture et mise en œuvre d'enduit bessier, exécuté en deux couches, appliqué au couteau puis poncé à sec, y compris toutes sujétions	Les 2 faces des murs intérieurs et face intérieure des murs extérieurs	
7. CARRELAGE ET REVETEMENT			
7.01	CARREAUX DE FAIENCE MURALE		m ²
	Fourniture et pose de revêtement en carreaux de faïence 15x15 cm ² , posés sur mortier dosé à 400 kg de ciment, y compris toutes sujétions	Les murs des locaux sanitaires sur une hauteur 1,50 m, les pourtours des éviers de la cuisine	
7.02	GRES CERAME 30X30 ANTIDERAPANT		m ²
	Revêtement en carreaux grés de cérame de qualité 30 x 30, posé à bain soufflant de mortier dosé à 400kg de CEMI 42,5, y compris toutes sujétions de mise en œuvre.	Plancher de chaque étage, hall, dégagement, escalier, sanitaire.	
7.03	PLINTHE EN GRES CERAME		ml
	Plinthe de 10cm de hauteur en grès cérame 30 x 30 encastré sur mur	Pourtour des surfaces de surface revêtues en grés de cérame	

7.04	NEZ DE MARCHE		ml
	Nez de marche en fer cornière 25x25x3, fixée à l'intérieur du béton de l'escalier, y compris tous accessoires et toutes sujétions de mise en œuvre	Marche des escaliers	
8. COUVERTURE, PLAFONNAGE ET ETANCHEITE			
8.01	ETANCHEITE TERRASSE		m ²
	Fourniture et mise en œuvre relevé d'étanchéité pour terrasse non accessible	Toiture terrasse	
8.02	CHENEAUX		
	Fourniture et mise en œuvre relevé d'étanchéité	Chéneaux	
8.03	DESCENTE D'EAU PLUVIALES EN PVC		ml
	Fourniture et pose de tuyaux de descente en PVC de diamètre 100 et 150 mm assemblés par colle spéciale, posés sur collier à contrepartie boulonnée tous les 2m, y compris toutes sujétions.	Evacuation d'eaux pluviales	
8.04	FAUX PLAFOND SUSPENDU		
	Fourniture et mise en œuvre de faux-plafonds à simple parement en plaques de plâtre	Plafonnage des différents locaux	

9. ASSAINISSEMENT			
9.01	TUYAU DE CHUTE POUR EAUX VANNES ET EAUX USEES		ml
	Fourniture et pose de tuyau de chute en PVC 100 des eaux vannes et des eaux usées, y compris coudes, colliers, accessoires et toutes sujétions	Ensemble des canalisations d'évacuation des eaux usées et eaux vannes de l'appareil jusqu'au premier regard ou à la fosse septique	
9.02	REGARD DE VISITE		U
	Fourniture et mise en œuvre de regard de visite en maçonnerie de briques pleines, de parois 20 cm d'épaisseur, hourdées au mortier dosé à 350 kg de ciment reposant sur un radier en béton dosé à 250 kg de ciment de 10 cm d'épaisseur, les parois verticales et le fond sont enduites au mortier de ciment dosé à 350 kg de ciment, dalle de couverture en béton armé de 7 cm d'épaisseur posée en feuillure, avec anneau de levage de 6 cm de diamètre scellé au coulage	Le regard d'assainissement	
9.03	FOSSE SEPTIQUE		U
	Fosse septique en BA conforme aux règlements sanitaires, comprenant : chute, décantation, filtre, avec système de distribution en plaques perforées de béton armé, le système d'évacuation et d'aération	Fosse septique	

10. PEINTURE			
10.01	BADIGEONNAGE		m ²
	Badigeonnage à la chaux grasse alunée à 2 couches avant la peinture définitive, y compris toutes sujétions	Les surfaces enduites intérieures du bâtiment sauf celles revêtues en carreaux de faïence	
10.02	PEINTURE ACRYLIQUE POUR INTERIEUR		m ²
	Peinture plastique pour intérieur de première qualité, appliqué en 2 couches croisées, y compris travaux préparatoires et toutes sujétion	Surface des murs et cloisons à l'intérieure, sauf local sanitaire et cuisine	
10.03	PEINTURE VINYLQUE POUR EXTERIEUR		m ²
	Peinture plastique pour extérieur, appliquée en 2 couches croisées, y compris travaux de préparation et toutes sujétions	Surface enduites extérieures de bâtiment	
10.04	PEINTURE A L'HUILE		m ²
	Peinture à l'huile de première qualité, appliqué en 2 couches croisées, y compris travaux préparatoires et toutes sujétions ceux revêtus	Les murs des locaux en 2 et cuisine sauf en carreaux de faïence	
10.05	PEINTURE GLYCEROPHTALIQUE		m ²
	Peinture glycérophtalique appliquée après application de couche antirouille, y compris travaux préparatoire et toutes sujétions	Menuiserie métallique et garde-corps	
10.06	VERNIS		m ²
	Vernis appliqué en 2 couches	Les menuiseries bois, les placards	
11. MENUISERIE BOIS ET METALLIQUE			
11.01	PORTE ISOPLANE (0,80 x 2,10)		U
	Fourniture et pose des portes isoplanes à 1 vantail de 0,80 m x 2,10 m, y compris tous ses accessoires	Salles de bains, toilettes, WC, débarras et chambres	
11.02	PORTE ISOPLANE (0,90 x 2,10)		U
	Fourniture et pose des portes isoplanes à 1 vantail de 0,90 m x 2,10 m, y compris tous ses accessoires	Chambres, local technique	
11.03	PORTE ISOPLANE (1,00 x 2,10)		U
	Fourniture et pose des portes isoplanes à 1 vantail de 1,00 m x 2,10 m, y compris tous ses accessoires	Entrée RDC	
11.04	PORTE METALLIQUE (1,20 x 2,10)		U
	Fourniture et pose de porte métallique pleine à 1 vantail de 1,20 x 2,10 m, y compris tous ses accessoires	Echelle de secours	
11.05	PORTE METALLIQUE 2 VANTAUX		U
	Fourniture et pose de porte métallique coulissante verticale de 1.80 x 2,10 m, y compris tous ses accessoires	Local technique	

N°	DESIGNATION	CONCERNE	UNITE
11.06	PORTE PLEINE EN PALISSANDRE (1,40 x 2,10)		U
	Fourniture et pose des portes pleines en palissandre de 1,40 m x 2,10 m, y compris tous ses accessoires	Portes d'entrée de chaque appartement.	
11.07	PLACARD SOUS PAILLASSE 70 x 60 x 90		U
	Fourniture et pose de placard sous paillasse avec porte isoplanes à 2 vantaux, y compris tous ses accessoires	Cuisines	
11.08	GARDE-CORPS METALLIQUE		ml
	Garde-corps métallique (montant et main courante)	Escaliers en BA du bâtiment et salons des mezzanines	
11.09	PORTE METALLIQUE COULISSANTE VERTICALE (2,30 x 2,50)		U
	Fourniture et pose de porte métallique coulissante verticale de 2,30 x 2,50 m, y compris tous ses accessoires	Entrée RDC	
11.10	BRISE SOLEIL METALLIQUE		Fft
	Fourniture et pose de brise soleil métallique, y compris toutes sujétions de fixations	Façade principale et postérieure	
11.11	ECHELLE DE SECOURS METALLIQUE		Fft
	Fourniture et pose d'échelle de secours métallique, y compris toutes sujétions de fixations		
12. MENUISERIE ALUMINIUM ET VITRERIE			
12.01	PORTE VITRE EN ALUMINIUM A 1 vantail		U
	Fourniture et pose de porte vitré en aluminium à 1 vantail de 1,40 x 2,10, y compris cadre, quincaillerie et toutes sujétions	Loggia	
12.02	PORTE VITRE EN ALUMINIUM A 2 VANTAUX		U
	Fourniture et pose de porte vitré en aluminium à de 1,00x2,10 m, y compris cadre, quincaillerie et toutes sujétions	Dégagement	
12.03	PORTE VITRE EN ALUMINIUM COULISSANTE A 3 ELEMENTS		U
	Fourniture et pose de porte vitrée en aluminium coulissante à 3 éléments, y compris toutes sujétions de fixations	Entrée porche RDC	
12.04	CHASSIS VITRE EN ALUMINIUM FIXE		U
	Fourniture et pose de châssis vitré fixe, y compris toutes sujétions de fixations		
	Dimension : 4,40 x 2,50	Façade principale / postérieur	
	Dimension : 3,70 x 2,50	Façade principale / postérieur	
	Dimension : 4,20 x 2,50	Façade principale / postérieur	
	Dimension : 4,50 x 2,50	Façade postérieur	
	Dimension : 2,00 x 2,50	Façade postérieur	
	Dimension : 3,30 x 3,00	Façade principale	
	Dimension : 5,40 x 3,00	Façade latérale	
	Dimension : 5,20 x 2,50	Façade latérale	

N°	DESIGNATION	CONCERNE	UNITE
	Dimension :4,10 x 2,50	Façade latérale	
12.05	FENETRE VITRE COULISSANTE A PLUSIEURS ELEMENT		U
	Dimension :4,20 x 3.00	Façade principale	
	Dimension :4,00 x 2,50	Façade principale	
	Dimension :4,40 x 2,50	Façade principale	
	Dimension :5,40 x 2,50	Façade latérale	
	Dimension :4,20 x 2,00	Façade postérieure	
	Dimension :3,50 x 2,50	Façade latérale	
	Dimension :2,80x 2,50	Façade latérale	
	Dimension :3,62x 2,50	Façade latérale	
	Dimension :4,10 x 2,50	Façade latérale	
	Dimension :3,00 x 1,50	Façade latérale	
	Dimension :1,50 x 1,50	Toutes les façades	
	Dimension :2,50 x 2,00	Façade postérieure	
	Dimension :4,40 x 2,00	Façade postérieure	
12.06	MUR RIDEAU DE VERRE		m ²
	Fourniture et pose de mur rideau, y compris toutes sujétions de fixations	Façade principale et postérieure	
12.07	FENETRE NACO		U
	Fourniture et pose de fenêtre NACO de 0,60x0,60, y compris toutes sujétions de fixations.	Toilettes	
13. PLOMBERIE SANITAIRE			
13.01	ALIMENTATION EN EAU		Fft
	Fourniture et pose de canalisation en acier galvanisé de tout diamètre y compris manchons, tés, coudes et toutes sujétions. Les alimentations en eau auront de sections proportionnelles aux débits nécessaires pour le nombre des appareils afin que ceux-ci aient un fonctionnement parfait.	Les canalisations primaires, secondaires	
13.02	LAVABO EN CERAMIQUE SIMPLE		U
	Fourniture et pose de lavabo en céramique émaillé blanc de 0,60 x 0,48 [m], y compris robinet, vidange à bouchon avec chaînette, siphon et tuyau en PVC pour raccord vers la canalisation des eaux usées, coudes et toutes sujétions.	Toilettes et WC	
13.03	LAVABO EN CERAMIQUE DOUBLE		U
	Fourniture et pose de lavabo en céramique émaillé de dimension 1,30 x 0,60 [m], y compris toutes sujétions.	Toilettes (salle d'eau)	
13.04	GLACE DE LAVABO		U
	Fourniture et pose de glace de lavabo sans biseau de dimension 0,55m x 0,45 m	Au-dessus du lavabo	

13.05	WC à l'anglaise		U
	Fourniture et pose de WC à l'anglaise comprenant cuvette en céramique émaillée, à chasse directe, à action siphonique, un abattant double en matière plastique, un réservoir de chasse en céramique de capacité 13 litres, complet et muni de tous ses accessoires, avec robinet d'arrêt, y compris toutes sujétions	Toilettes et WC	
13.06	DISTRIBUTEUR DE PAPIER HYGIENIQUE		U
	Fourniture et pose de distributeur de papier hygiénique en céramique, y compris toutes sujétions	WC	
13.07	PORTE SERVIETTE		U
	Porte serviette double barre en laiton chromé	Salle de bain et lavabo	
13.08	PORTE SAVON EN CERAMIQUE		U
	Fourniture et pose de porte savon en Lavabos céramique		
13.09	BAIGNOIRE		U
	Fourniture et pose de baignoire comprenant robinet, toute visserie chromée, y compris toutes sujétions	Salle de bain de chaque appartement	
13.10	EVIER		U
	Evier double bacs avec égouttoir, en acier inoxydable	Cuisines	
13.11	RECEVEUR DE DOUCHE		U
	Fourniture et pose de receveur de douche et accessoires	Salle de bain	
14. PROTECTION INCENDIE			
14.01	BOUCHE D'INCENDIE		U
	Bouche d'incendie en fonte à poser en sol avec boîtier, couvercle, robinet à croisillon et prise à raccord symétrique, diamètre 90 y compris vanne d'incendie en bronze à volant	Dispositif d'urgence d'incendie à côté de la cage d'escalier pour chaque niveau	
14.02	EXTINCTEUR		U
	Extincteur à eau pulvérisée avec additif, capacité 9kg compris toutes sujétions diverses	Pour chaque niveau	
15. ELECTRICITE			
15.01	TABEAU DE DISTRIBUTION		U
	Fourniture et pose de tableau général de distribution, y compris toutes sujétions	Tableau compteur	
15.02	TABEAU SECONDAIRE DE DISTRIBUTION		U
	Fourniture et pose de tableau secondaire de distribution, y compris disjoncteur, fusibles et toutes sujétion	La distribution de l'électricité à chaque niveau, à chaque appartement	
15.03	PARATONNERE		U
	Fourniture et pose de paratonnerre, y compris mise à la terre et toutes sujétions	L'ensemble de la construction	

15.04	POINT LUMINEUX A SIMPLE ALLUMAGE	U	15.04
	Fourniture et pose d'un point lumineux à simple allumage, y compris fil tertiaire, interrupteur à simple allumage et toutes sujétions	Toilettes, WC, local technique	
15.05	POINT LUMINEUX A DOUBLE ALLUMAGE		U
	Fourniture et pose d'un point lumineux à double allumage, y compris fil tertiaire, interrupteur va-et-vient et toutes sujétion	Parking, les chambres, séjours ou salon, couloirs, cuisine, hall et dégagement	
15.06	PRISE DE COURANT LUMIERE		U
	Fourniture et pose de prise de courant 2P+T y compris branchement et toutes sujétions	Tous les locaux	
15.07	PRISE DE COURANT DE FORCE		U
	Fourniture et pose de courant force triphasé, y compris branchement et toutes sujétions		
15.08	PRISE ETANCHE MURALE		U
	Fourniture et pose de prise murale étanche	Cuisine de tous les locaux	
15.09	CABLAGE ELECTRIQUE		Fft
	Câble d'installation principale et secondaire (tube orange +fil isolé)	L'ensemble de l'installation	
16. EQUIPEMENTS			
16.01	ASCENSEUR		U
	Installation et montage d'ascenseur panoramique, y compris toutes sujétions	Ascenseur	
16.02	GROUPE ELECTROGENE		U
	Installation groupe, y compris toutes sujétions	Dispositif de sécurité	
16.03	CLIMATISEUR		U
	Fourniture et pose de climatiseur y compris toutes sujétions de mise en œuvre	Appartement	

XI.2. COEFFICIENT DE MAJORATION DES DEBOURSES

Le coefficient de majoration des déboursés K_1 est donné par la relation :

$$K_1 = \frac{\left(1 + \frac{A_1}{100}\right)\left(1 + \frac{A_2}{100}\right)}{1 - \left[\left(\frac{A_3}{100}\right)\left(1 + \frac{TVA}{100}\right)\right]}$$

Avec :

A1- frais généraux proportionnels aux déboursés avec

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

A2- bénéfice brut et frais financier proportionnel au prix de revient de l'entreprise.

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

A3-frais proportionnels aux TVA, TVA = 20% pour les travaux

Dans le cas réel, les valeurs des indices a_i sont choisies forfaitairement par l'Entreprise. Dans ce projet, des valeurs approchées sont prises forfaitairement et données par le tableau ci-dessous afin de calculer les paramètres A_i .

$A_3 = a_9 = 0$ est nul dans le cas d'une entreprise ayant son siège social à Madagascar

La signification de « a_i » et les valeurs des « A_i » sont données dans le tableau suivant :

Tableau 100. Valeurs des coefficients A_i

ORIGINE DES FRAIS	DECOMPOSITION A L'INTERIEUR DE CHAQUE CATEGORIE DE FRAIS	INDICE DE COMPOSITION DE CATEGORIE				
Frais généraux proportionnels aux déboursés	Frais d'agence et patente	a1	5,0	A1	19,0	
	Frais de chantier-supervision	a2	10,0			
	Frais d'études et de laboratoire	a3	3,0			
	Assurance	a4	1,0			
Bénéfice brut et frais financiers proportionnels aux prix de revient	Bénéfice net et impôts sur les bénéfices	a5	14,0	A2	21,5	
	Aléas techniques	a6	2,0			
	Aléas de révision de prix	a7	1,5			
	Frais financiers	a8	4,0			
Frais proportionnels aux prix de règlement avec TVA	Frais de siège à Madagascar et travaux à Madagascar	a9	0,0	A3	0	
					TVA	20%

Nous entendons par :

- Frais de chantier, tous les éléments tels que :
 - ✓ Salaires, charges, frais de déplacements ;
 - ✓ Logement de chantier, mobilier, installation diverse de non comprise dans l'installation de chantier.
- Frais d'études et de laboratoire, tous les éléments tels que :
 - ✓ Frais de laboratoire au titre des essais de convenance d'agrément de contrôle;
 - ✓ Frais d'études ;
 - ✓ Frais de conception et de plan.
- Aléas de révision des prix : tous les éléments rémunérant les aléas à la révision des prix ;
- Aléas techniques : aléas et imprévus technique (évacuation, accident).

On trouve une valeur du coefficient de majoration de déboursés $K = 1,45$

XI.3. SOUS-DETAILS DE PRIX

Un exemple de sous-détails de prix est donné ci-après et quelques exemples se trouvent en ANNEXE X.

Tableau 101. Exemple de sous-détails de prix

Désignation	Béton dosé à 350 kg/m ³								
Rendement R	12	m3/j							
Composants de prix			Coûts directs			Dépenses directes			TOTAL [Ar]
Désignation	Uté	Qté	Uté	Qté	PU (Ar)	MO	Matériaux	Matériels	
1. <u>Main d'œuvre</u>	Chef de chantier	Hj	1	h	1	3 000	3 000		
	Chef d'équipe	Hj	1	h	8	2 000	16 000		
	Ouvrier Spécialisé	Hj	3	h	8	1 800	43 200		
	Manœuvre	Hj	6	h	8	1 000	48 000		
Total main d'œuvre									110 200,00
2. <u>Matériaux</u>	Ciment	kg	350	kg	4200	600		2 520 000	
	Gravillon	m ³	0,8	m ³	9,6	40 000		384 000	
	Sable	m ³	0,4	m ³	4,8	25 000		120 000	
	Eau	l	200	l	2400	10		24 000	
Total matériaux									3 048 000,00
3. <u>Matériels</u>									
	Bétonnière	U	1	h	3	15 000			45 000,00
	pervibrateur	U	1	h	3	12 000			36 000,00
	Outillage manuel	Fft	1	Fft	1	15 000			15 000,00
Total matériels									96 000,00
K1= 1,446							Déboursés Sec (DS)		3 254 200,00
							PVHT =K1 (DS/R)		392 131,10
							Arrondi à		397 000,00

XI.4. DETAIL QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Le détails quantitatif et estimatif est donné à l'ANNEXE Y. Et le récapitulatif donnant l'estimation du coût de l'ouvrage est présenté dans le tableau ci-dessous.

Tableau 102. Estimation du coût de l'ouvrage

DESIGNATION	MONTANT [Ariary]
1- INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER	135 000 000
2- TERRASSEMENT	16 243 027
3- INFRASTRUCTURE	638 142 775
4- SUPERSTRUCTURE	1 656 979 625
5- MACONNERIE	178 998 772
6- ENDUITS	113 665 779
7- CARRELAGE ET REVETEMENT	156 640 239
8- ETANCHEITE ET COUVERTURE	147 182 341
9- ASSAINISSEMENT	34 247 460
10- PEINTURE	75 604 305
11- MENUISERIE BOIS ET METALLIQUE	106 659 575
12- MENUISERIE ALUMINIUM ET VITRERIE	417 625 000
13- PLOMBERIE SANITAIRE	57 759 000
14- PROTECTION INCENDIE	16 110 500
15- ELECTRICITE	44 958 800
16- EQUIPEMENTS	391 000 000
17 - AMENAGEMENT EXTERIEUR	79 043 200
MONTANT TOTAL DES TRAVAUX HORS TVA	4 265 860 402
TVA 20%	853 172 080
MONTANT TOTAL DES TRAVAUX TOUTES TAXES COMPRISES	5 119 032 483

Arrêté le montant estimé des travaux à la somme de « **CINQ MILLIARDS CENT DIX NEUF MILLIONS TRENTE DEUX MILLE QUATRE VINGT TROIS ARIARY** » (5 119 032 483 Ar), y compris la taxe sur les valeurs ajoutées au taux de vingt pour cent (TVA = 20 %) pour un montant de HUIT CENT CINQUANTE TROIS MILLIONS CENT SOIXANTE DOUZE MILLE QUATRE VINGT ARIARY (853 172 080 Ariary)

Soit le montant du coût au mètre carré bâti à la somme de **UN MILLION TROIS CENT QUATRE VINGT QUATORZE SOIXANTE DOUZE ARIARY** (1 394 072 Ar).

CHAPITRE XII. ETUDE DE RENTABILITE DU PROJET

L'étude de rentabilité permet de déterminer les indicateurs de rentabilité d'un projet à savoir :

- La valeur actuelle nette ou VAN qui doit être positive ;
- L'indice de profitabilité IP ;
- Le taux de rentabilité interne ou TRI qui doit être supérieur au taux d'actualisation ;
- Le délai de récupération du capital investi ou DRCI.

L'analyse de ces paramètres permettra de conclure si le projet est rentable ou non et qu'il puisse implicitement être adopté ou non.

XII.1. COUT D'INVESTISSEMENT

Ses composants essentiels sont : le prix de l'ouvrage et la prestation du Maître d'œuvre.

XIII.1.1. Prix de l'ouvrage

Le coût total de la construction s'élève à **5 119 032 483,85 Ar**. A cela s'ajoute le prix d'acquisition du terrain qui est de 190 000 Ar/m², soit un montant total de 265 905 000,00 Ar.

Ainsi, le prix total de l'ouvrage est de **5 384 937 482,85 Ar**.

XIII.1.2. Prestation du Maître d'œuvre

La prestation des bureaux d'études, de conception, d'architecture et de contrôle des travaux désignés par le Maître de l'ouvrage est estimée à 8% du coût de la construction. Soit un montant de **430 794 998,63 Ar**.

En somme, le promoteur doit disposer d'un minimum de **5 815 732 481,47 Ar** de fond d'investissement I₀.

XII.2. CHIFFRE D'AFFAIRE ANNUELLE ENVISAGEE

Les recettes envisagées pour chaque loyer de chaque local sont récapitulées ci-après.

Tableau 103. Recettes annuelles envisagées

Appartements (étages)	T3 (RDC,1,2,5 et 6)	T3(3,4)	T2 (5)	T4(6,4,2 ,1) et T5 (1)	T4(4)
Location mensuelle [Ar]	1 855 000	1 755 000	1 200 000	2 165 000	2 000 000
Quantité	9	2	1	9	2
Total par mois [Ar]	16 695 000	3 510 000	1 200 000	19 485 000	4 000 000
Total par an [Ar]	200 340 000	42 120 000	14 400 000	233 820 000	48 000 000

La recette annuelle engendrée par la location est ainsi estimée à 538 680 000 Ar, la première année d'exploitation. Toutefois, ce prix croit de 12 % par an à cause de l'inflation et de l'actualisation de la devise monétaire.

XII.3. CHARGES

Les charges d'exploitation sont considérées comme les dépenses ou les coûts futurs de maintenance et d'exploitation de l'ouvrage. Il s'agit dans ce Projet :

- Les charges annuelles : ce sont les charges liées à l'exploitation et à la maintenance de la construction et sont estimées forfaitairement à 5% de la recette ;
- Des impôts et taxes à verser à l'Etat et à la commune dont il appartient (CUA) ; les impôts sont estimés à 20% de la recette (bénéfice fiscal).

XII.4. PARAMETRES COMPLEMENTAIRES

XII.4.1. Le coefficient d'actualisation

C'est un coefficient dépendant plusieurs variables comme : le taux d'intérêt monétaire des emprunts bancaires, la dépréciation monétaire et le taux de rendement du placement sur le marché.

Pour la présente étude, le taux d'actualisation « a » est fixé à 12 %.

XII.4.2. La durée de vie du projet

La durée de vie peut être prise égale au délai d'amortissement.

$$Durée\ de\ vie = \frac{100}{Taux\ d'amortissement}$$

Le bâtiment étant à usage d'habitation, le taux d'amortissement considéré est de 2 % correspondant à une durée de vie de 50 ans (Source : Direction Régionale des Impôts ANALAMANGA, Juillet 2013).; mais dans notre calcul, pour des raisons techniques et économiques, nous allons prendre une durée de vie de 20 ans qui correspond au taux d'amortissement de 5%. En effet, des grandes réhabilitations et des modifications seront fort probables après 20 ans d'usage.

XII.5. CALCUL DES INDICATEURS DE RENTABILITE

XIII.5.1. La valeur actuelle nette VAN

La valeur actuelle nette permet de mesurer la création de valeur du projet. Il faut qu'elle soit positive pour que le projet soit dit rentable.

$$VAN = \sum_{p=1}^n \frac{F(p)}{(1+a)^p} - I_0$$

F(p) : Flux net de trésorerie de la période p ;

a : Taux d'actualisation, a = 11%

n : Durée de vie du projet.

XIII.5.2. L'indice de profitabilité **IP**

L'indice de profitabilité doit être supérieur à 1 pour que le projet soit considéré comme rentable. Il est donné par la relation :

$$IP = 1 + \frac{VAN}{I_0}$$

XII.5.3. Le taux de rentabilité interne **TRI**

Le taux de rentabilité interne correspond à un taux d'actualisation pour laquelle VAN vaut nulle. Le projet est adopté si le TRI est supérieur au taux d'actualisation fixé pour l'analyse de la rentabilité du projet.

Nous définirons deux taux d'actualisation r_1 et r_3 , correspondant respectivement à une $VAN(r_1) < 0$ et une $VAN(r_3) > 0$, encadrant la valeur pour laquelle la $VAN_2 = 0$. Puis pour déterminer le TRI (r_2), nous procéderons par interpolation.

XII.5.4. Délai de récupération du capital investi **DRCI**

C'est le délai pour lequel la somme des cash-flows après actualisation est égale au décaissement dû à l'investissement. Il doit être inférieur à la durée de vie du projet.

XIII.5.5. Résultats et analyses des indicateurs de rentabilité

XII.5.5.1. VAN

Le Tableau ci-après donne la somme des flux nets de trésorerie actualisés tels que les différents paramètres sont comme suit :

- ✓ Montant d'amortissement annuel : $A = 5\% \cdot I_0 = 290\,786\,624$ [Ar]
- ✓ Bénéfice brut = Recette annuelle – Charge annuelle
- ✓ Bénéfice fiscal = Bénéfice brut – Montant d'amortissement
- ✓ Bénéfice net = Bénéfice brut – (Montant d'amortissement + Impôts et taxes)
- ✓ Cash-Flow Brut (CFB) = Bénéfice Net + Montant d'Amortissement
- ✓ Coefficient d'actualisation : $Ca = (1 + a)^{-p}$ tel que $a = 11\%$.

Tableau 104. Calcul de la somme des flux nets de trésorerie actualisés

P	Recettes annuelles [Ar]	Charges annuelles [Ar]	Bénéfice brut	Bénéfice fiscal [Ar]	Impôts et taxes [Ar]	Bénéfice net [Ar]	CFB [Ar]	a%	Ca	CFB Actualisé en [Ar]
0							- 5 815 732 481	0,11	1,000	
1	538 680 000	26 934 000	511 746 000	220 959 376	107 736 000	113 223 376	404 010 000	0,11	0,901	363 972 973
2	603 321 600	30 166 080	573 155 520	282 368 896	120 664 320	161 704 576	452 491 200	0,11	0,812	367 252 009
3	675 720 192	33 786 010	641 934 182	351 147 558	135 144 038	216 003 520	506 790 144	0,11	0,731	370 560 585
4	756 806 615	37 840 331	718 966 284	428 179 660	151 361 323	276 818 337	567 604 961	0,11	0,659	373 898 969
5	847 623 409	42 381 170	805 242 238	514 455 614	169 524 682	344 930 933	635 717 557	0,11	0,593	377 267 428
6	949 338 218	47 466 911	901 871 307	611 084 683	189 867 644	421 217 039	712 003 663	0,11	0,535	380 666 234
7	1 063 258 804	53 162 940	1 010 095 864	719 309 240	212 651 761	506 657 479	797 444 103	0,11	0,482	384 095 659
8	1 190 849 861	59 542 493	1 131 307 368	840 520 743	238 169 972	602 350 771	893 137 395	0,11	0,434	387 555 981
9	1 333 751 844	66 687 592	1 267 064 252	976 277 628	266 750 369	709 527 259	1 000 313 883	0,11	0,391	391 047 476
10	1 493 802 065	74 690 103	1 419 111 962	1 128 325 338	298 760 413	829 564 925	1 120 351 549	0,11	0,352	394 570 426
11	1 673 058 313	83 652 916	1 589 405 397	1 298 618 773	334 611 663	964 007 111	1 254 793 735	0,11	0,317	398 125 115
12	1 873 825 310	93 691 266	1 780 134 045	1 489 347 421	374 765 062	1 114 582 359	1 405 368 983	0,11	0,286	401 711 828
13	2 098 684 348	104 934 217	1 993 750 130	1 702 963 506	419 736 870	1 283 226 637	1 574 013 261	0,11	0,258	405 330 853
14	2 350 526 469	117 526 323	2 233 000 146	1 942 213 522	470 105 294	1 472 108 228	1 762 894 852	0,11	0,232	408 982 482
15	2 632 589 646	131 629 482	2 500 960 163	2 210 173 539	526 517 929	1 683 655 610	1 974 442 234	0,11	0,209	412 667 009
16	2 948 500 403	147 425 020	2 801 075 383	2 510 288 759	589 700 081	1 920 588 678	2 211 375 302	0,11	0,188	416 384 730
17	3 302 320 452	165 116 023	3 137 204 429	2 846 417 805	660 464 090	2 185 953 715	2 476 740 339	0,11	0,170	420 135 944
18	3 698 598 906	184 929 945	3 513 668 960	3 222 882 336	739 719 781	2 483 162 555	2 773 949 179	0,11	0,153	423 920 952
19	4 142 430 774	207 121 539	3 935 309 236	3 644 522 612	828 486 155	2 816 036 457	3 106 823 081	0,11	0,138	427 740 060
20	4 639 522 467	231 976 123	4 407 546 344	4 116 759 720	927 904 493	3 188 855 226	3 479 641 851	0,11	0,124	431 593 574
-										7 937 480 288

D'après ce tableau $\sum_{p=1}^n \frac{F(p)}{(1+a)^p} = 7\,937\,480\,288 \text{ Ar}$

$VAN = 7\,937\,480\,288 - 5\,815\,732\,481,47 = 2\,121\,747\,806 \text{ [Ar]} > 0$

Ainsi, pour un taux d'actualisation de 11 %, la VAN est positive et le projet permet de récupérer l'investissement initial, de le rémunérer au taux de 11 % pendant 20 ans et de dégager un excédent de liquidité, la création de valeur est de Ar 2 121 747 806.

XII.5.5.2. Indice de profitabilité IP

$$IP = 1 + \frac{2\,121\,747\,806}{5\,815\,732\,481,47} = 1,36 > 1$$

Ainsi, l'investissement génère 1,36 [Ar] par Ariary investi et crée 0,36 [Ar] par Ariary investi.

XII.5.5.3. Le taux de rentabilité interne TRI

Tableau 105. Calcul du taux de rentabilité interne TRI

P	CFB [Ar]	Ca[12]	Ca[15]	CFB(12%) [Ar]	CFB(15%) [Ar]
0	- 5 815 732 481	1	1		
1	404 010 000	0,892857143	0,869565217	360 723 214	351 313 043
2	452 491 200	0,797193878	0,756143667	360 723 214	342 148 355
3	506 790 144	0,711780248	0,657516232	360 723 214	333 222 746
4	567 604 961	0,635518078	0,571753246	360 723 214	324 529 979
5	635 717 557	0,567426856	0,497176735	360 723 214	316 063 979
6	712 003 663	0,506631121	0,432327596	360 723 214	307 818 832
7	797 444 103	0,452349215	0,37593704	360 723 214	299 788 776
8	893 137 395	0,403883228	0,326901774	360 723 214	291 968 199
9	1 000 313 883	0,360610025	0,284262412	360 723 214	284 351 637
10	1 120 351 549	0,321973237	0,247184706	360 723 214	276 933 768
11	1 254 793 735	0,287476104	0,214943223	360 723 214	269 709 409
12	1 405 368 983	0,256675093	0,18690715	360 723 214	262 673 512
13	1 574 013 261	0,22917419	0,162527957	360 723 214	255 821 159
14	1 762 894 852	0,204619813	0,141328658	360 723 214	249 147 564
15	1 974 442 234	0,182696261	0,122894485	360 723 214	242 648 062
16	2 211 375 302	0,163121662	0,10686477	360 723 214	236 318 113
17	2 476 740 339	0,145644341	0,092925887	360 723 214	230 153 292
18	2 773 949 179	0,13003959	0,080805119	360 723 214	224 149 293
19	3 106 823 081	0,116106777	0,070265321	360 723 214	218 301 920
20	3 479 641 851	0,103666765	0,061100279	360 723 214	212 607 088
VAN				1 398 731 804	- 286 063 755

D'après ce tableau pour $r_3=0,12$; $r_1=0,15$ respectivement $VAN(3)= 1\,398\,731\,804$ [Ar]>0 ; $VAN(1) = -286\,063\,755$ [Ar] . Pour $VAN(2)=0$; d'après interpolation $r_2=TRI=12,5\% > 12\%$, ainsi, le projet est acceptable selon le critère du TRI. Et il est à noter que parmi tous les paramètre, le TRI est prédominant pour le choix d'un projet.

XII.5.5.4. Délai de récupération du capital investi DRCI

Après avoir effectué le cumul du CFB actualisé du tableau 100, I_0 se situe entre le 15^{ème} et la 16^{ème} année. Ainsi, l'investissement initial est récupéré au bout d'un délai de 15 ans 10 mois et 6 jours.

Conclusion :

Le projet possède des indicateurs de rentabilité satisfaisant ($VAN\ 2\,121\,747\,806$ [Ar] > 0, $IP = 1,36 > 1$ et $TRI = 12.5\% > 11\%$). Ainsi, le présent projet est considéré **rentable financièrement**.

CHAPITRE XIII. ETUDE D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

L'étude des impacts environnementaux devient une exigence dans tout investissement à entreprendre. En fait, elle consiste à mesurer tous les effets et influences probables entraînés par le projet puis, faire ressortir les mesures scientifiques, techniques et matériels envisagés pour supprimer, réduire et éventuellement compenser les conséquences.

Les impacts peuvent toucher l'environnement physique (sol, air, eau) ou l'environnement humain (social, économique, culturel), avant, pendant et après la réalisation. Nous pouvons classés ces impacts en deux catégories : impacts négatifs et impacts positifs.

XIII.1. IMPACTS NEGATIFS ET LES MESURES D'ATTENUATION

Les impacts potentiels seront analysés dans le tableau ci-après avec les aspects et les mesures d'atténuation ou de compensation. Il est à noter que les impacts énumérés ci-après ne sont qu'à titre exhaustive, tout comme les mesures d'atténuation proposées.

Tableau 106. Impacts négatif du projet et mesure d'atténuation

MILIEU RECEPTEUR	IMPACTS	MESURES D'ATTENUATION
MILIEU PHYSIQUE		
AIR	- Dégradation de la qualité de l'air - Perturbation de l'ambiance sonore - Augmentation de la quantité de poussières	- Limiter des bruits par optimisation du nombre de matériels bruyants fonctionnant sur le chantier ; - Limiter les activités à certaines heures de travail pour ne pas déranger la population ; - Utiliser des procédés et techniques qui minimisent les rejets atmosphériques ; - Mettre en place des dispositifs antipollution ou antibruit ou d'abat poussière ; - Maintenir les véhicules de transport, les engins et la machinerie en bon état de fonctionnement afin de minimiser les émissions gazeuses et les bruits ;
SOL	- Érosion et déstabilisation des sols. - Pollution du sol par des contaminants chimiques ou bactériologiques	- Planification des prélèvements de matériaux de construction (sable, graviers, roches, etc.) dans le milieu et utilisation de matériel adapté aux contraintes locales (sol, relief, climat)

EAU	Modification de l'écoulement des eaux de surface et souterraines	- Utiliser des bacs étanche lors des opérations de vidange et lors du stockage et approvisionnement en gas-oil ; - Eviter d'obstruer les cours d'eaux, les fossés ou tout autre canal ;
	Contamination et pollution des eaux	- Les eaux usées et eaux vannes doivent être traitées avant l'évacuation Il est préférable de les déverser vers un puisard absorbant.
MILIEU RECEPTEUR	IMPACTS	MESURES D'ATTENUATION
MILIEU BIOLOGIQUE		
ECOSYSTEME	Modification possible de l'équilibre de l'écosystème naturel	- Répertorier, à un stade précoce de la préparation du projet, les principaux biotopes et espèces associées existants, afin de proposer des mesures permettant d'éviter les interventions dommageables sur le milieu biologique
MILIEU HUMAIN		
SOCIAL	Augmentation des risques de transmission d'éléments pathogène	- Planifier un plan d'action conjoint du Maître d'œuvre du projet et des autorités publiques pour exercer une surveillance sanitaire et une lutte contre les maladies transmissibles.
	Nuisances causées par l'utilisation de produits polluants et contaminants	- Eviter ou limiter l'accumulation de tous types de déchet hors et sur le site des travaux et prévoir des lieux pour leur dépôt ou traitement - Etablir une gestion adéquate des produits polluants
	Accidents des ouvriers et des populations riverains	- Doter les ouvriers d'équipements de sécurité adéquats (casques, bottes, gilets...) ; - Utiliser des signalisations réglementaires ; - Bien clôturer le chantier.

XIII.2. IMPACTS POSITIFS

Mis à part les impacts négatifs du projet, ce dernier apportera des retombées positives surtout sur le plan social, notamment en matière d'emploi. En effet, plusieurs emplois seront créés pendant et après la réalisation du projet.

Du point de vue économique, le présent projet est une issue à la crise de logements.

Du point de vue technique, le projet permettrait à la formation d'ouvriers et des cadres dans le pays, des transferts de compétences optimisant la capacité des jeunes employés et des transferts de techniques et de savoir-faire entre les travailleurs nationaux.

Du point de vue infrastructure locale, le projet apporterait de l'innovation et contribuerait à l'embellissement de la ville.

L'étude d'impact environnemental permet d'identifier les enjeux environnementaux du projet. Les retombées positives sont assez importantes et la population ainsi que la ville sont les premiers à en bénéficier. Les impacts négatifs sont d'importance moyenne en général et n'auront pas d'effets significatifs et irréversibles sur l'environnement. Cependant, des mesures d'atténuation ont été prises pour limiter, voire éradiquer ces impacts négatifs causés par le chantier pendant et après la construction.

CONCLUSION PARTIELLE

Cette dernière partie a été consacrée aux études financières et aux impacts du projet sur son environnement. La détermination des différents indicateurs de rentabilité a été effectuée et a stipulé que le projet est rentable pour le maître d'ouvrage. En outre, les impacts sur l'environnement que ce soit positif et négatif ont été étudiés et l'analyse a conduit à l'optimisation des impacts positifs et à l'atténuation de ceux qui sont négatifs.

CONCLUSION GENERALE

Ce mémoire nous a permis de faire l'étude de construction d'un bâtiment à usage d'habitation R+6 sis à IVANDRY, nous avons l'occasion de consolider les connaissances acquises en classe et les connaissances pratiques en matière de construction de bâtiment.

L'analyse socio-économique dans la justification du projet nous montre que, vu la croissance des activités économiques et l'évolution de la population, l'insuffisance de logement est toujours un problème dans la ville d'Antananarivo. Pour y remédier, notre projet peut résoudre en partie ce problème tout en respectant les normes de sécurité et de confort grâce à la conception architecturale.

En outre, l'application des techniques en vigueur et le respect des règles de l'art pour la réalisation des différents calculs des éléments de la structure selon les règles BAEL 91 modifié 99 permettent à l'ouvrage d'avoir une sécurité suffisante vis-à-vis des conditions du milieu et à des actions auxquelles il est soumis.

Par ailleurs, l'étude financière nous prouve que ce projet est rentable. En tout cas, pour la création de richesse, aucun projet ne doit être réalisé que s'il est économiquement rentable dans un délai prévu comme nous l'avons vue auparavant. Il faut aussi noter que notre projet répondra aux exigences de l'environnement.

Le travail de ce mémoire nous a surtout appris non seulement comment utiliser les facultés et les connaissances acquises pendant nos cinq années de formation mais aussi les procédures d'étude d'un bâtiment tout en utilisant plusieurs logiciels tels que : AutoCAD, ArchiCAD, Excel, Robot-bat et d'autres logiciels concernant le bâtiment. Ainsi, la réalisation de ce mémoire nous paraît très instructif et nous a permis de concilier théorie et pratique.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] FRANK, R., *Fondations superficielles (C 246)*, Technique de l'ingénieur. Traité Construction.
- [2] Neufert E., *Les éléments des projets de construction* 7^{ème} et 8^{ème} édition.
- [3] MOUGIN, J.-P., *BAEL 91 modifié 99 et DTU associés*, Eyrolles, 2000.
- [4] Mémoire de fin d'études
- [5] Monographie Région Analamanga ; février 2013
- [6] PERCHAT, J., ROUX, J., *Pratique du BAEL 91*, Eyrolles, 1999.
- [7] Thonier H., *Conception et calcul des structures de bâtiment*, Tome 1, Tome 2, Tome 3, Tome 4, Tome 5, Tome 6, Presses de l'école nationale des ponts et chaussées, 1999.

WEBOGRAPHIE

<https://www.immoconseilmada.com>
<https://www.cours-genie-civil.com> <https://www.pinterest.fr/>
<https://www.google.com/maps/place/Ivandry,+Tananarive/@-17.89214568,47.519456,341m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x21f080b24c732983:0xbd5bb072a6bba5f6!8m2!3d-18.891573!4d47.5214534>

ANNEXES

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE A: PLANS ARCHITECTURAUX

ANNEXE B : EFFETS DU VENT

ANNEXE C : DESCENTE DE CHARGES

ANNEXE D : ETUDE ARCHITECTURALE

ANNEXE E : DIMENSIONS DES APPARTEMENTS

ANNEXE F : COURBES ENVELOPPES

ANNEXE G : ORGANIGRAMME DE CALCUL EN FLEXION SIMPLE A L'ELU

ANNEXE H : ORGANIGRAMME DE CALCUL EN FLEXION SIMPLE A L'ELS

ANNEXE I : VALEURS DE μ_{ser} , lim EN FONCTION DE μ_{bu} , f_e ET f_{c28}

ANNEXE J : COURBES ENVELOPPES DES SOLLICITATIONS DE LA POUTRE LONGITUDINALE

ANNEXE K : ORGANIGRAMME POUR LE CALCUL D'UNE SECTION RECTANGULAIRE EN FLEXION COMPOSEE

ANNEXE L : VERIFICATION A L'ELS DES CONTRAINTES D'UN POTEAU A SECTION PARTIELLEMENT COMPRIMEE SOUMIS A UNE FLEXION COMPOSEE.

ANNEXE M : GEOTECHNIQUE

ANNEXE N : COEFFICIENTS DE FORME λ_c et λ_d

ANNEXE O : COEFFICIENT RHEOLOGIQUE α

ANNEXE P : CALCUL DES DEBITS PROBABLES POUR LES CANALISATIONS PRIMAIRES

ANNEXE Q : ABAQUE POUR LA DETERMINATION DU DIAMETRE DE CANALISATION - ABAQUE DE DARIES

ANNEXE R : DEBIT DE BASE DES VIDANGES

ANNEXE S: COEFFICIENT DE SIMULTANEITE K

ANNEXE T: DEBIT DES TUYAUX ET DIAMETRE INTERIEUR

ANNEXE U: PROTECTION DES CIRCUITS – CALIBRAGES RECOMMANDES

ANNEXE V : FACTEURS DE REFLEXION DES MURS ET DES PLAFONDS

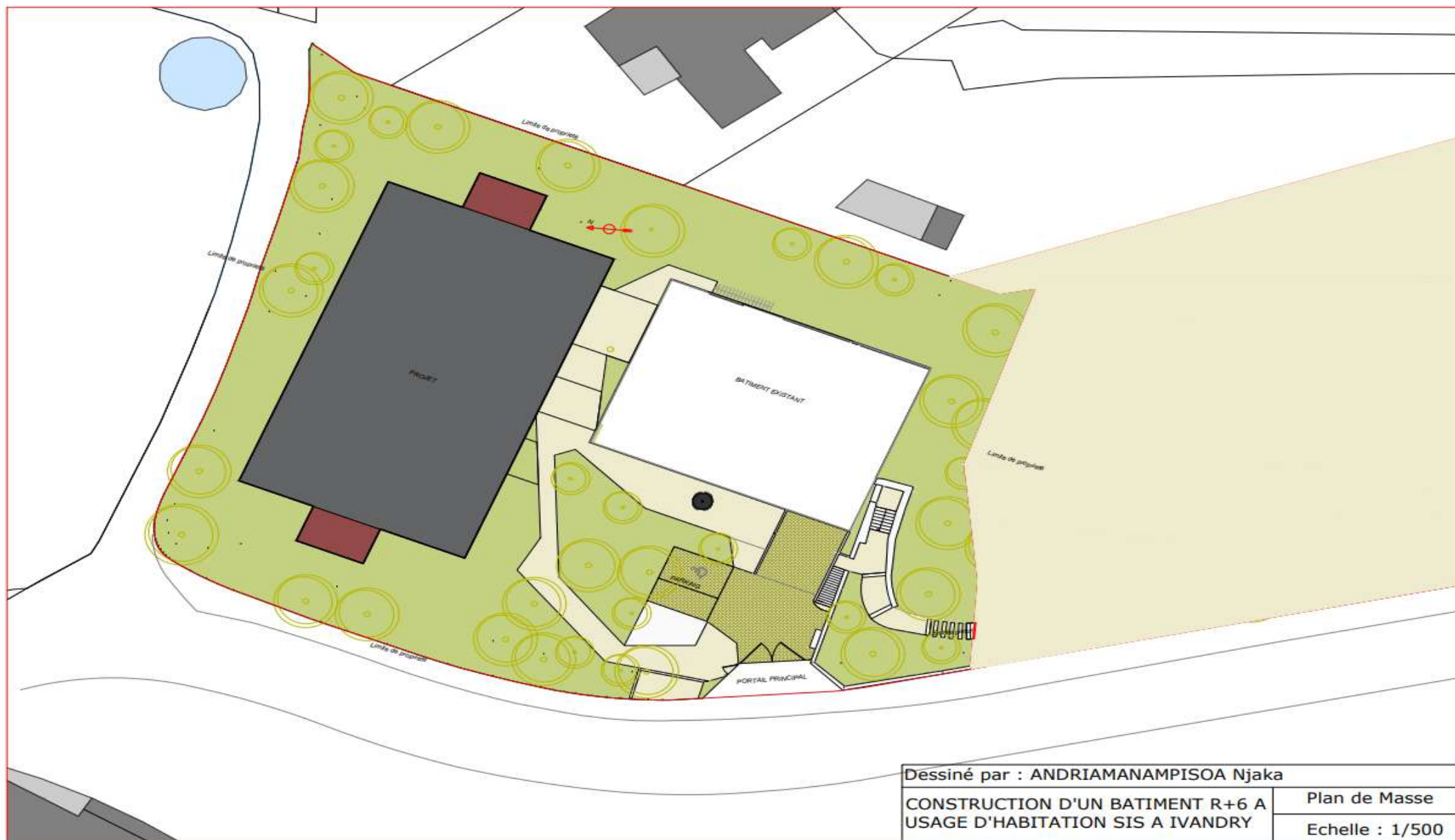
ANNEXE W : FACTEUR D'UTILISATION U

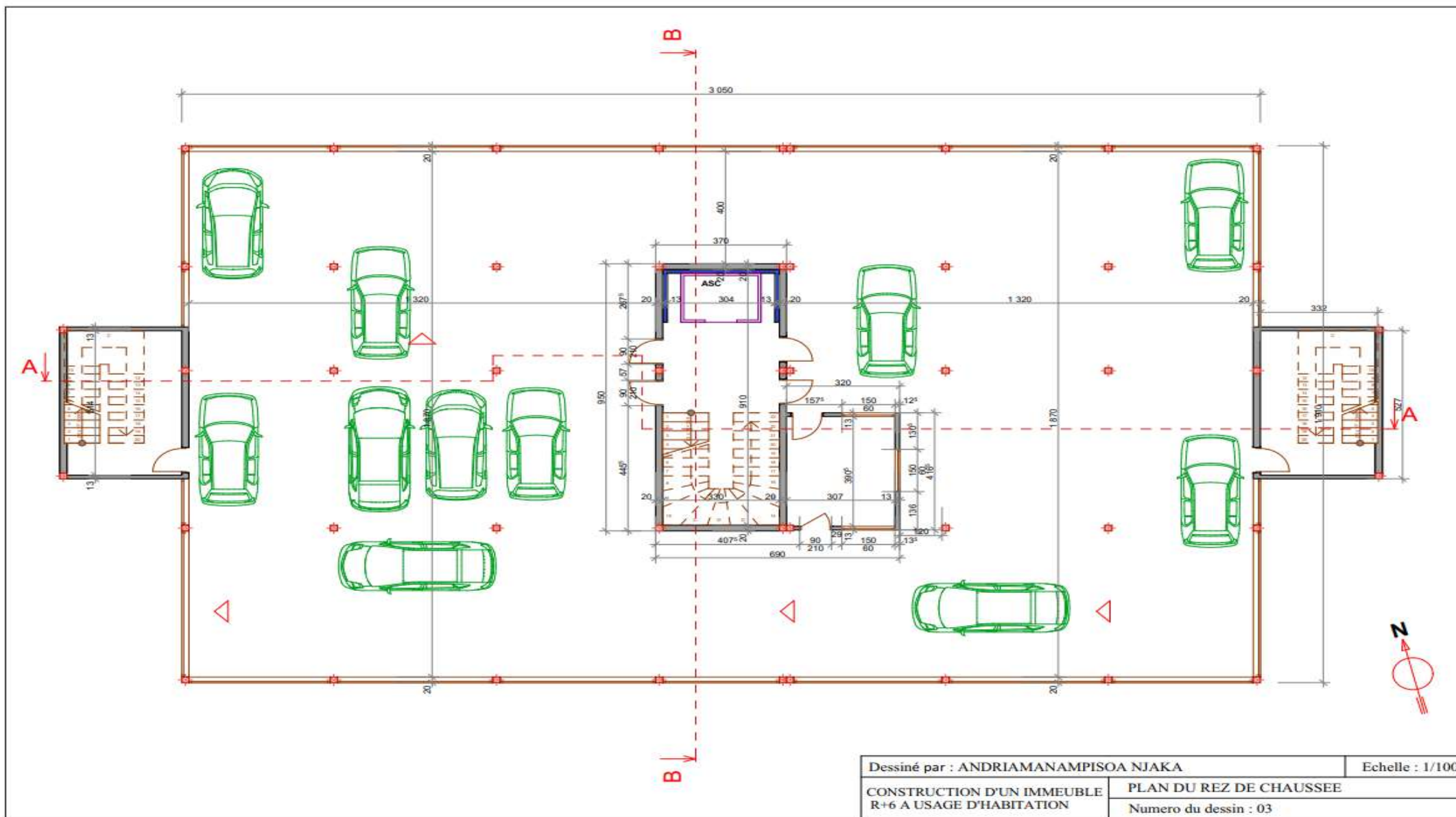
ANNEXE X: SOUS-DETAILS DES PRIX

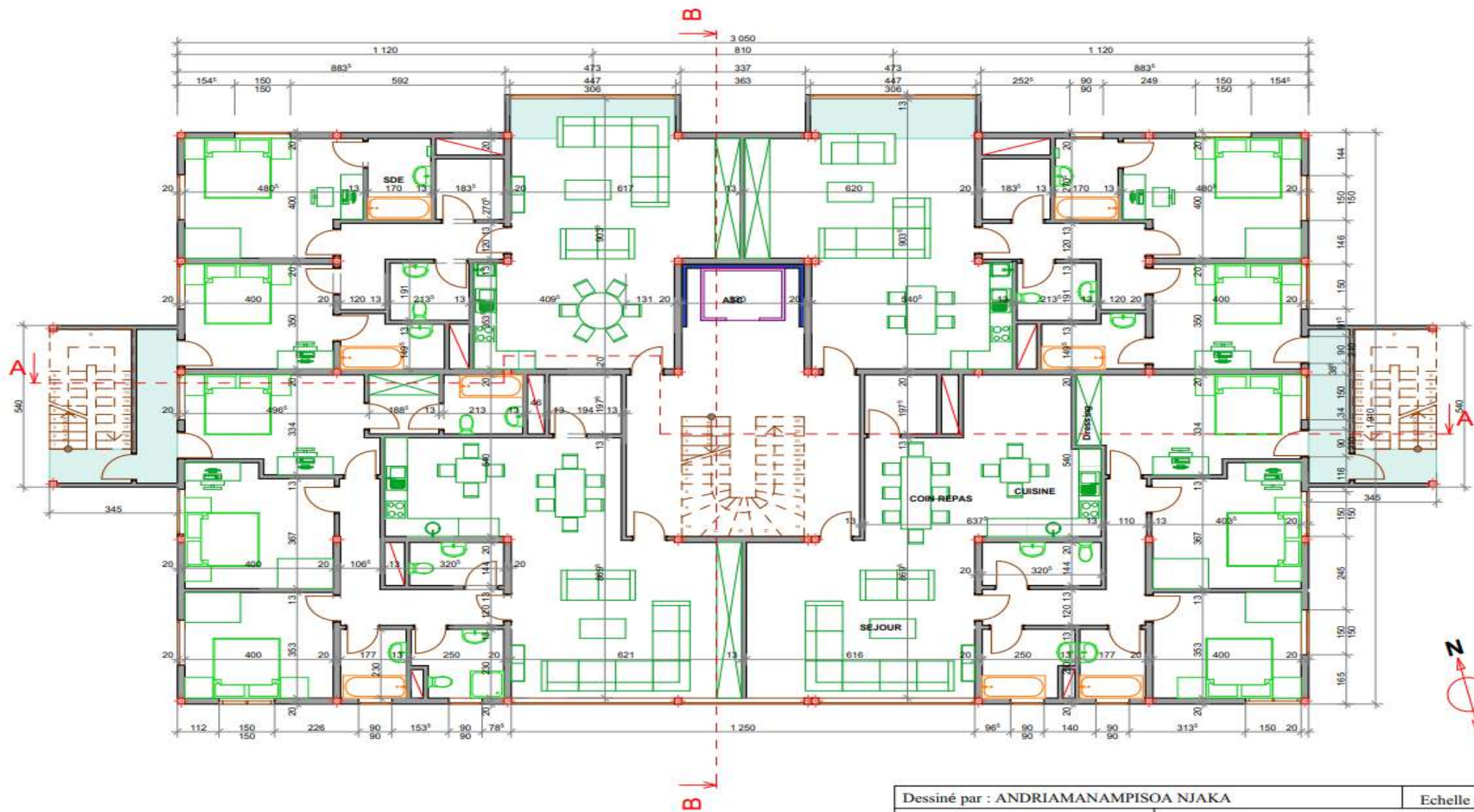
ANNEXE Y : DETAILS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

ANNEXE Z : PLAN DE FERRAILLAGE

ANNEXE A: PLANS ARCHITECTURAUX







Dessiné par : ANDRIAMANAMPISOA NJAKA

Echelle : 1/100

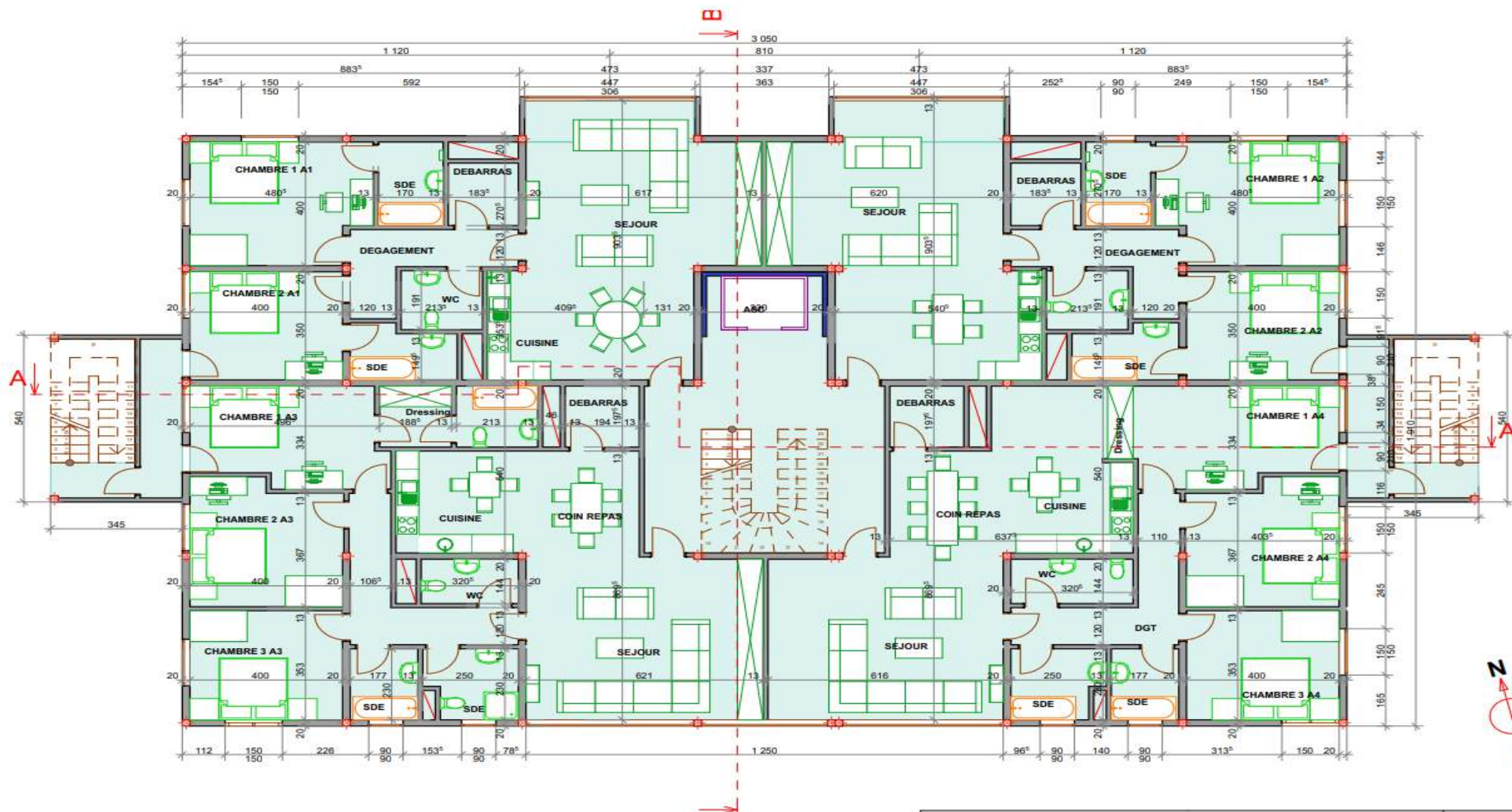
CONSTRUCTION D'UN IMMEUBLE
R+6 A USAGE D'HABITATION

plan : R+1

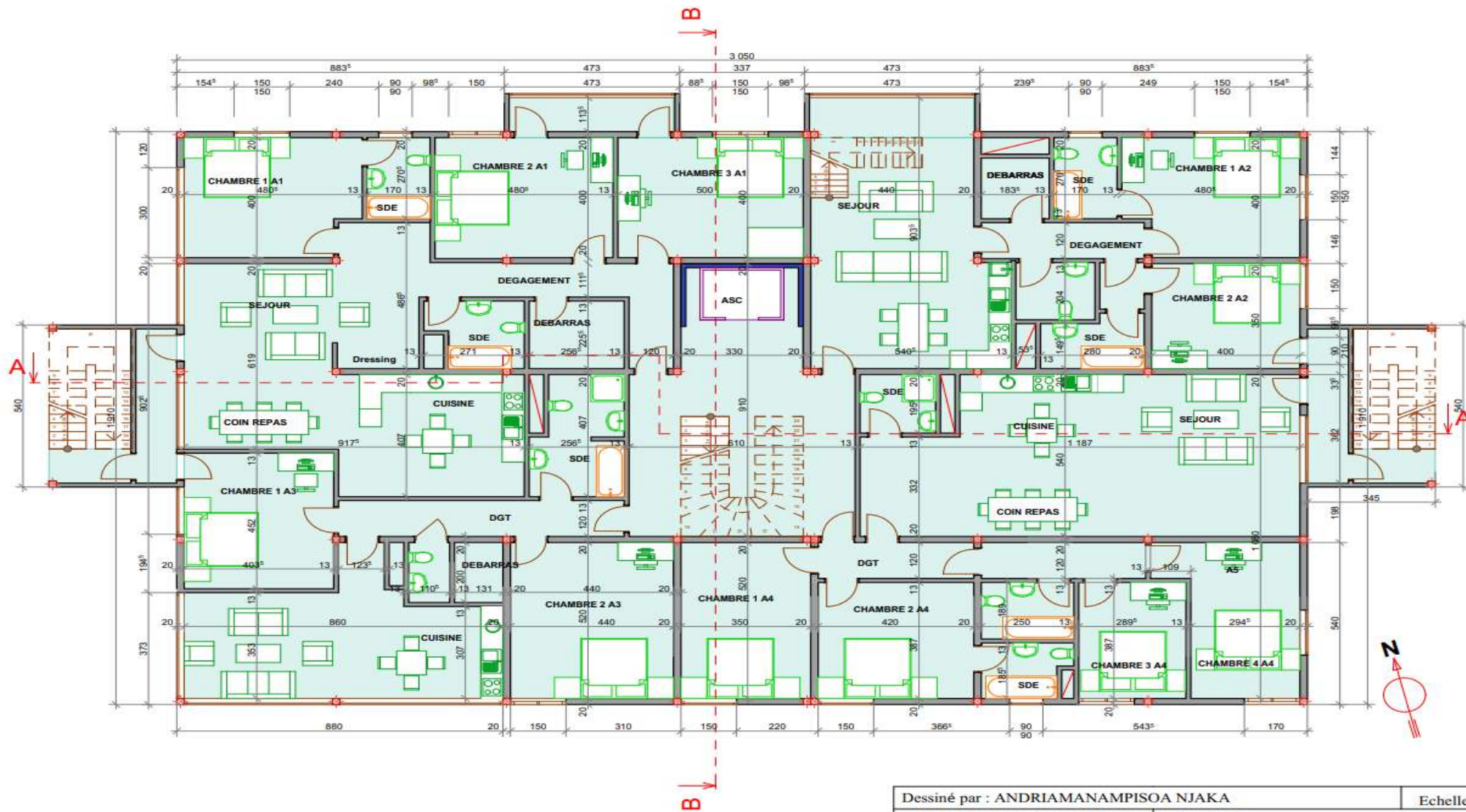
Numero du dessin : 04

ANDRIAMANAMPISOA Njaka

Promotion 2018



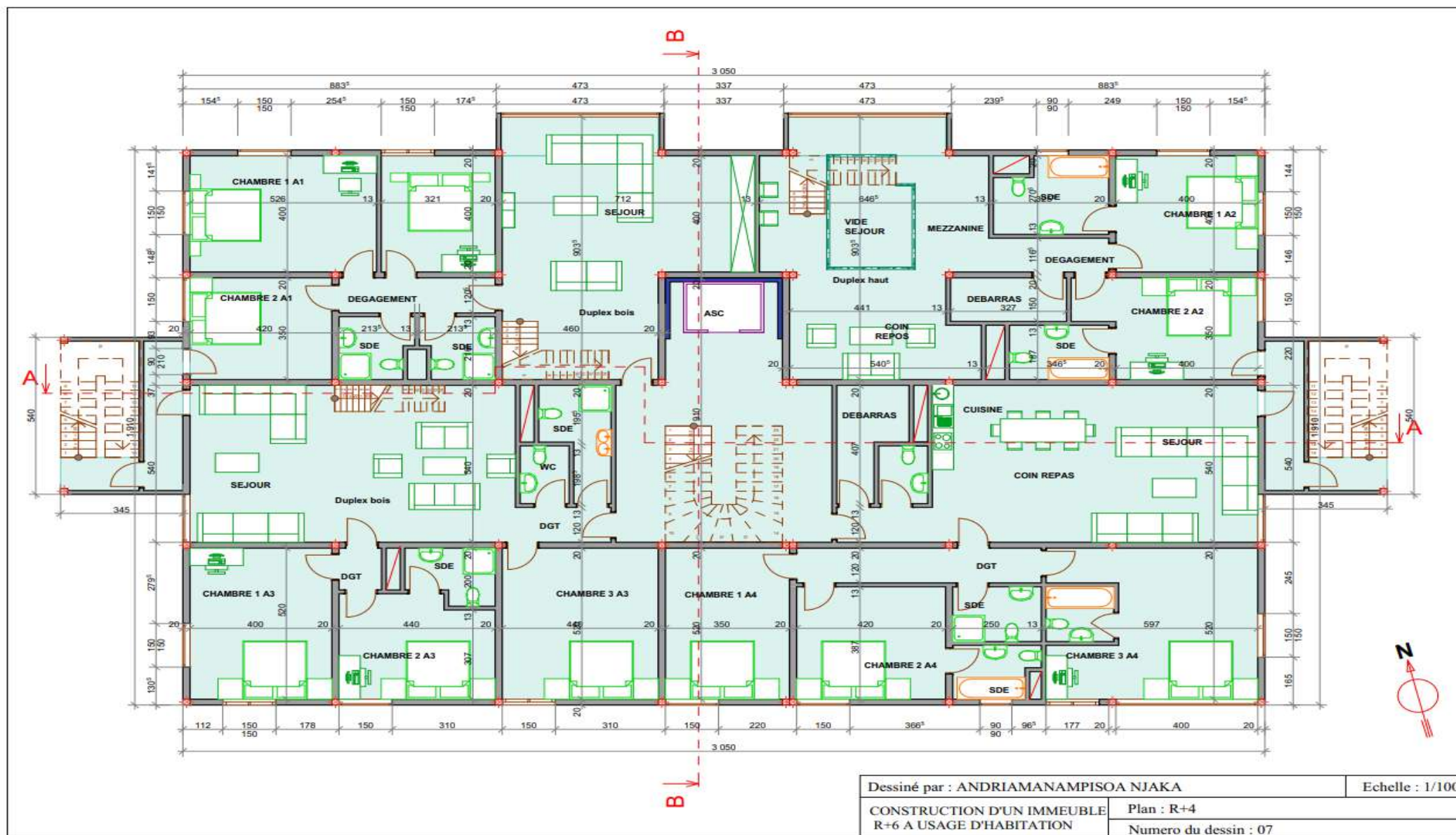
Dessiné par : ANDRIAMANAMPISOA NJAKA	Echelle : 1/100
CONSTRUCTION D'UN IMMEUBLE R+6 A USAGE D'HABITATION	plan : R+2 Numero du dessin : 05

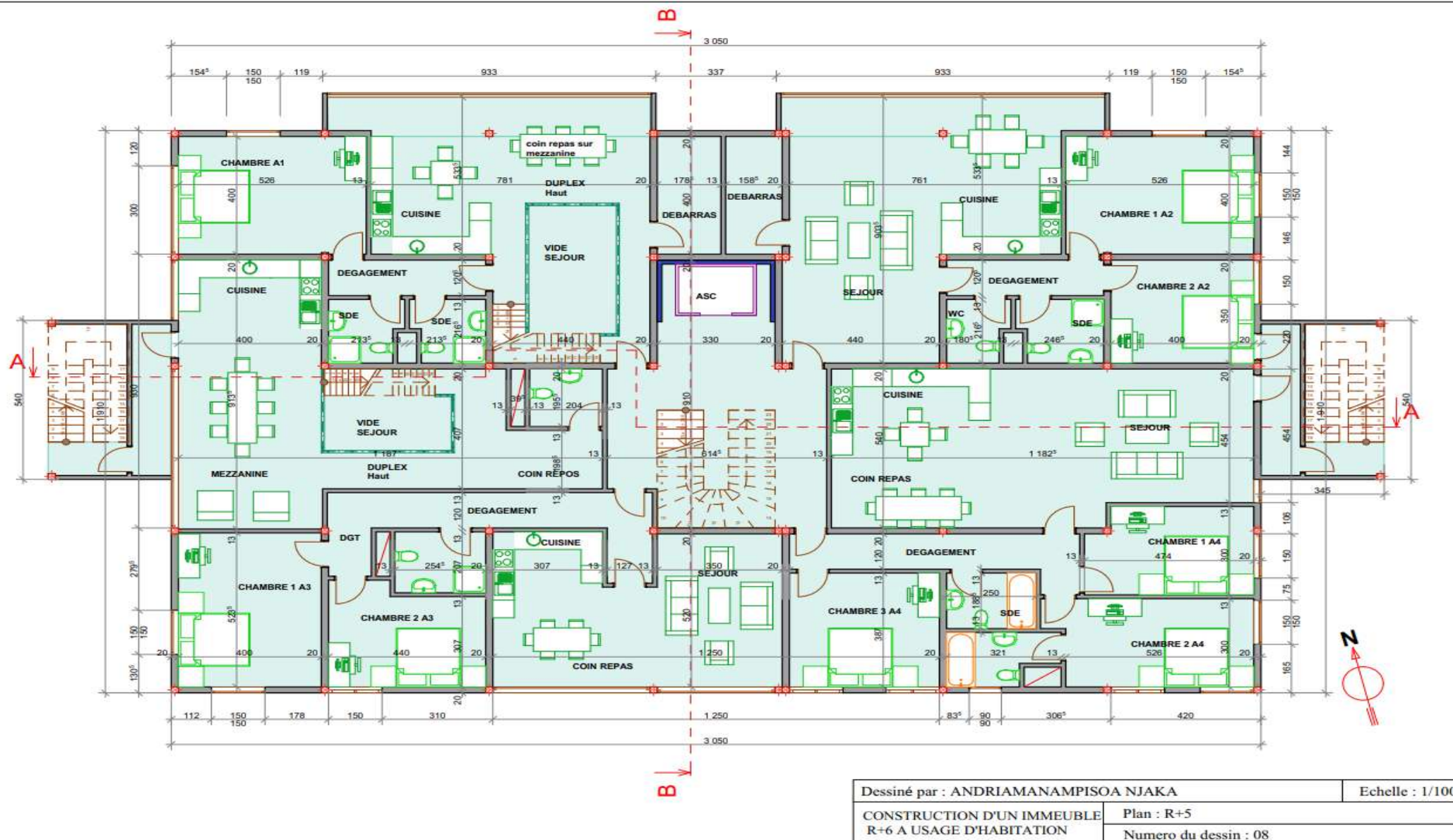


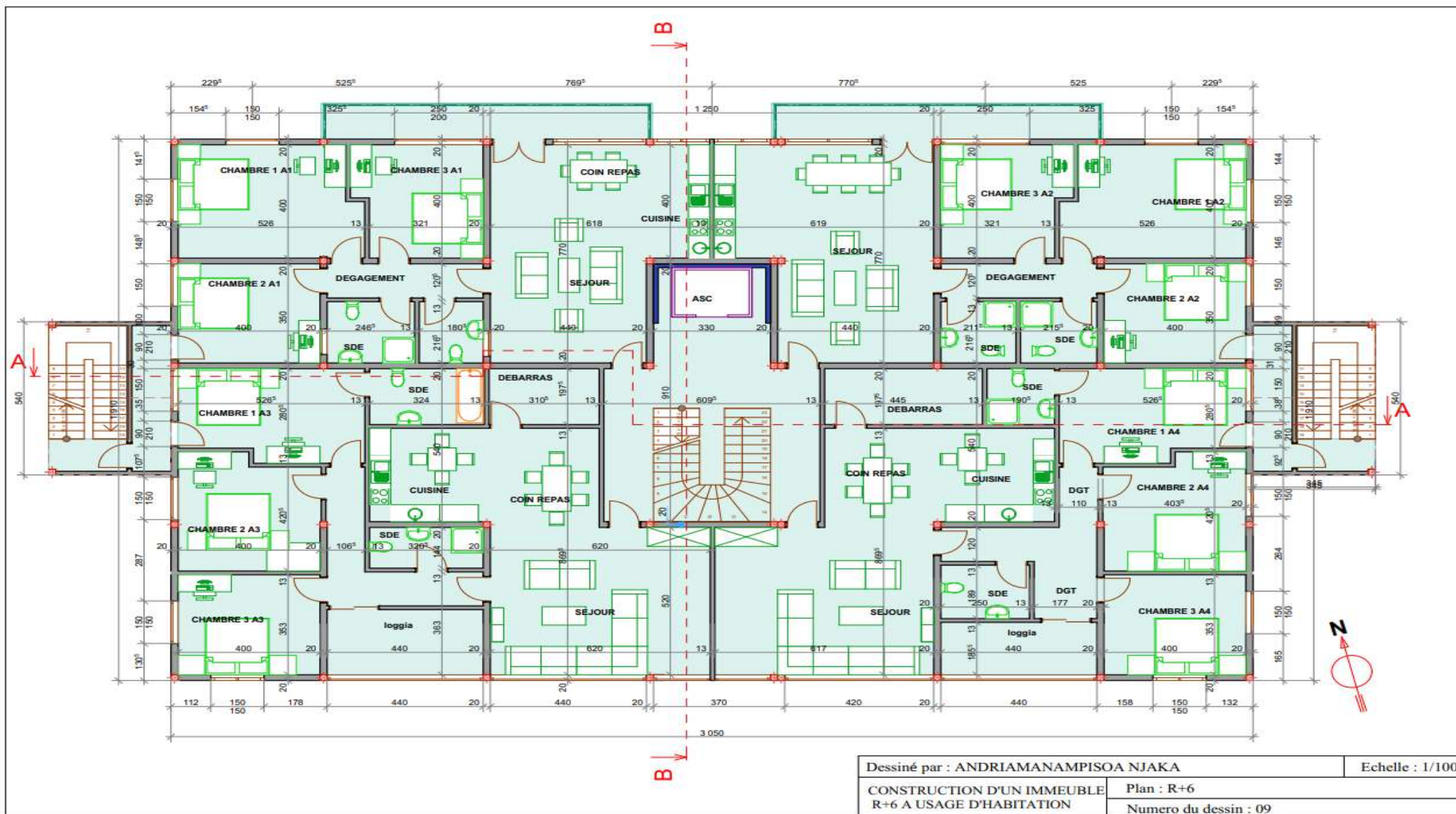
Dessiné par : ANDRIAMANAMPISOA NJAKA		Echelle : 1/100
CONSTRUCTION D'UN IMMEUBLE R+6 A USAGE D'HABITATION	plan : R+3	
	Numero du dessin : 06	

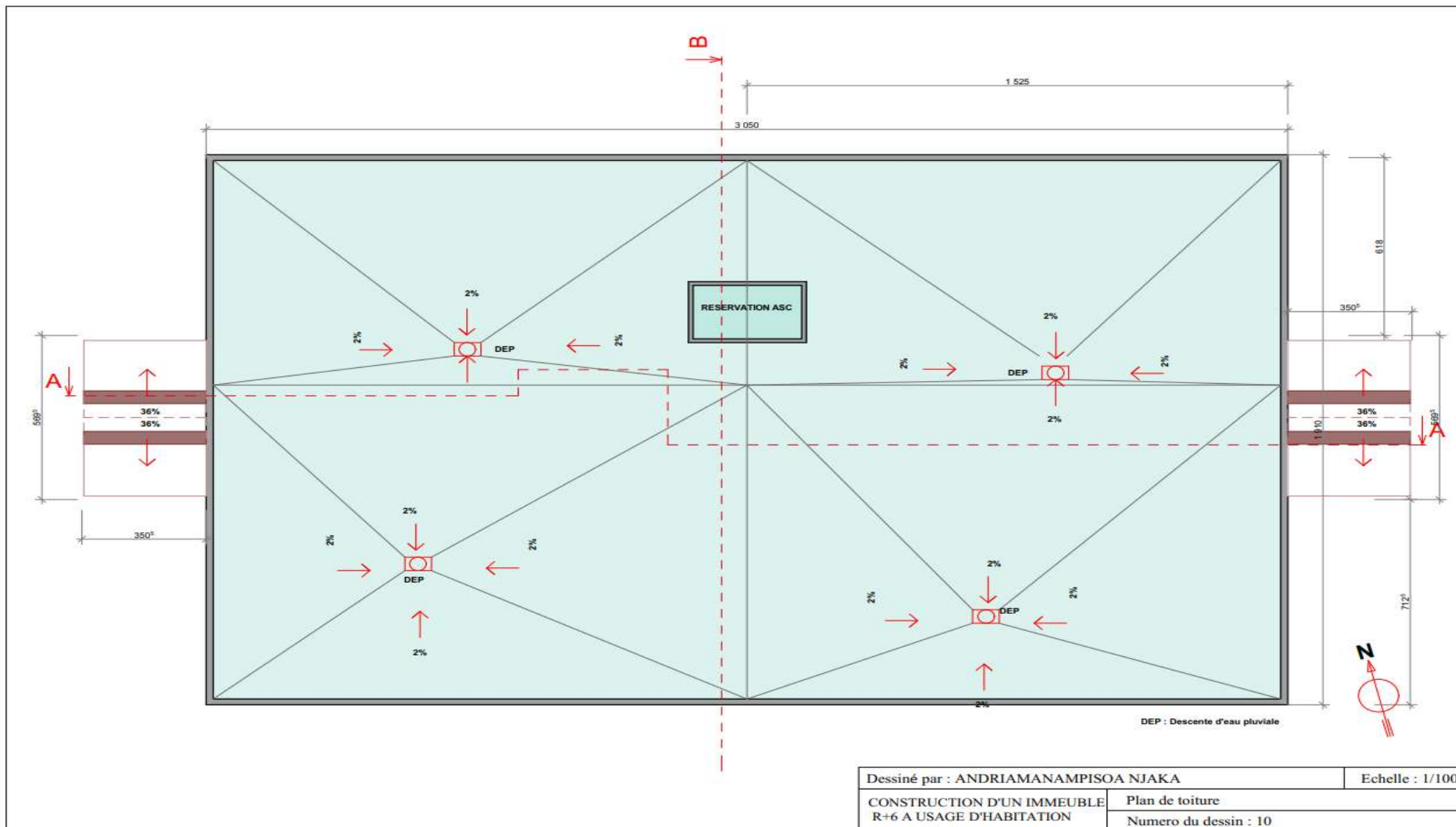
ANDRIAMANAMPISOA Njaka

Promotion 2018

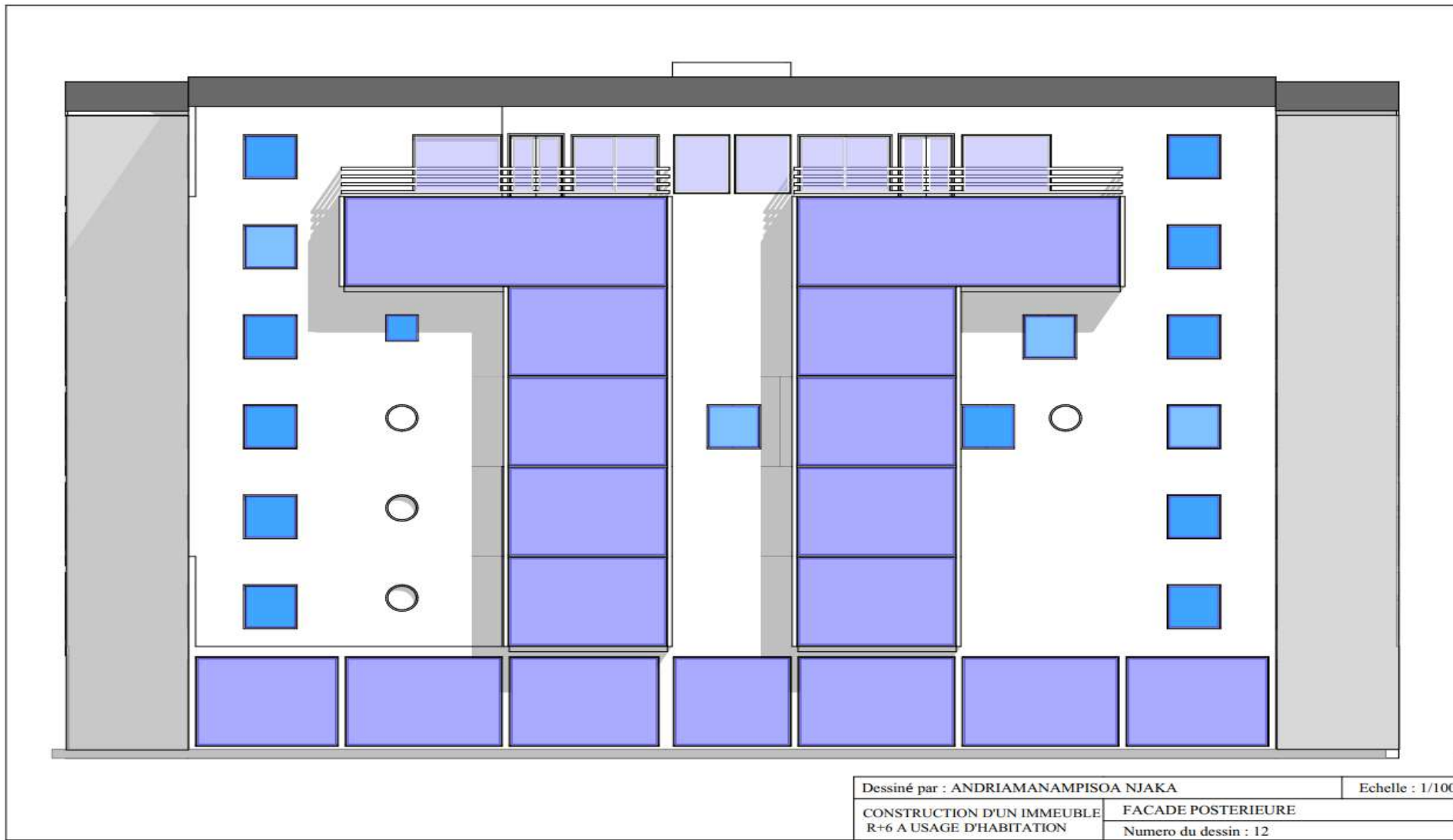


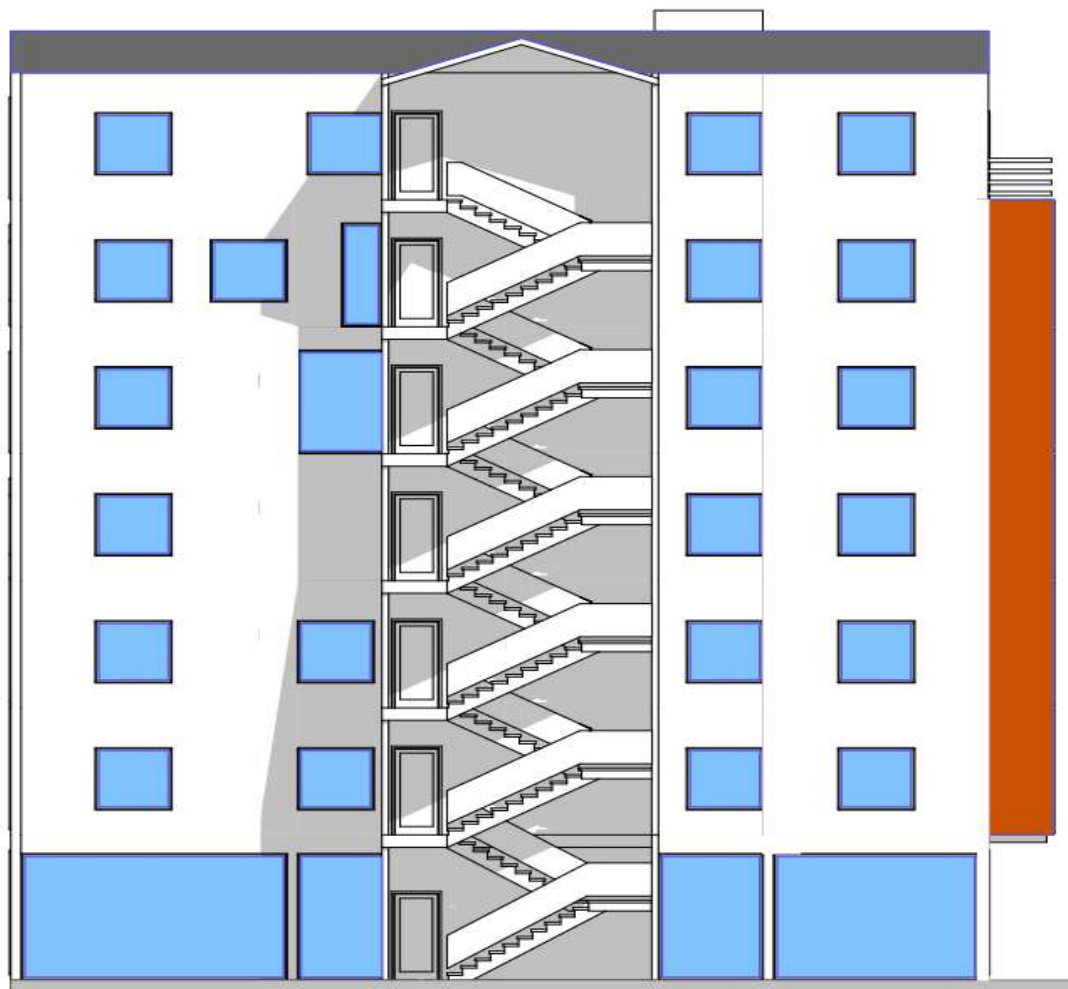




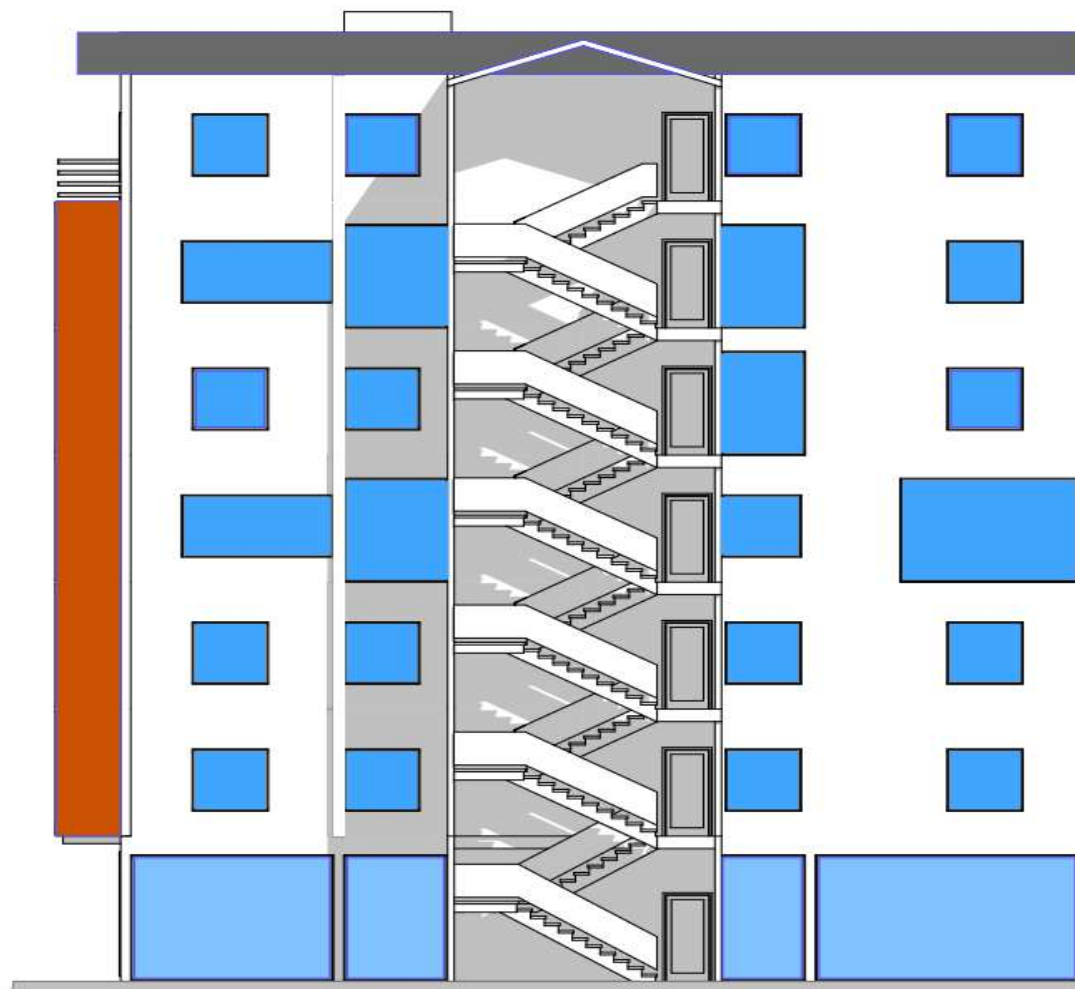




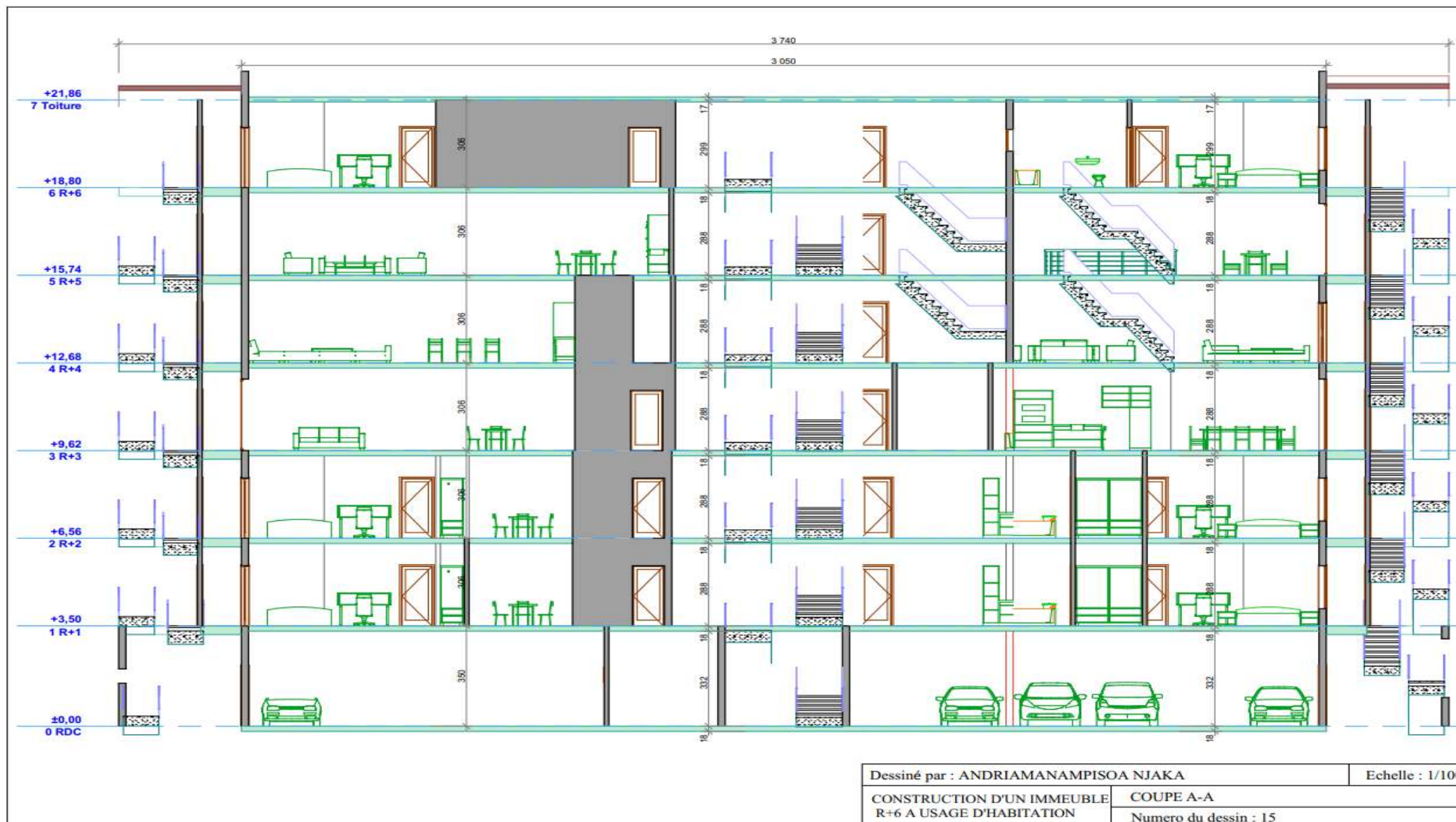


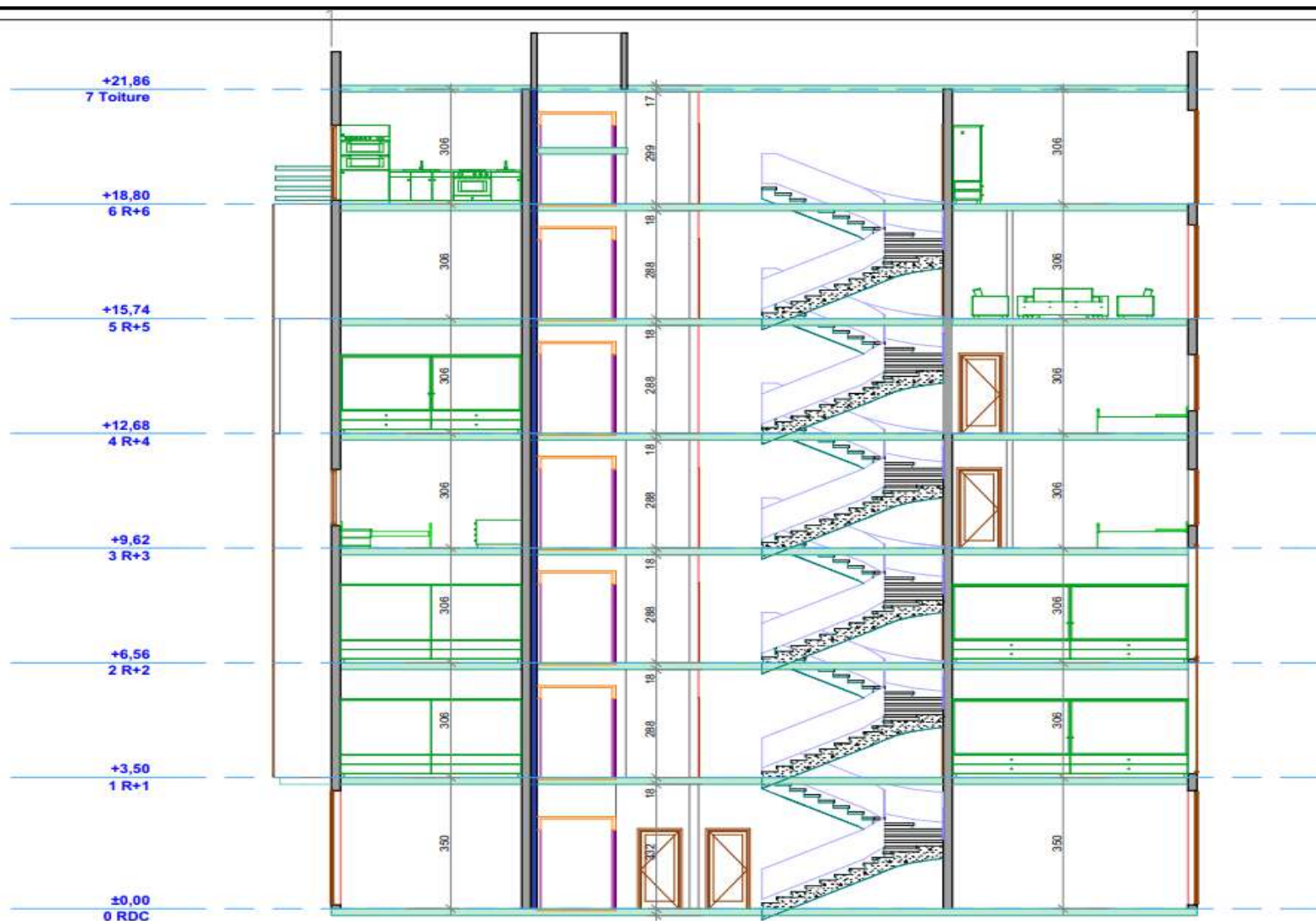


Dessiné par : ANDRIAMANAMPISOA NJAKA		Echelle : 1/100
CONSTRUCTION D'UN IMMEUBLE R+6 A USAGE D'HABITATION	FACADE LATERALE GAUCHE	
	Numero du dessin : 13	



Dessiné par : ANDRIAMANAMPISOA NJAKA	Echelle : 1/100
CONSTRUCTION D'UN IMMEUBLE R+6 A USAGE D'HABITATION	FACADE LATÉRALE DROITE Numero du dessin : 14





Dessiné par : ANDRIAMANAMPISOA NJAKA

Echelle : 1/100

CONSTRUCTION D'UN IMMEUBLE
R+6 A USAGE D'HABITATION

COUPE B-B

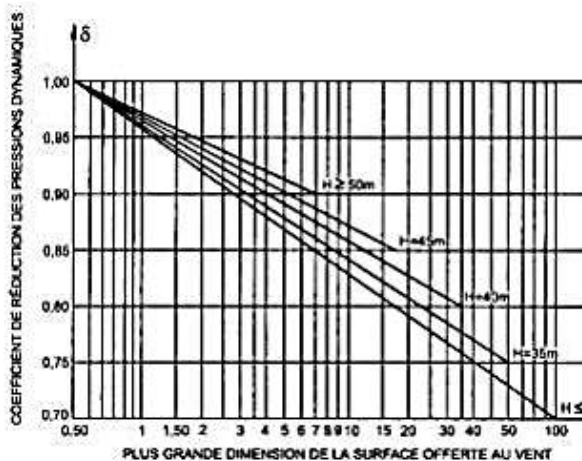
Numero du dessin : 16

ANNEXE B : EFFETS DU VENT

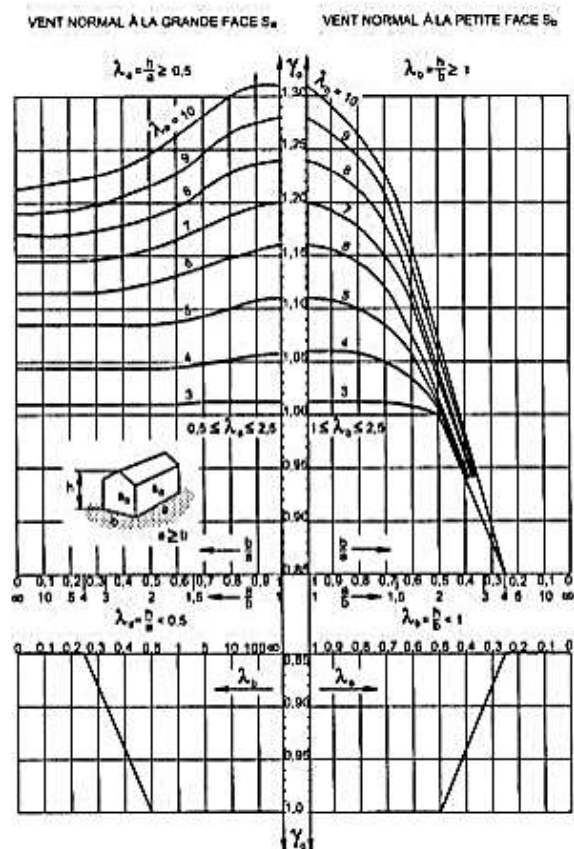
ANNEXE B.1 : Carte représentant les quatre zones



ANNEXE B.2 : Figure R-III.2 Coefficient de réduction des pressions dynamiques pour les grandes surfaces

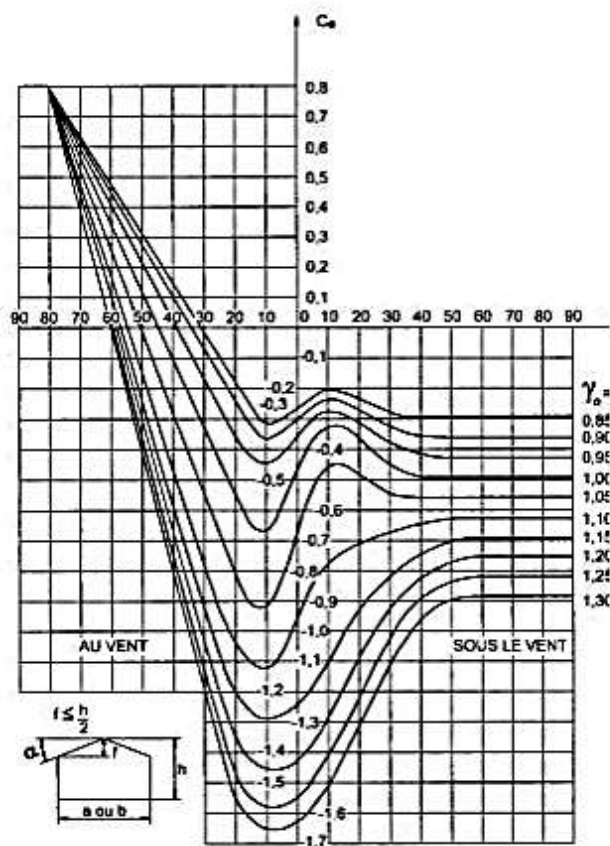


ANNEXE B.3 : Figure R-III-5 Coefficient γ_0



ANNEXE B.4 : Figure R-III-6 Toitures à un ou plusieurs versants plans. Coefficient

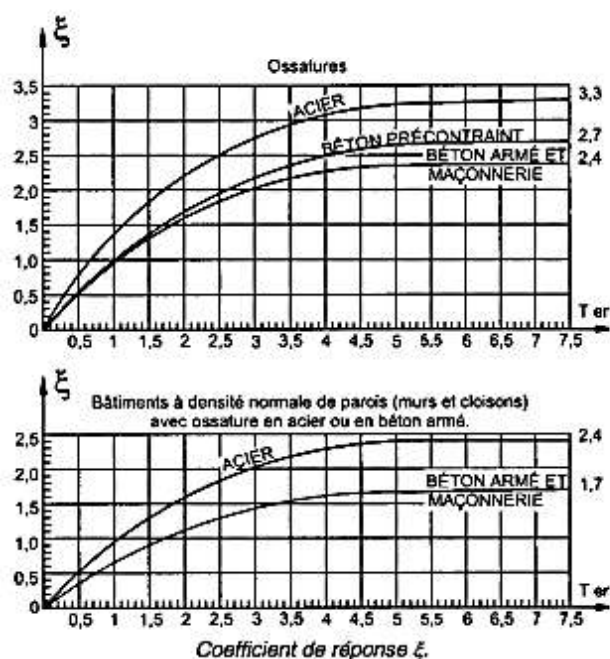
C_e



ANNEXE B.6 : Figure R-III-4 Coefficient de pulsation τ

τ	H (m)
0,10	400
	350
	300
0,15	250
	200
	180
0,20	160
	140
	120
	100
0,25	90
	80
	70
	60
0,30	50
	40
	30
0,35	20
0,36	10 et < 10

ANNEXE B.5 : Figure R-III-3 Coefficient de réponse ξ



ANNEXE C : DESCENTE DE CHARGES

POTEAU A3											
Désignation	Dimensions				Charge unitaire			Charge totale		Charge cumulée	
	Longueur[m]	Largueur[m]	Hauteur[m]	Surface[m ²]	Unité	G	Q	G [daN]	Q [daN]	G [daN]	Q [daN]
Niveau N0											
Toiture terrasse 0.14cm	4,6	2,7		12,42	daN/m ²	491	100	6098	1242		
Acrotère	4,6	0,1	0,9		daN/m ²	1035		4761	0		
Poutre	6,8				daN/ml	225		1530			
Total								12389	1242	12389	1242
Niveau N1											
Poteau 25*25			3,06		daN/ml	156		478			
Plancher	4,6	2,7		12,42	daN/m ²	575	150	7142	1863		
Poutre	6,8				daN/ml	225		1530			
Maçonnerie agglos de 23	5,15		2,61	13,44	daN/m ²	324		4355			
Maçonnerie agglos de 13	2,2		2,61	5,74	daN/m ²	189		1085			
Total								14590	1863	26979	3105
Niveau N2											
Poteau 25*25			3,06		daN/ml	156		478			
Plancher courant	4,6	2,7		12,42	daN/m ²	575	150	7142	1863		
Poutre	6,8				daN/ml	225		1530			
Maçonnerie agglos de 23	5,15		2,61	13,44	daN/m ²	324		4355			
Maçonnerie agglos de 13	0		2,61	0,00	daN/m ²	189		0			
Total								13505	1863	40484	4968
Niveau N3											
Poteau 25*25			3,06		daN/ml	156		478			
Plancher courant	4,6	2,7		12,42	daN/m ²	575	150	7142	1863		

Poutre	6,8				daN/ml	225		1530			
Maçonnerie agglos de 23	5,15		2,61	13,44	daN/m²	324		4355			
Total								13505	1863	53988	6831
Niveau N4											
Poteau 25*30			3,06		daN/ml	188		574			
Plancher courant	4,6	2,7		12,42	daN/m²	575	250	7142	3105		
Poutre	6,75				daN/ml	225		1519			
Maçonnerie agglos de 23	5,15		2,61	13,44	daN/m²	324		4355			
Total								13589	3105	67578	9936
Niveau N5											
Poteau 25*30			3,06		daN/ml	188		574			
Plancher courant	4,6	2,7		12,42	daN/m²	575	250	7142	3105		
Poutre	6,75				daN/ml	225		1519			
Maçonnerie agglos de 23	5,15		2,61	13,44	daN/m²	324		4355			
Maçonnerie agglos de 13	3,30		2,61	8,61	daN/m²	189		1628			
Total								15217	3105	82794	13041
Niveau N6											
Poteau 25*40			3,06		daN/ml	250		765			
Plancher	4,6	2,7		12,42	daN/m²	575	250	7142	3105		
Poutre	6,65				daN/ml	225		1496			
Maçonnerie agglos de 23	4,35		2,61	11,35	daN/m²	324		3679			
Maçonnerie agglos de 13	3,30		2,61	8,61	daN/m²	189		1628			
Total								14709	3105	97504	16146
Niveau N7											
Poteau 25*50			3,5		daN/ml	313		1094			
Total								1094		98597	16146

Poteau C3										
Désignation	Dimensions			Charge unitaire			Charge totale		Charge cumulée	
	Longueur[m]	Hauteur [m]	Surface [m²]	Unité	G	Q	G [daN]	Q [daN]	G [daN]	Q [daN]
Niveau N0										
Toiture terrasse inaccessible	4,6		21,39	daN/m²	491	100	10502	2139		
Poutre	8,75			daN/ml	225		1969			
Total							12471	2139	12471	2139
Niveau N1										
Poteau 25*25		3,06		daN/ml	156		478			
Plancher	4,6		21,39	daN/m²	575	250	12299	5348		
Poutre	8,75			daN/ml	225		1969			
Maçonnerie agglos de 25	6,2	2,61	16,18	daN/m²	324		5243			
Maçonnerie agglos de 13	6,45	2,61	16,83	daN/m²	189		3182			
Total							23171	5348	35642	7487
Niveau N2										
Poteau 25*25		3,06		daN/ml	156		478			
Plancher mezzanine	4,6		14,03	daN/m²	491	150	6889	2105		
Poutre	8,75			daN/ml	225		1969			
Maçonnerie agglos de 25	6,2	2,61	16,18	daN/m²	324		5243			
Maçonnerie agglos de 13	9,07	2,61	23,67	daN/m²	189		4474			
Total							19053	2105	54695	9591
Niveau N3										
Poteau 25*40		3,06		daN/ml	250		765			
Plancher courant	4,6		21,735	daN/m²	575	150	12498	3260		
Escalier	2,3	1,925	4,4275	daN/m²	647	250	2865	1107		

Poutre	8,6			daN/ml	225		1935			
Maçonnerie agglos de 25	6,2	2,61	16,18	daN/m²	324		5243			
Maçonnerie agglos de 13	9,07	2,61	23,67	daN/m²	189		4474			
Total							27779	4367	82475	13958
Niveau N4										
Poteau 30*40		3,06		daN/ml	300		918			
Plancher courant	4,6		21,735	daN/m²	575	250	12498	5434		
Poutre	8,65			daN/ml	225		1946			
Maçonnerie agglos de 25	4,35	2,61	11,35	daN/m²	324		3679			
Maçonnerie agglos de 13	11,82	2,61	30,85	daN/m²	189		5831			
Total							24871	5434	107346	19392
Niveau N5										
Poteau 40*40		3,06		daN/ml	400		1224			
Plancher courant	4,6		21,735	daN/m²	575	250	12498	5434		
Poutre	8,55			daN/ml	225		1924			
Maçonnerie agglos de 25	4,35	2,61	11,35	daN/m²	324		3679			
Maçonnerie agglos de 13	9,7	2,61	25,32	daN/m²	189		4785			
Total							24109	5434	131455	24826
Niveau N6										
Poteau 45*45		3,06		daN/ml	506		1549			
Plancher	4,6		21,735	daN/m²	650	250	14128	5434		
Poutre	8,5			daN/ml	225		1913			
Maçonnerie agglos de 25	4,35	2,61	11,35	daN/m²	324		3679			
Maçonnerie agglos de 13	9,7	2,61	25,32	daN/m²	189		4785			
Total							26053	5434	157508	30259
Niveau N7										
Poteau 50*50		3,5		daN/ml	625		2188			

Total	2188	159695	30259
-------	------	--------	-------

Poteau D3										
Désignation	Dimensions			Charge unitaire			Charge totale		Charge cumulée	
	Longueur[m]	Hauteur [m]	Surface [m²]	Unité	G	Q	G [daN]	Q [daN]	G [daN]	Q [daN]
Niveau N0										
Toiture terrasse inaccessible	4,6		18,17	daN/m²	491	100	8921	1817		
Poutre	8,05			daN/ml	225		1811			
Total							10733	1817	10733	1817
Niveau N1										
Poteau 25*25		3,06		daN/ml	156		478			
Plancher	4,6		18,17	daN/m²	575	150	10448	2726		
Poutre	8,05			daN/ml	225		1811			
Maçonnerie agglos de 25	6,25	2,61	16,31	daN/m²	324		5285			
Maçonnerie agglos de 13	2,17	2,61	5,66	daN/m²	189		1070			
Total							19093	2726	29826	4543
Niveau N2										
Poteau 25*25		3,06		daN/ml	156		478			
Plancher de mezzanine	3,3		13,04	daN/m²	575	150	7495	1955		
Poutre	5,25			daN/ml	225		1181			
Maçonnerie agglos de 25	3,95	2,61	10,31	daN/m²	324		3340			
Maçonnerie agglos de 13	2,17	2,61	5,66	daN/m²	189		1070			
Total							13565	1955	43391	6498
Niveau N3										
Poteau 25*40		3,06		daN/ml	250		765			
Plancher courant	4,6		18,17	daN/m²	575	150	10448	2726		

Poutre	8,05			daN/ml	225		1811			
Maçonnerie agglos de 25	3,95	2,61	10,31	daN/m²	324		3340			
Maçonnerie agglos de 13	2,17	2,61	5,66	daN/m²	189		1070			
Total							17435	2726	60825	9223
Niveau N4										
Poteau 30*40		3,06		daN/ml	300		918			
Plancher courant	4,6		18,17	daN/m²	575	250	10448	4543		
Poutre	8,05			daN/ml	225		1811			
Maçonnerie agglos de 25	4,05	2,61	10,57	daN/m²	324		3425			
Maçonnerie agglos de 13	4,05	2,61	10,57	daN/m²	189		1998			
Total							18600	4543	79425	13766
Niveau N5										
Poteau 40*40		3,06		daN/ml	400		1224			
Plancher courant	4,6		18,17	daN/m²	575	400	10448	7268		
Poutre	8,05			daN/ml	225		1811			
Maçonnerie agglos de 25	2	2,61	5,22	daN/m²	324		1691			
Maçonnerie agglos de 13	6,25	2,61	16,31	daN/m²	189		3083			
Total							18257	7268	97682	21034
Niveau N6										
Poteau 45*45		3,06		daN/ml	506		1549			
Plancher	4,6		18,17	daN/m²	650	400	11811	7268		
Poutre	8,05			daN/ml	225		1811			
Maçonnerie agglos de 25	2	2,61	5,22	daN/m²	324		1691			
Maçonnerie agglos de 13	6,25	2,61	16,31	daN/m²	189		3083			
Total							19945	7268	117628	28302
Niveau N7										
Poteau 50*50		3,5		daN/ml	625		2188			

Total	2188		119815	28302
-------	------	--	---------------	--------------

Poteau E3											
Désignation	Dimensions				Charge unitaire			Charge totale		Charge cumulée	
	Longueur[m]	Largueur[m]	Hauteur [m]	Surface [m²]	Unité	G	Q	G [daN]	Q [daN]	G [daN]	Q [daN]
Niveau N0											
Toiture terrasse 0.14cm	4,6	3,3		15,18	daN/m²	491	100	7453	1518		
Acrotère	4,6	0,1	0,9		daN/m²	1035		4761	0		
Poutre	7,4				daN/ml	225		1665			
Total								13879	1518	13879	1518
Niveau N1											
Poteau 25*25			3,06		daN/ml	156		478			
Plancher	4,6	3,3		15,18	daN/m²	575	150	8729	2277		
Poutre	7,4				daN/ml	225		1665			
Maçonnerie agglos de 23	9,7		2,61	25,32	daN/m²	324		8203			
Maçonnerie agglos de 13	0		2,61	0,00	daN/m²	189		0			
Total								19074	2277	32954	3795
Niveau N2											
Poteau 25*25			3,06		daN/ml	156		478			
Plancher courant	4,6	3,3		15,18	daN/m²	575	250	8729	3795		
Poutre	7,4				daN/ml	225		1665			
Maçonnerie agglos de 23	4,35		2,61	11,35	daN/m²	324		3679			
Maçonnerie agglos de 13	0		2,61	0,00	daN/m²	189		0			
Total								14550	3795	47504	7590
Niveau N3											

Poteau 25*25			3,06		daN/ml	156		478			
Plancher courant	4,6	3,3		15,18	daN/m²	575	250	8729	3795		
Poutre	7,4				daN/ml	225		1665			
Maçonnerie agglos de 23	9,7		2,61	25,32	daN/m²	324		8203			
Total								19074	3795	66578	11385
Niveau N4											
Poteau 25*30			3,06		daN/ml	188		574			
Plancher courant	4,6	3,3		15,18	daN/m²	575	150	8729	2277		
Poutre	7,35				daN/ml	225		1654			
Maçonnerie agglos de 23	9,7		2,61	25,32	daN/m²	324		8203			
Total								19159	2277	85737	13662
Niveau N5											
Poteau 25*30			3,06		daN/ml	188		574			
Plancher courant	4,6	3,3		15,18	daN/m²	575	150	8729	2277		
Poutre	7,35				daN/ml	225		1654			
Maçonnerie agglos de 23	9,7		2,61	25,32	daN/m²	324		8203			
Maçonnerie agglos de 13	4,20		2,61	10,96	daN/m²	189		2072			
Total								21231	2277	106967	15939
Niveau N6											
Poteau 25*40			3,06		daN/ml	250		765			
Plancher	4,6	3,3		15,18	daN/m²	575	250	8729	3795		
Poutre	7,25				daN/ml	225		1631			
Maçonnerie agglos de 23	9,7		2,61	25,32	daN/m²	324		8203			
Maçonnerie agglos de 13	4,20		2,61	10,96	daN/m²	189		2072			
Total								21399	3795	128367	19734
Niveau N7											
Poteau 25*50			3,5		daN/ml	313		1094			
Total								1094		129460	19734

ANNEXE D : ETUDE ARCHITECTURALE

Dimensions des meubles pour le dimensionnement des chambres à coucher

	LIT A 2 PLACES	TABLE DE NUIT	RANGEMENT	BUREAU
LONGUEUR (cm)	190	750	≥200	120
LARGEUR (cm)	180	750	60	60
HAUTEUR (cm)	90	90	200	720

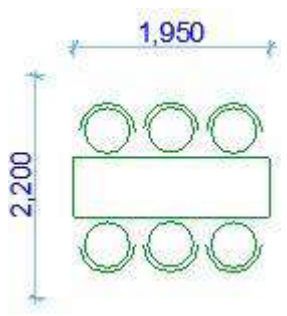
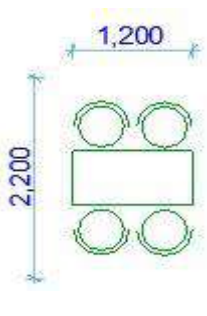
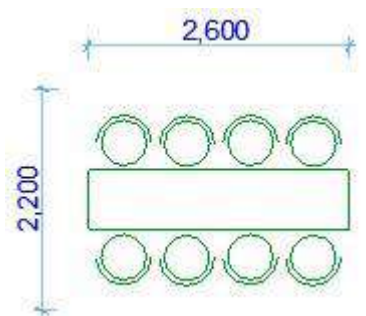
Dimensions des équipements pour le dimensionnement de la cuisine

	LONGUEUR (cm)	LARGEUR (cm)	HAUTEUR (cm)
évier	900	600	850
Four	600	600	850
Plan de travail	□600	600	850
réfrigérateur	800	750	1500
Lave-vaisselle	600	600	850

Eléments muraux de la cuisine

	LONGUEUR (cm)	LARGEUR (cm)	HAUTEUR (cm)	Hauteur face supérieure par rapport au plancher (cm)
Eléments supérieures ou muraux à une porte	20 à 120	35	50	200

Dimensions des tables à mangers pour les différents types d'appartements

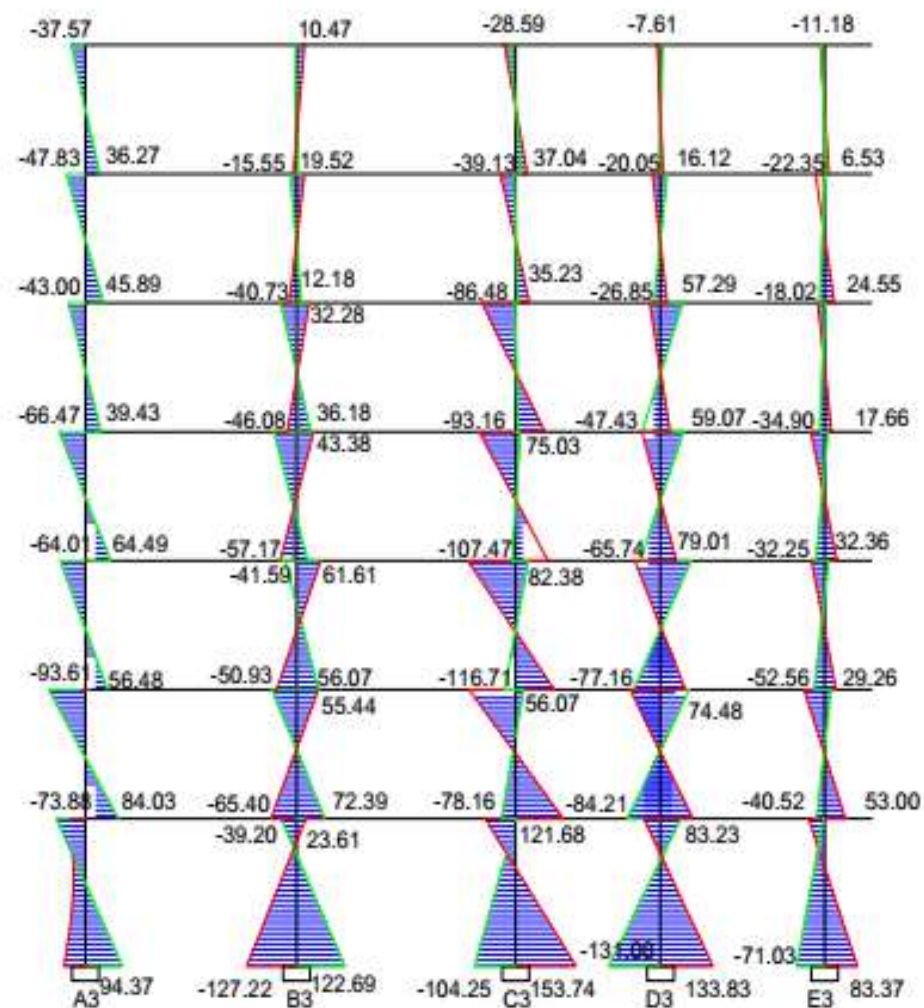
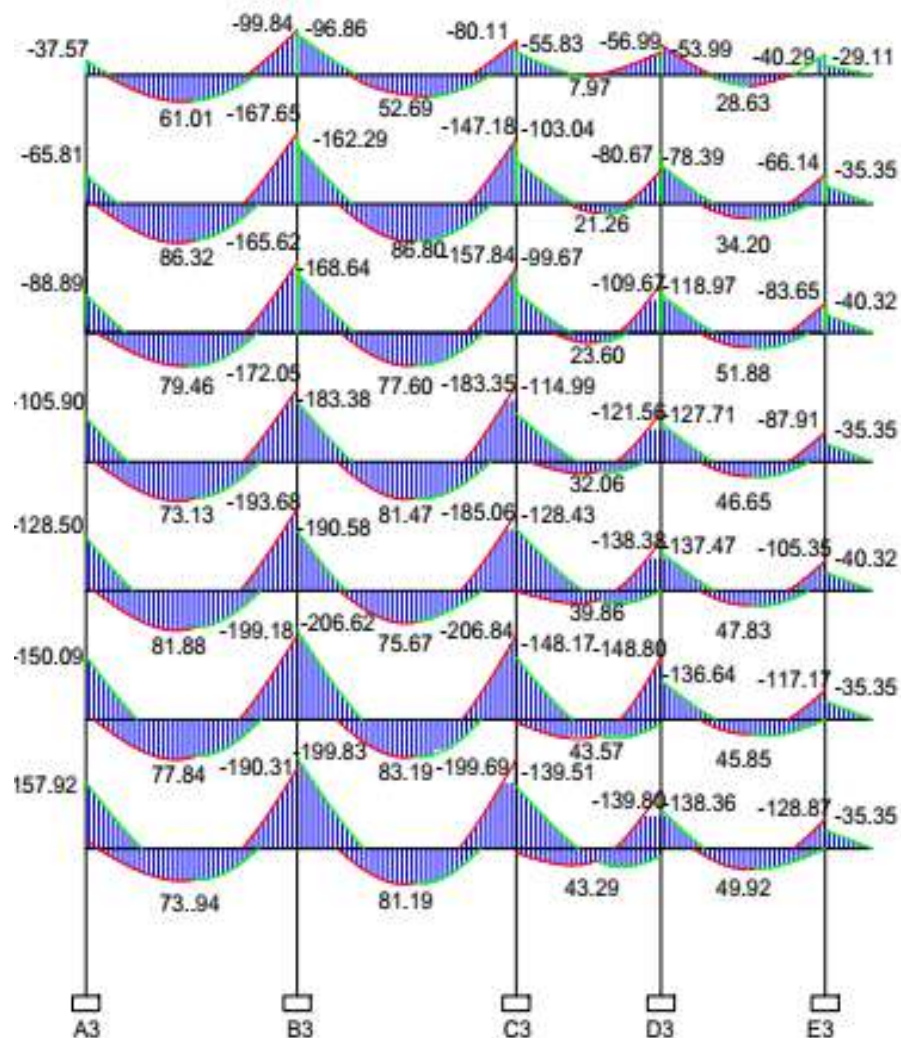
F1 et F2	F3	F4 et duplex
		

ANNEXE E : DIMENSIONS DES APPARTEMENTS

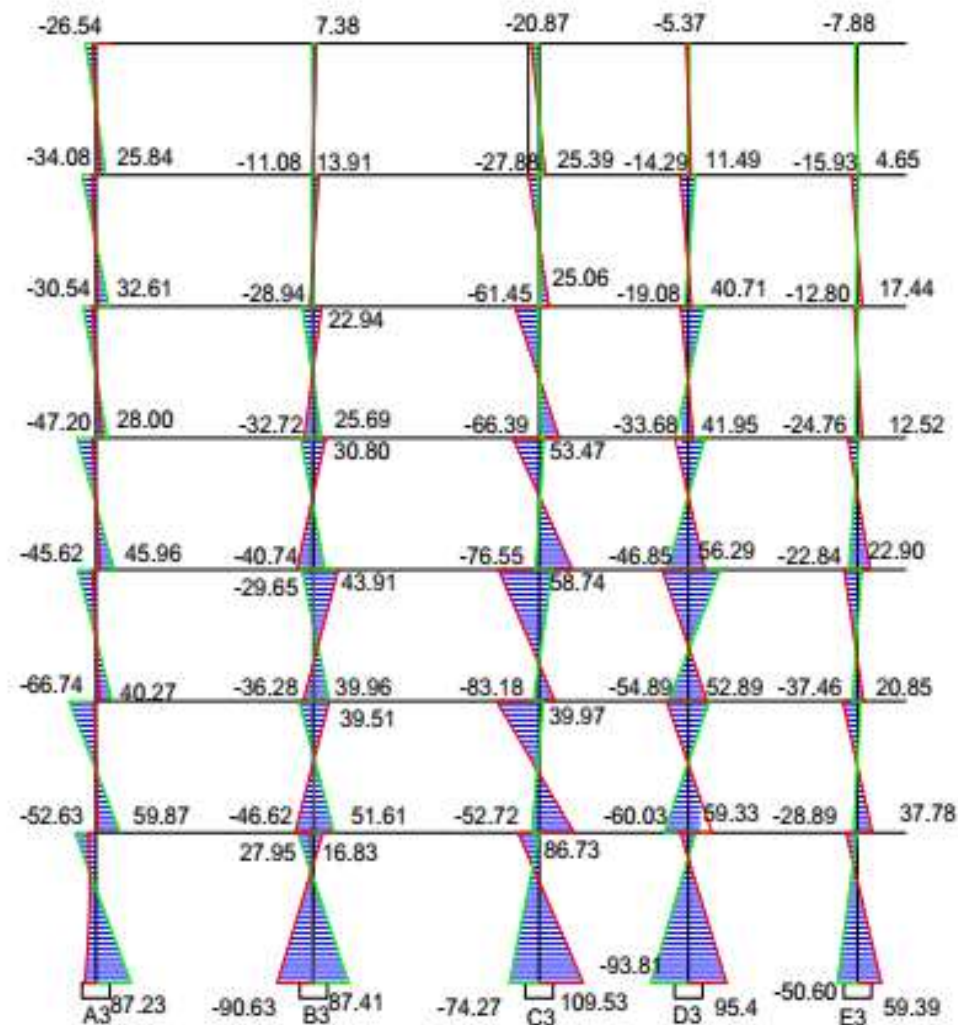
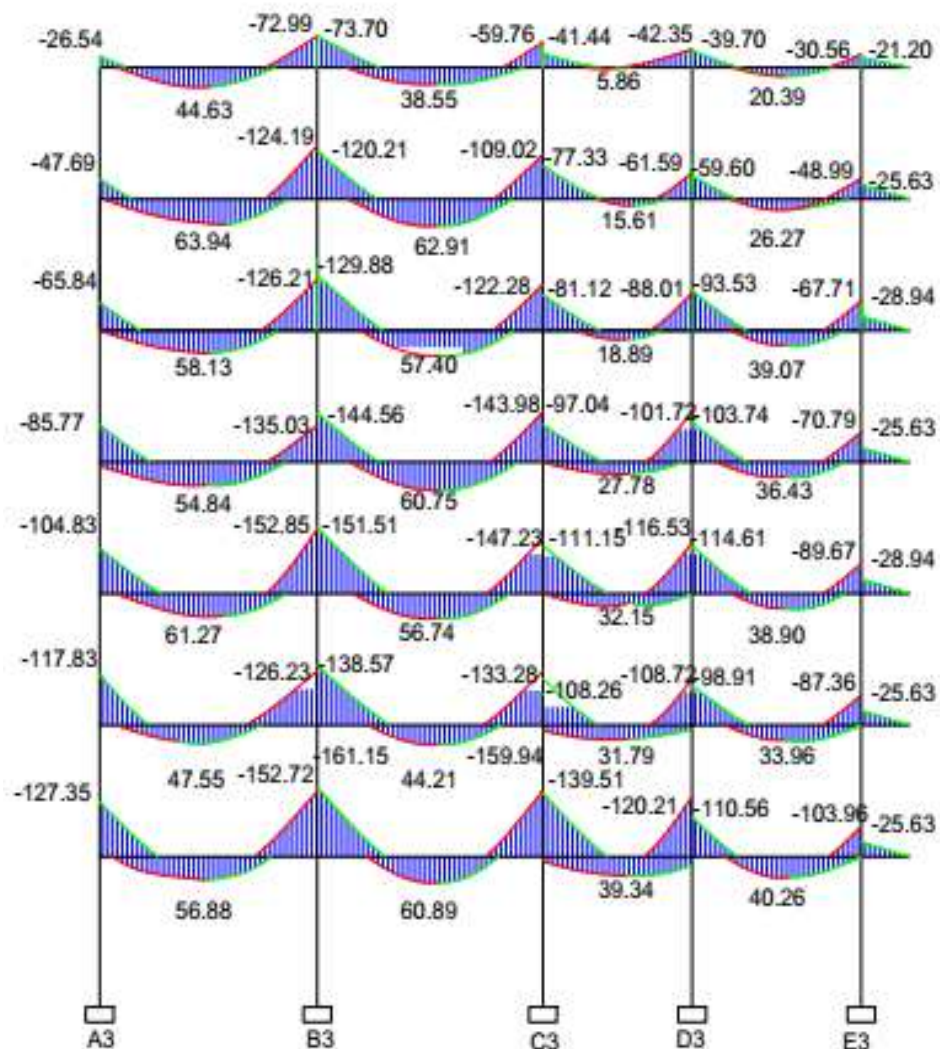
1 ^{ère} ETAGE (4appartements)		
TYPE APPARTEMENT 1 (A1)	DESIGNATION PIECE	SURFACE (m ²)
A1 F3	Ch1	18,18
	Ch2	14,00
	Cuisine + coin repas	20,81
	Salle de séjour	30,00
	WC	4.08
	Salle de bain	9.20
	Débarras	3.71
	TOTAL	92.19
A2 F3	Ch1	18,18
	Ch2	14,00
	Cuisine + coin repas	20,81
	Salle de séjour	30,00
	WC	4.08
	Salle de bain	9.20
	Débarras	3.71
	TOTAL	92.19
A3 F4	Ch1	15,15
	Ch2	15.82
	Ch3	14,12
	Cuisine +coin à manger	22.47
	Dressing	3.72
	Salle de séjour	34,42
	WC	3,66
	3 SDE	13.52
	DGT	9.29
	TOTAL	67.35
A4 F4	Ch1	15,15
	Ch2	15.82
	Ch3	14,12
	Cuisine +coin à manger	22.47
	Dressing	3.72
	Salle de séjour	34,42
	WC	3,66
	2 SDE	9,31
	TOTAL	67.35

ANNEXE F : COURBES ENVELOPPES

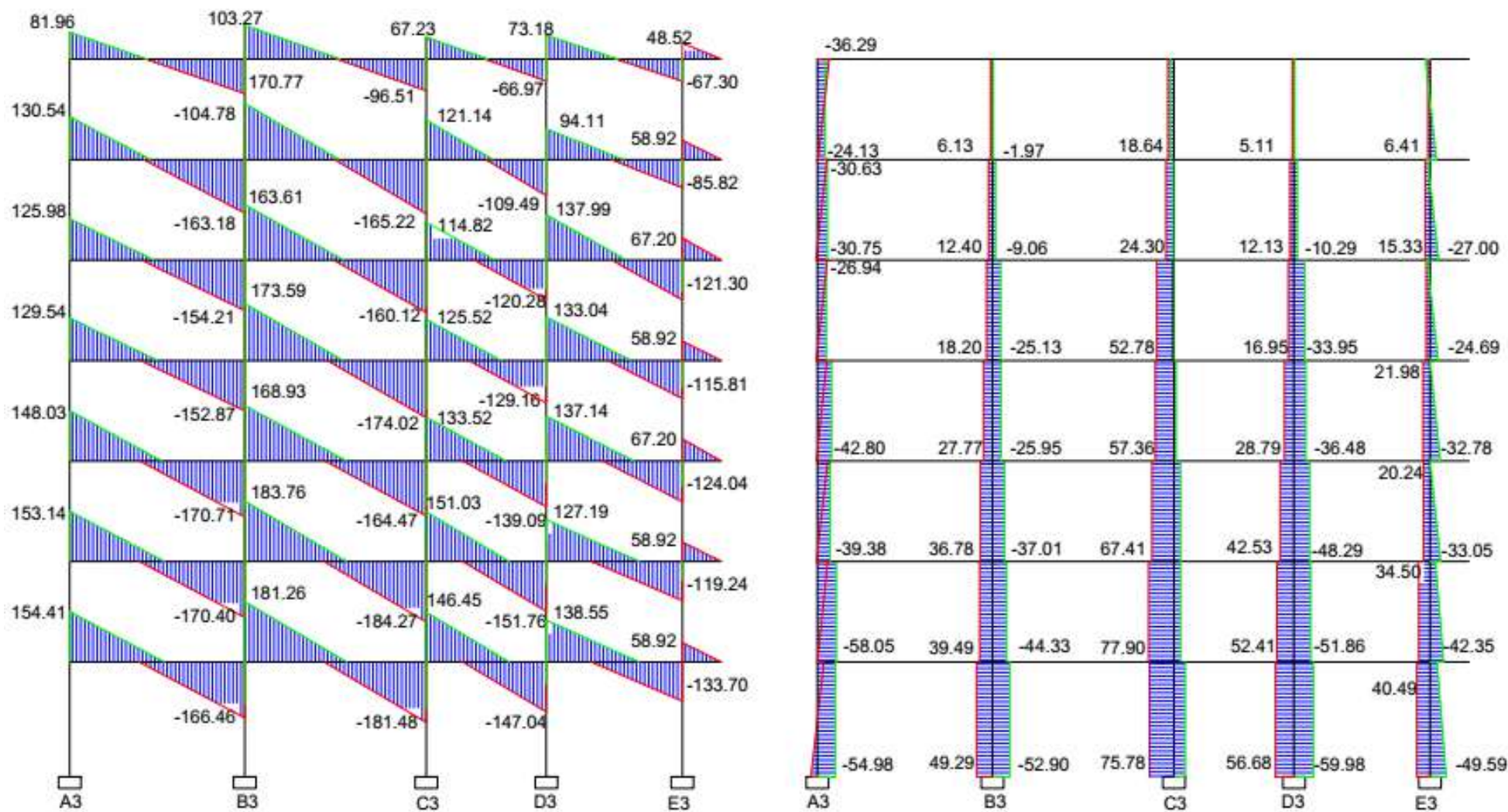
ANNEXE F.1 : Courbes enveloppes des moments fléchissants à l'ELU [kN.m]



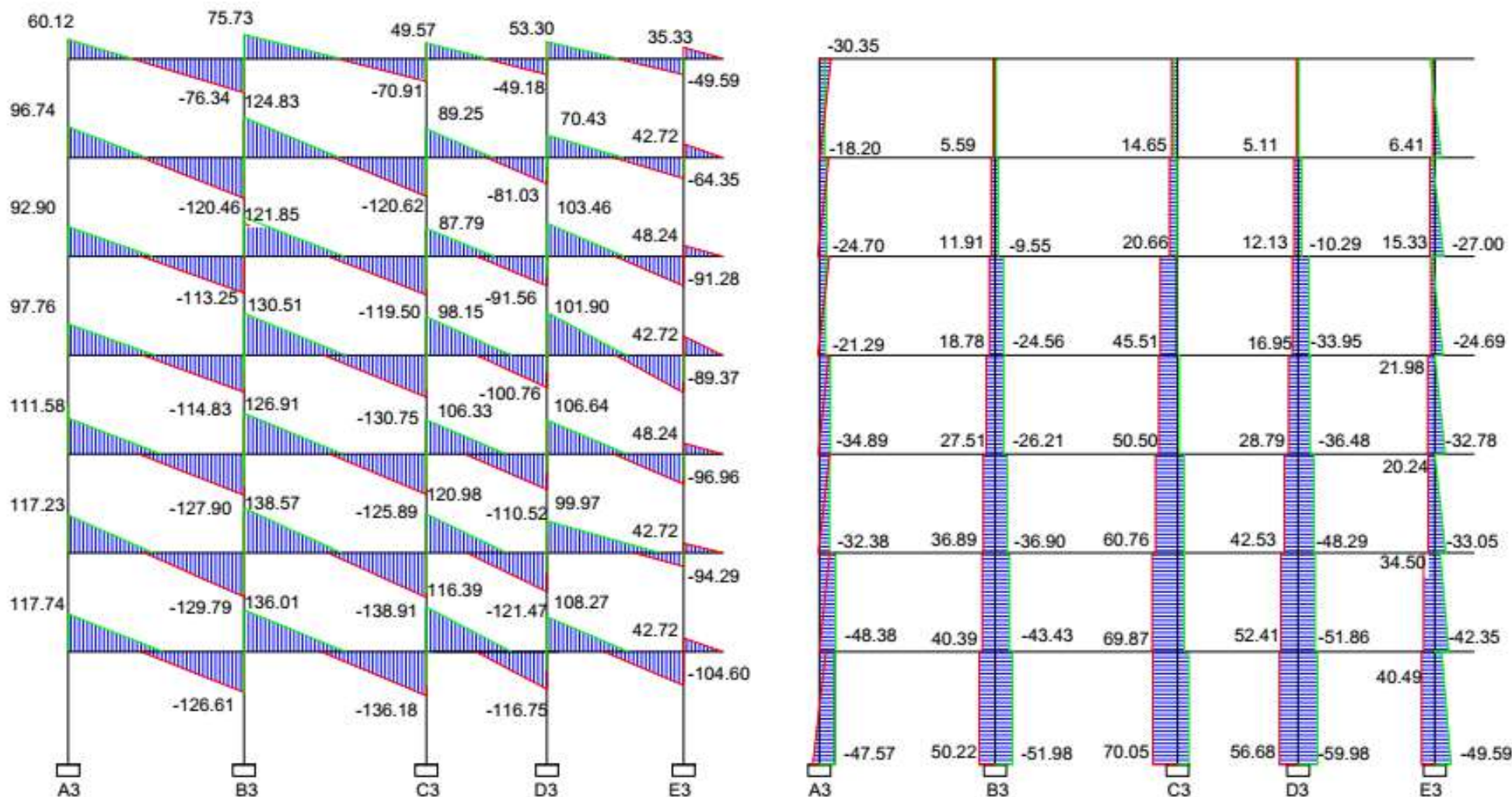
ANNEXE F.2 : Courbes enveloppes des moments fléchissants à l'ELS [kN.m]



ANNEXE F.3 : Courbes enveloppes des efforts tranchants à l'ELU [kN]



ANNEXE F.4 : Courbes enveloppes des efforts tranchants à l'ELS [kN]

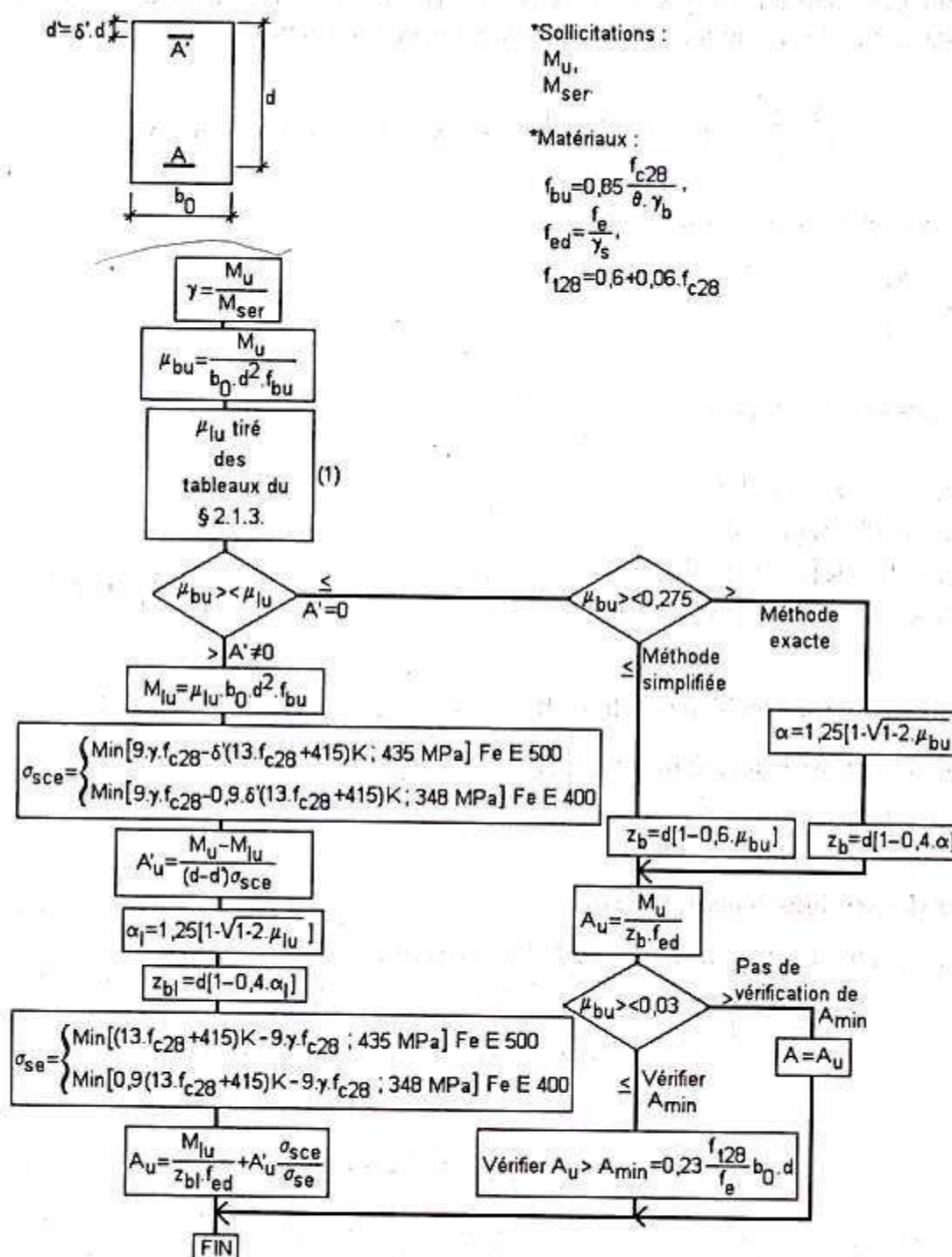


ANNEXE F : VALEURS DES COEFFICIENTS μ_x et μ_y (Méthode forfaitaire)

Valeurs des rapports $\mu_x = M_{0x} / p \ell_x^2$ et $\mu_y = M_{0y} / M_{0x}$ en fonction du rapport ℓ_x / ℓ_y				
$\frac{\ell_x}{\ell_y}$	Calcul des sollicitations		Calcul des déformations	
	μ_x	μ_y	μ_x	μ_y
0,40	0,110	0,25 (1)	0,112	0,293
0,45	0,102	0,25	0,105	0,333
0,50	0,095	0,25	0,098	0,373
0,55	0,088	0,25	0,092	0,420
0,60	0,081	0,305	0,086	0,476
0,65	0,074 5	0,369	0,080	0,530
0,70	0,068	0,436	0,074	0,585
0,75	0,062	0,509	0,068 5	0,643
0,80	0,056	0,595	0,063	0,710
0,85	0,051	0,685	0,058	0,778
0,90	0,046	0,778	0,053	0,846
0,95	0,041	0,887	0,048	0,923
1,00	0,037	1,000	0,044	1,000
(1) La condition indiquée en [C 2 310] implique que les valeurs de μ_y inférieures à 0,25 (correspondant à $\ell_x / \ell_y = 0,557$) ne sont pas à prendre en considération.				

ANNEXE G : ORGANIGRAMME DE CALCUL EN FLEXION SIMPLE A L'ELU

SECTION RECTANGULAIRE – DIMENSIONNEMENT À L'E.L.U.

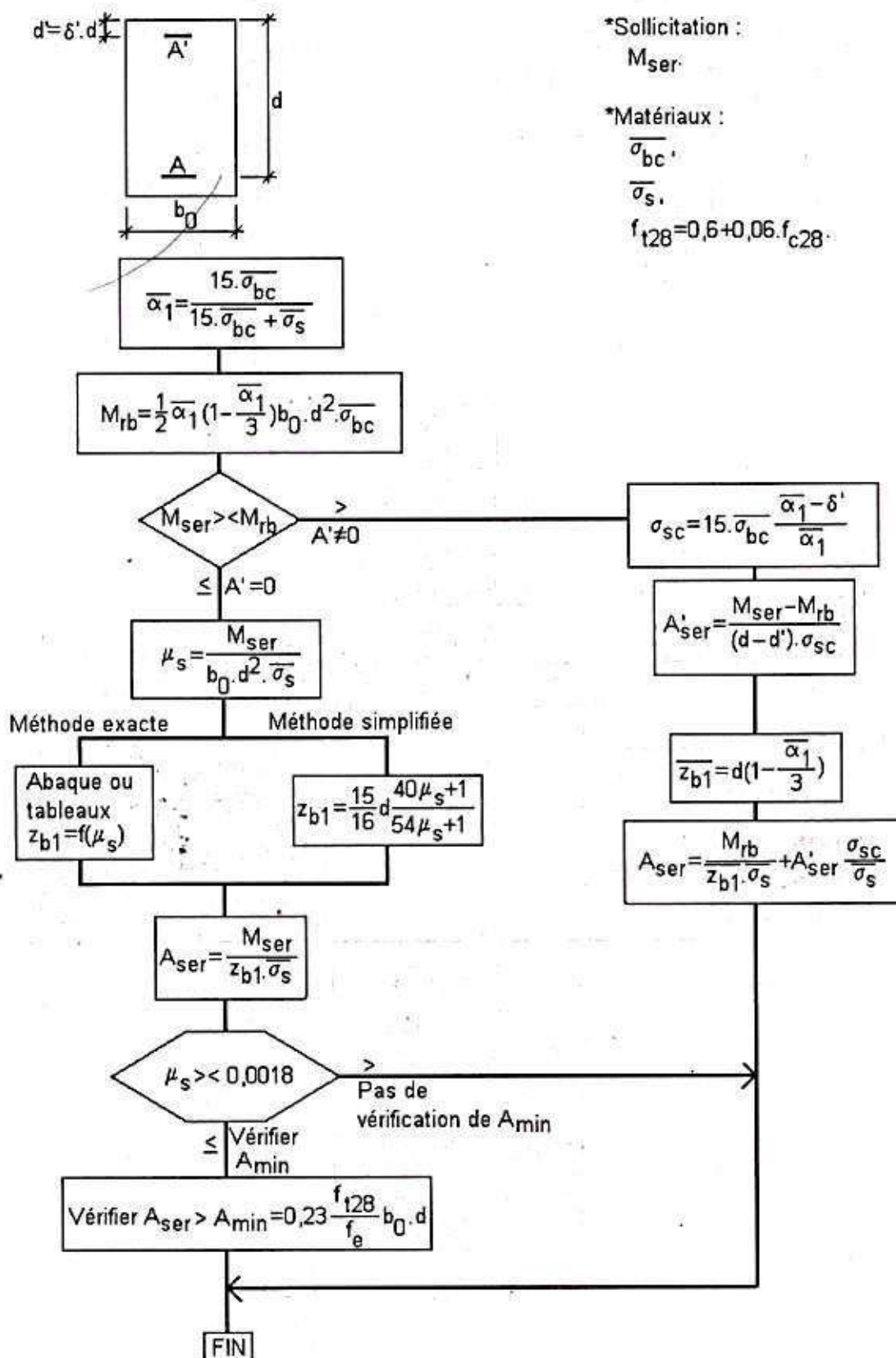


(1) ou si $f_{c28} \leq 30$ MPa :

$$10^4 \mu_{lu} = \begin{cases} 3220 \cdot \theta \gamma + 51 \frac{f_{c28}}{\theta} - 3100 & \text{Fe E 500} \\ 3440 \cdot \theta \gamma + 49 \frac{f_{c28}}{\theta} - 3050 & \text{Fe E 400} \end{cases}$$

ANNEXE H : ORGANIGRAMME DE CALCUL EN FLEXION SIMPLE A L'ELS

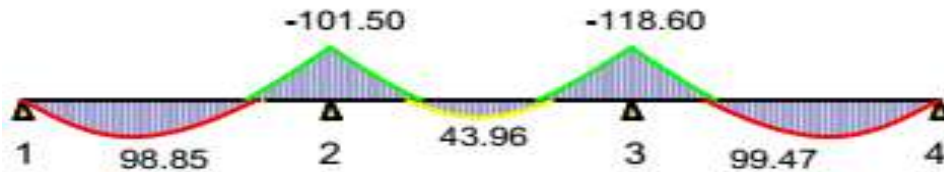
SECTION RECTANGULAIRE – DIMENSIONNEMENT À L'E.L.S.



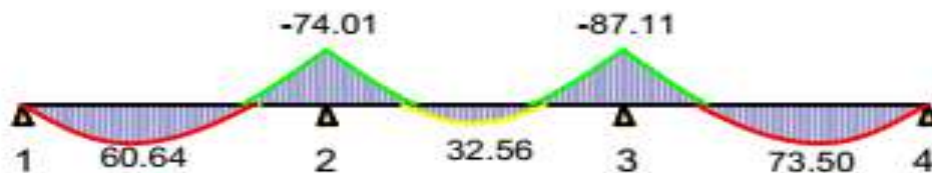
ANNEXE I : VALEURS DE $\mu_{ser,lim}$ EN FONCTION DE μ_{bw} , f_e ET f_{c28}

HA fe E 400 Fissuration non préjudiciable (pas de condition sur l'acier)								
μ	Résistance à la compression simple du béton en MPa							
	16	18	20	25	30	40	50	60
0,02	0,0340	0,0359	0,0376	0,0415	0,0449	0,0508	0,0557	0,0600
0,04	0,0464	0,0488	0,0510	0,0560	0,0603	0,0676	0,0737	0,0789
0,06	0,0523	0,0580	0,0605	0,0662	0,0711	0,0792	0,0859	0,0916
0,08	0,0624	0,0654	0,0682	0,0743	0,0796	0,0882	0,0953	0,1010
0,10	0,0685	0,0717	0,0746	0,0811	0,0866	0,0957	0,1030	0,1090
0,12	0,0738	0,0772	0,0802	0,0870	0,0927	0,102	0,109	0,115
0,14	0,0786	0,0821	0,0852	0,0922	0,0980	0,107	0,115	0,121
0,16	0,0829	0,0865	0,0898	0,0969	0,103	0,112	0,12	0,126
0,18	0,0869	0,0906	0,0939	0,101	0,107	0,117	0,124	0,13
0,20	0,0906	0,0944	0,0978	0,105	0,111	0,121	0,128	0,134
0,22	0,0941	0,0979	0,101	0,109	0,115	0,124	0,132	0,138
0,24	0,0974	0,101	0,105	0,112	0,118	0,128	0,135	0,141
0,26	0,101	0,104	0,108	0,115	0,122	0,131	0,138	0,144
0,28	0,104	0,107	0,111	0,118	0,125	0,134	0,141	0,147
0,30	0,106	0,110	0,114	0,121	0,127	0,137	0,144	0,149
0,32	0,109	0,113	0,117	0,124	0,130	0,140	0,147	0,152
0,34	0,112	0,116	0,120	0,127	0,133	0,142	0,149	0,154
0,36	0,115	0,119	0,122	0,130	0,136	0,145	0,151	0,157
0,38	0,117	0,121	0,125	0,132	0,138	0,147	0,154	0,159
0,40	0,121	0,125	0,129	0,136	0,143	0,152	0,160	0,166
0,42	0,125	0,129	0,133	0,142	0,150	0,162	0,171	0,180
0,44	0,129	0,134	0,138	0,148	0,157	0,171	0,183	0,193
0,46	0,133	0,138	0,143	0,154	0,164	0,180	0,194	0,207
0,48	0,137	0,142	0,148	0,160	0,171	0,189	0,206	0,221
0,50	0,141	0,147	0,152	0,166	0,178	0,198	0,217	0,235
0,52	0,145	0,151	0,157	0,172	0,185	0,208	0,229	0,249
0,54	0,149	0,156	0,162	0,178	0,192	0,217	0,240	0,263
0,56	0,153	0,160	0,167	0,183	0,198	0,226	0,252	0,277
0,58	0,157	0,164	0,172	0,189	0,205	0,235	0,264	0,291
0,60	0,160	0,169	0,177	0,195	0,212	0,245	0,275	0,305
0,62	0,164	0,173	0,181	0,201	0,219	0,254	0,287	0,319
0,64	0,168	0,177	0,186	0,207	0,227	0,263	0,298	0,332
0,66	0,172	0,182	0,191	0,213	0,234	0,273	0,310	0,341

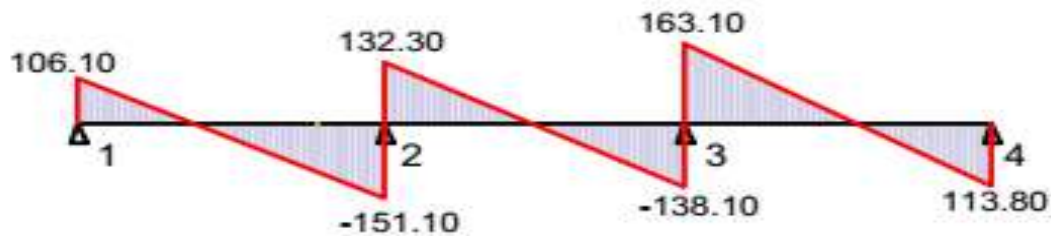
ANNEXE J : COURBES ENVELOPPES DES SOLLICITATIONS DE LA POUTRE LONGITUDINALE



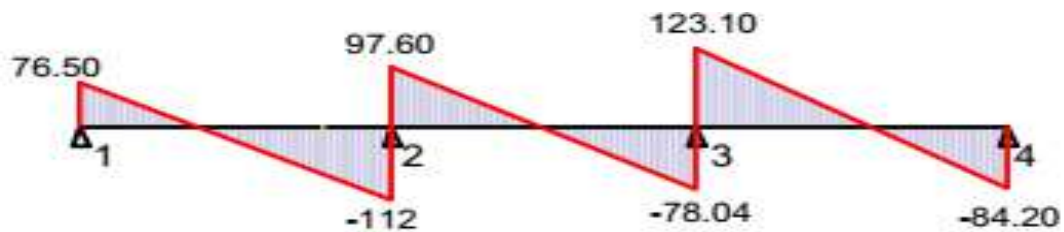
Courbe enveloppe des moments fléchissants à l'ELU



Courbe enveloppe des moments fléchissants à l'ELS

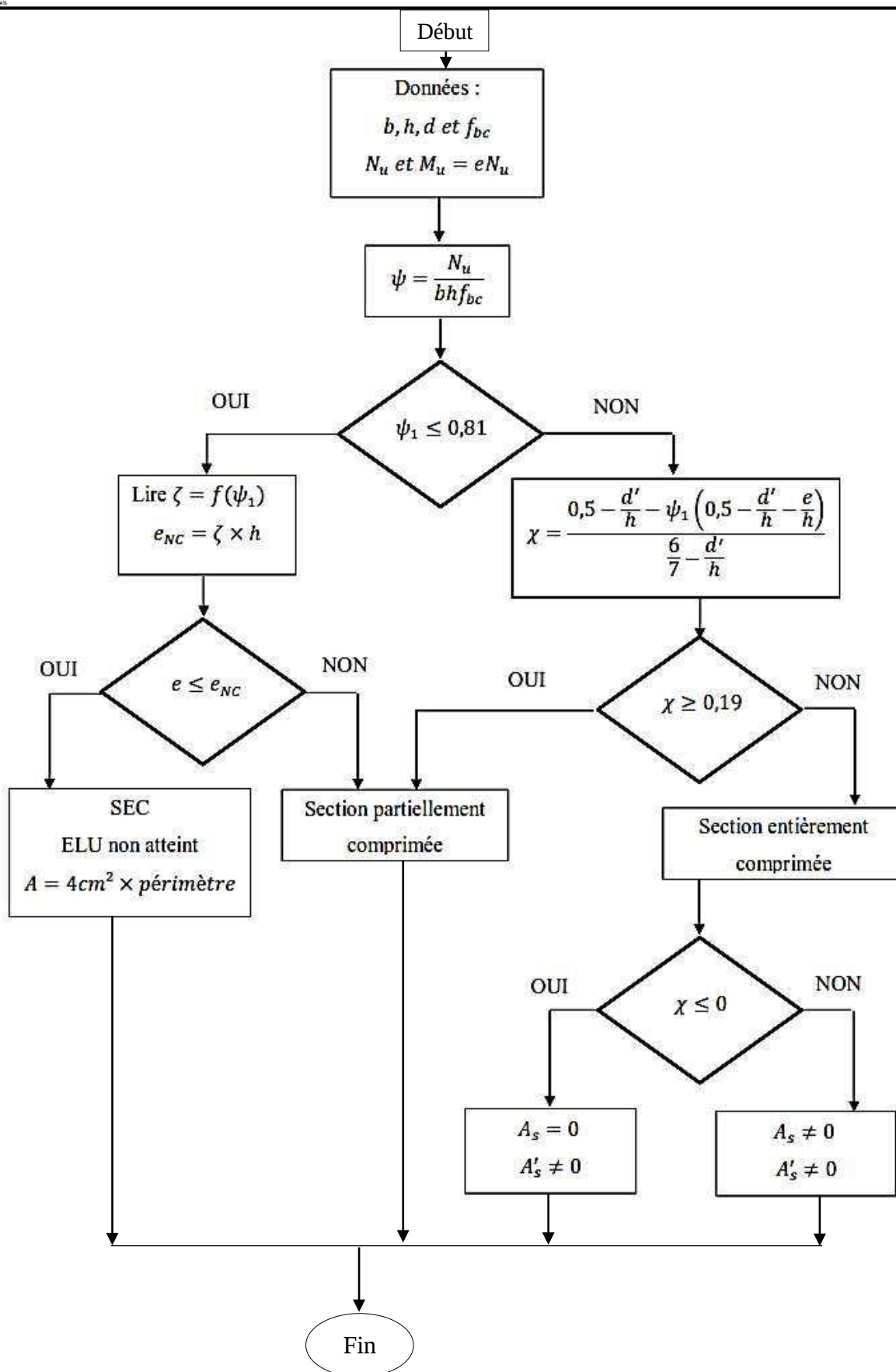


Courbe enveloppe des efforts tranchants à l'ELU

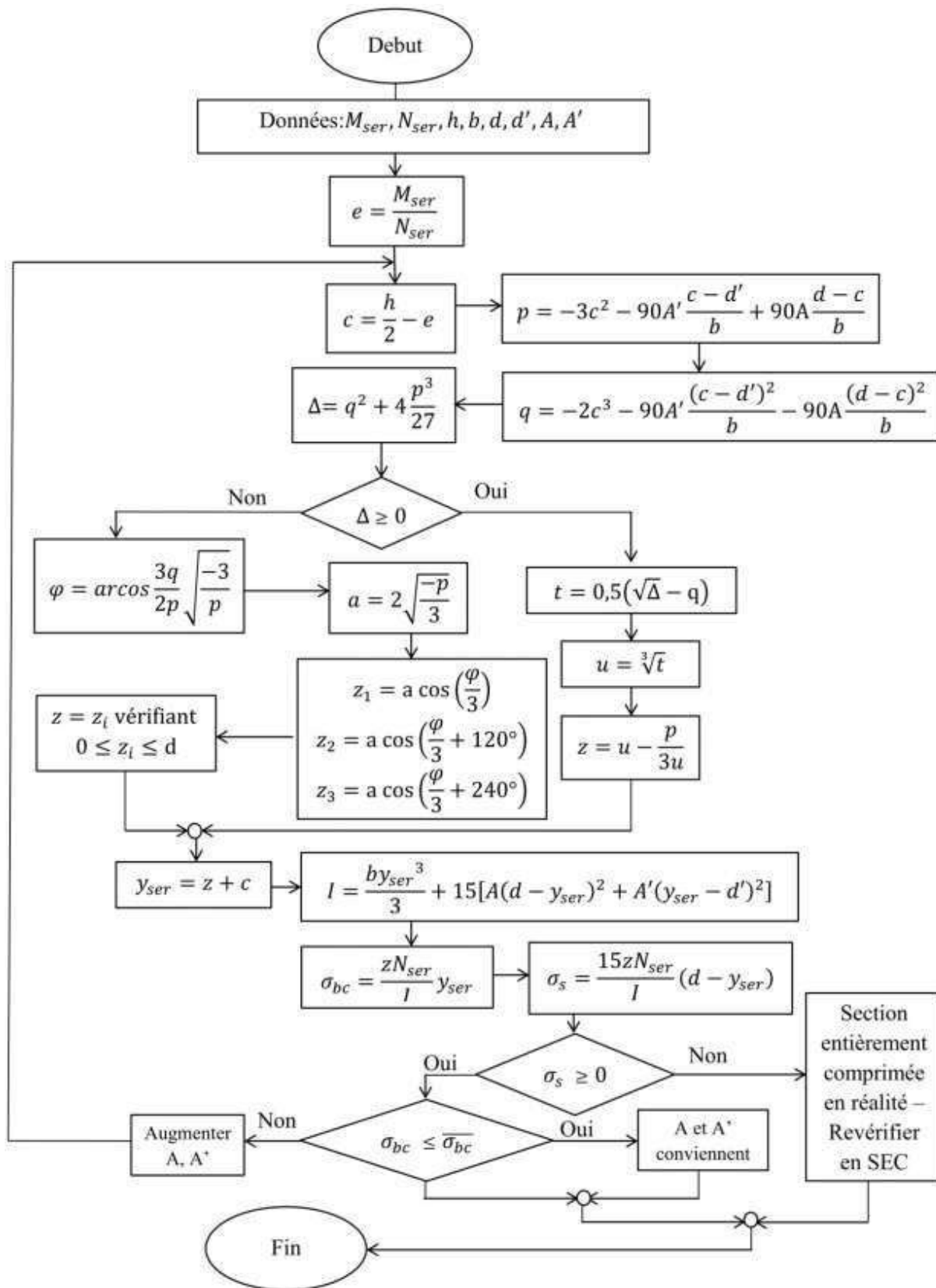


Courbe enveloppe des efforts tranchants à l'ELS

***ANNEXE K : ORGANIGRAMME POUR LE CALCUL D'UNE SECTION
RECTANGULAIRE EN FLEXION COMPOSEE***

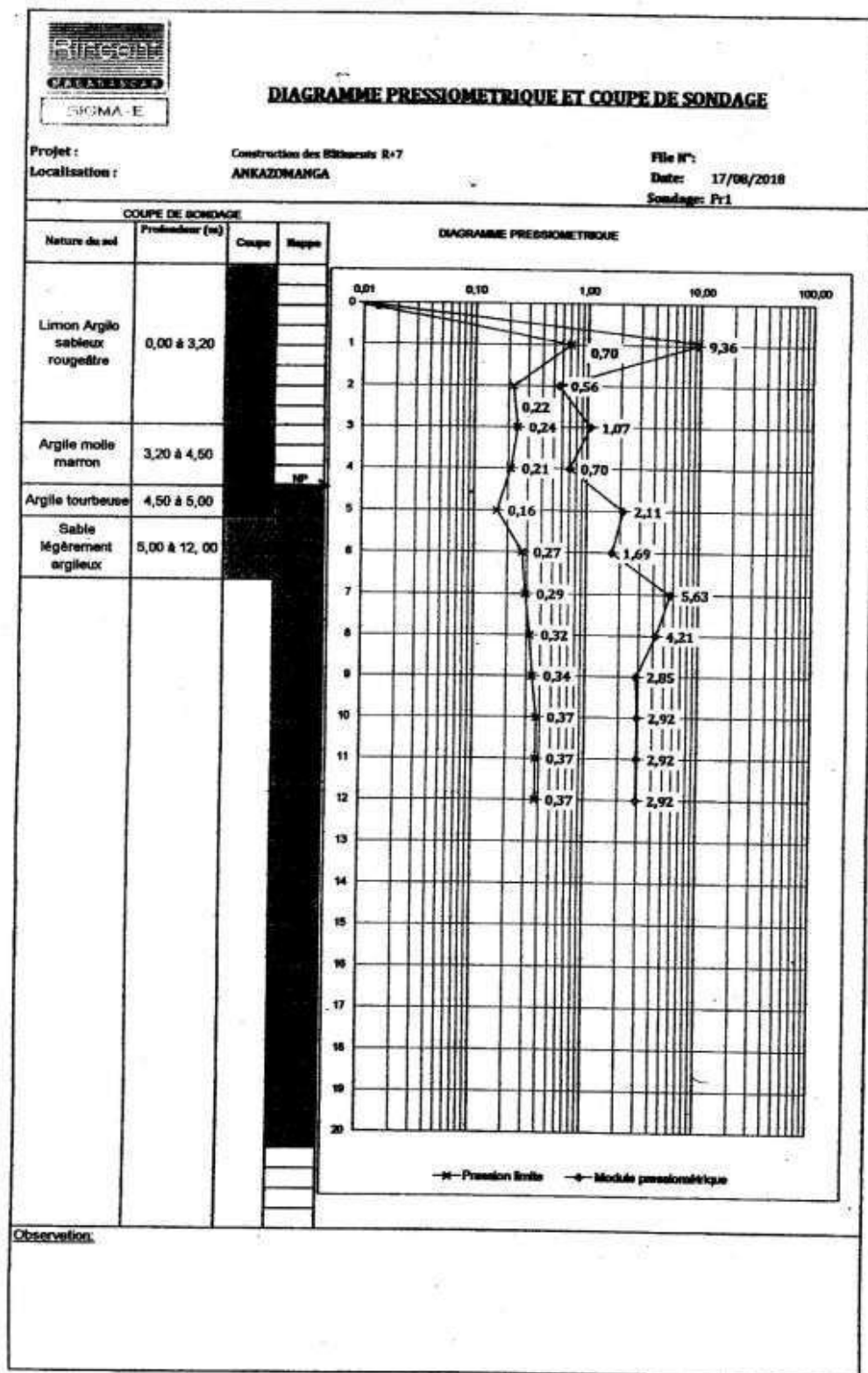


ANNEXE L : VERIFICATION A L'ELS DES CONTRAINTES D'UN POTEAU A SECTION PARTIELLEMENT COMPRIMEE SOUMIS A UNE FLEXION COMPOSEE.

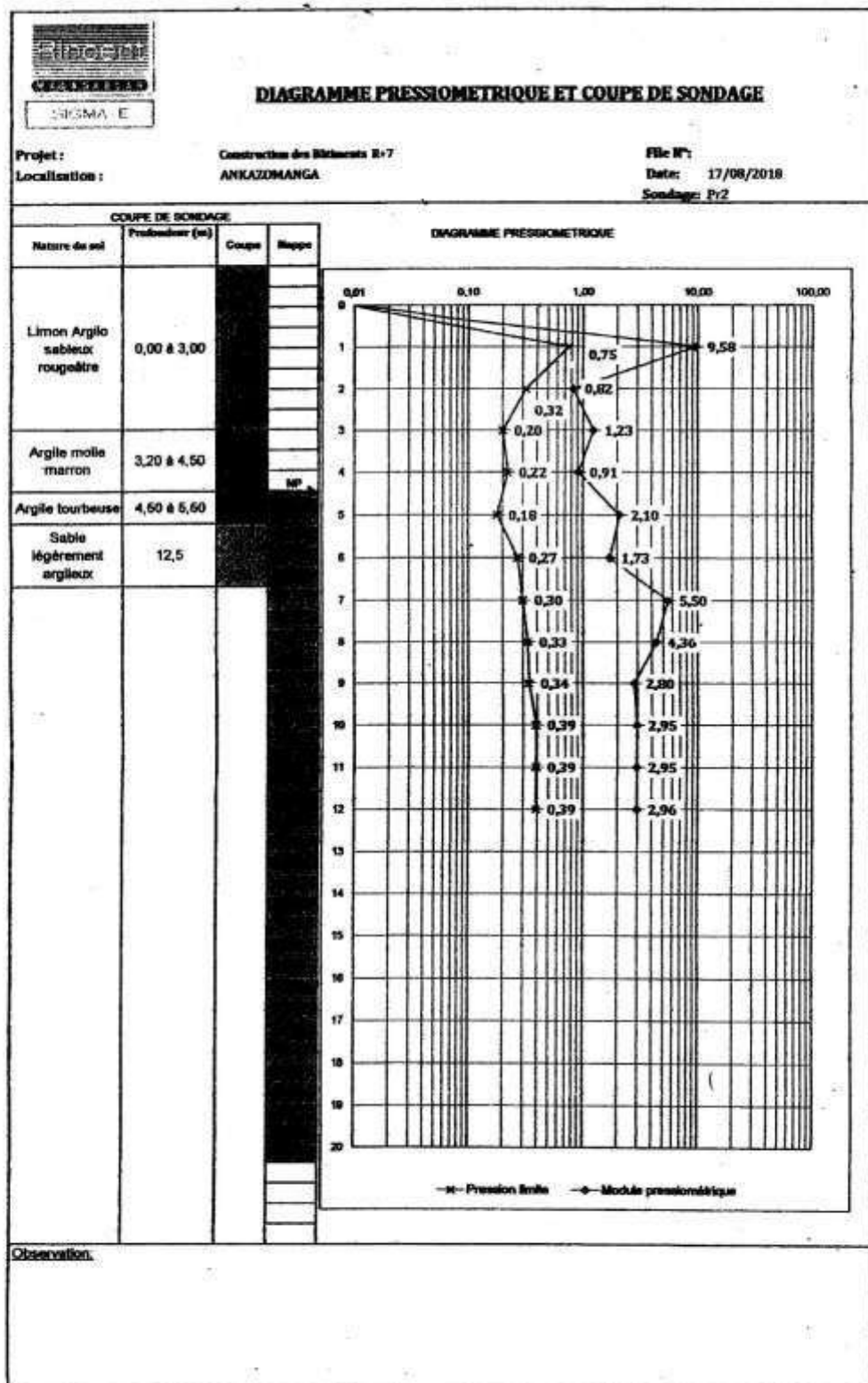


ANNEXE M : GEOTECHNIQUE

1er sondage :



2ème sondage :



ANNEXE N : COEFFICIENTS DE FORME λ_c et λ_d

L/B	cercle	carré	2	3	5	20
λ_c	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50
λ_d	1,00	1,12	1,53	1,78	2,14	2,65

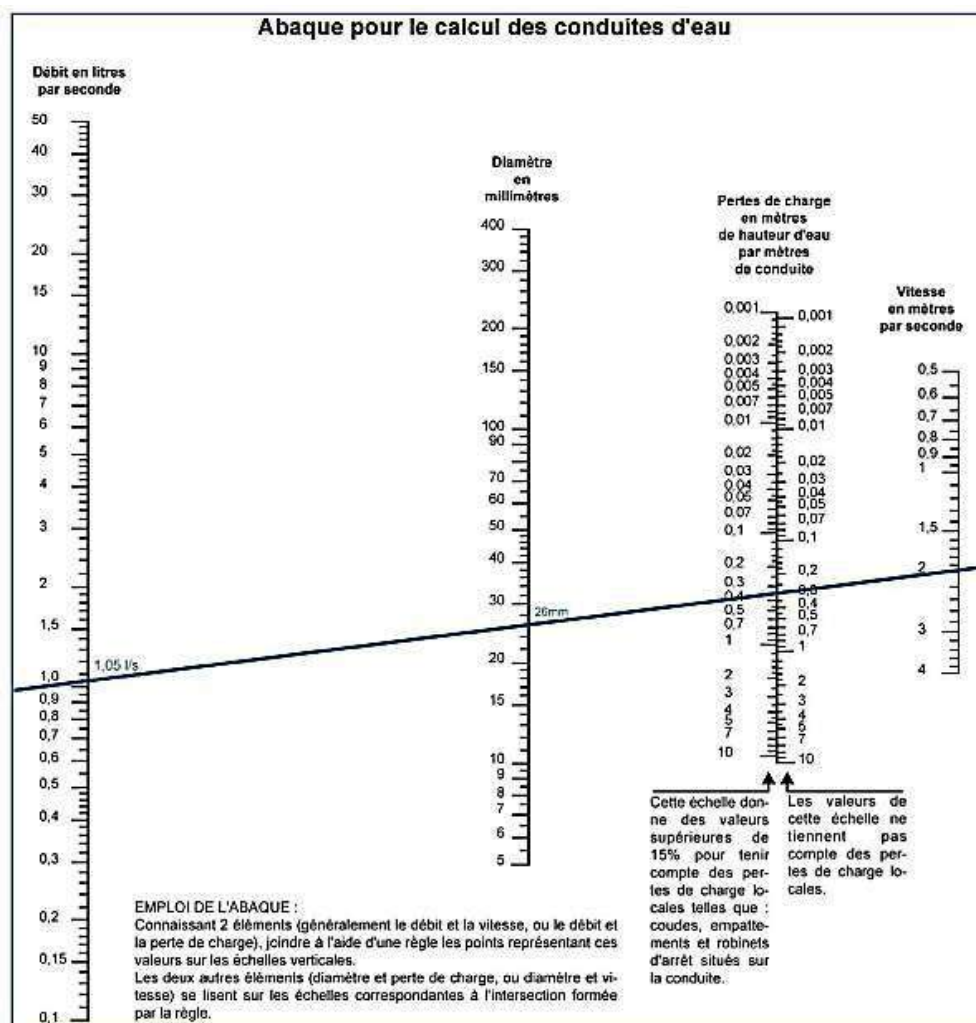
ANNEXE O : COEFFICIENT RHEOLOGIQUE α

Type	Tourbe	Argile		Limon		Sable		Sable et gravier		Type	Roche
	α	E/p_ℓ	α	E/p_ℓ	α	E/p_ℓ	α	E/p_ℓ	α		α
Surconsolidé ou très serré		> 16	1	> 14	2/3	> 12	1/2	> 10	1/3	Très peu fracturé.....	2/3
Normalement consolidé ou normalement serré	1	9 à 16	2/3	8 à 14	1/2	7 à 12	1/3	6 à 10	1/4	Normal.....	1/2
Sous-consolidé altéré et remanié ou lâche		7 à 9	1/2	5 à 8	1/2	5 à 7	1/3			Très fracturé.....	1/3
										Très altéré.....	2/3

**ANNEXE P : CALCUL DES DEBITS PROBABLES POUR LES CANALISATIONS
PRIMAIRES**

Etagé	Appareil	Nombre	Débit de base Q_b [l/s]		Q_b par étage [l/s]	N par étage	K	Q_p par étage [l/s]
			Par robinet	Par appareil				
6ème étage	WC	8	0,12	0,96	5,49	30	0,149	0,82
	Lavabo	8	0,2	1,6				
	Baignoire	1	0,33	0,33				
	Evier	4	0,2	0,8				
	Douche	5	0,2	1				
	Lave-vaisselle	4	0,2	0,8				
5ème étage	WC	5	0,12	0,6	4,86	25	0,163	0,79
	Lavabo	5	0,2	1				
	Baignoire	2	0,33	0,66				
	Evier	5	0,2	1				
	Douche	3	0,2	0,6				
	Lave-vaisselle	5	0,2	1				
4ème étage	WC	6	0,12	0,72	4,04	20	0,184	0,74
	Lavabo	6	0,2	1,2				
	Baignoire	4	0,33	1,32				
	Evier	1	0,2	0,2				
	Douche	2	0,2	0,4				
	Lave-vaisselle	1	0,2	0,2				
3ème étage	WC	5	0,12	0,6	6,25	30	0,149	0,93
	Lavabo	9	0,2	1,8				
	Baignoire	5	0,33	1,65				
	Evier	4	0,2	0,8				
	Douche	3	0,2	0,6				
	Lave-vaisselle	4	0,2	0,8				
2ème étage	WC	6	0,12	0,72	5,9	28	0,154	0,91
	Lavabo	8	0,2	1,6				
	Douche	6	0,33	1,98				
	Evier	4	0,2	0,8				
	Lave-vaisselle	4	0,2	0,8				
1ère étage	WC	6	0,12	0,72	5,9	28	0,154	0,91
	Lavabo	8	0,2	1,6				
	Douche	6	0,33	1,98				
	Evier	4	0,2	0,8				
	Lave-vaisselle	4	0,2	0,8				
RDC	WC	1	0,12	0,12	1,45	7	0,327	0,47
	Lavabo	2	0,2	0,4				
	Baignoire	1	0,33	0,33				
	Evier	1	0,2	0,2				
	Lave-main	1	0,2	0,2				
	Lave-vaisselle	1	0,2	0,2				

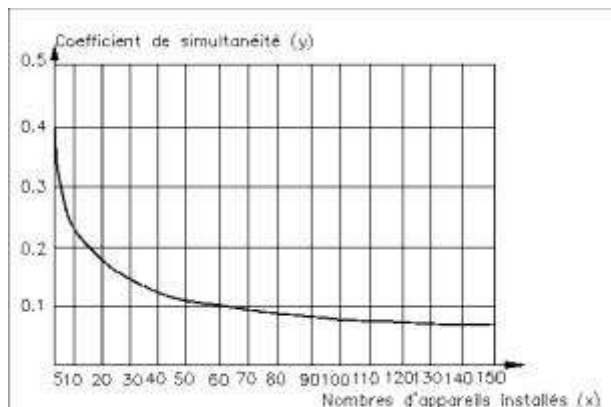
ANNEXE Q : ABAQUE POUR LA DETERMINATION DU DIAMETRE DE CANALISATION - ABAQUE DE DARIES



ANNEXE R : DEBIT DE BASE DES VIDANGES

Appareil	Débit de base	
	(L/min)	l/s
Baignoire (distance entre siphon et chute < 1 m)	72	1,2
Baignoire (distance entre siphon et chute > 1 m)	72	1,2
Douche	30	0,5
Lavabo	45	0,75
Bidet, lave-mains, appareil avec bonde à grille	30	0,5
Evier	45	0,75
Bac à laver	45	0,75
Urinoir	30	0,5
Urinoir à action siphonique (diamètre minimal)	60	1,0
Urinoir à action siphonique (diamètre usuel)	60	1,0
WC à chasse directe	90	1,5
WC à action siphonique	90	1,5
Lave-linge (domestique)	40	0,65
Lave-vaisselle (domestique)	25	0,40

ANNEXE S: COEFFICIENT DE SIMULTANEITE K



ANNEXE T: DEBIT DES TUYAUX ET DIAMETRE INTERIEUR

Diamètre intérieur (mm)	Débits en l/s pour une pente par mètre de :				
	1 cm	2 cm	3 cm	4 cm	5 cm
69	0,96	1,36	1,67	1,93 (1)	2,15 (1)
77	1,31	1,85	2,26	2,61 (1)	2,92 (1)
84	1,66	2,35	2,88 (1)	3,32 (1)	3,71 (1)
94	2,26	3,20	3,92 (1)	4,53 (1)	5,06 (1)
104	2,99	4,23	5,18 (1)	5,98 (1)	6,69 (1)
119	4,33	6,12 (1)	7,50 (1)	8,66 (1)	9,68 (1)
129	5,40	7,64 (1)	9,35 (1)	10,80 (1)	12,07 (1)
134	5,99	8,47 (1)	10,38 (1)	11,98 (1)	13,40 (1)
153	8,60	12,17 (1)	14,90 (1)	17,21 (1)	19,24
154	8,76	12,38 (1)	15,17 (1)	17,51 (1)	19,58
191	15,72 (1)	22,24 (1)	27,23 (1)	31,45	35,16
203	18,55 (1)	26,23 (1)	32,12 (1)	37,09	41,47
238	28,51 (1)	40,31 (1)	49,38	57,01	63,74
266	38,47 (1)	54,40 (1)	66,63	76,94	86,02
300	53,15 (1)	75,17	92,06	106,31	118,85
317	61,62 (1)	87,15	106,74	123,25	137,80

(1) Vitesse d'écoulement comprise entre 1 m/s et 2 m/s.

ANNEXE U: PROTECTION DES CIRCUITS – CALIBRAGES RECOMMANDES

Nature du circuit	Section minimale des conducteurs [mm²]	Calibre [A]	
		Fusible	Disjoncteur
Eclairage	1,50	10	15
Prise de courant	2,50	20	25
Lave-linge ou lave-vaisselle	2,50 à 4,00	20	25
Chauffe-eau	2,50	20	25
Appareil de cuisson	6,00	32	38

ANNEXE V : FACTEURS DE REFLEXION DES MURS ET DES PLAFONDS

Peintures	%	Matériaux	%	Teinte	Claire	Moyen	Sombre
Blanc	75	Plâtre	85	Plafond	>70	50	>10
Crème	70	Pierre de taille	50	Mur	>50	30	<10
Jaune	50	Ciment	40	Sol	>30	10	10
Vert clair	45	Brique rouge	20				
Gris à 25 % de noir	35	Bois : érable	40				
Vert foncé	20	Bois : acajou	10				

ANNEXE W : FACTEUR D'UTILISATION U

Indice du local Suspension	K = 0,6																			
	J = 0										J = 1/3									
	70	70	70	70	50	50	50	30	30	0	70	70	70	70	50	50	50	30	30	0
Plafond %	70	50	30	10	50	30	10	30	10	0	70	50	30	10	50	30	10	30	10	0
Mur %	70	50	30	10	50	30	10	30	10	0	70	50	30	10	50	30	10	30	10	0
A	0,83	0,77	0,73	0,70	0,76	0,73	0,70	0,72	0,70	0,69	0,81	0,76	0,72	0,70	0,75	0,72	0,70	0,72	0,70	0,69
B	0,74	0,67	0,62	0,58	0,66	0,61	0,58	0,61	0,58	0,57	0,72	0,65	0,61	0,58	0,65	0,61	0,58	0,61	0,58	0,57
C	0,66	0,56	0,50	0,46	0,55	0,50	0,46	0,49	0,46	0,44	0,63	0,55	0,49	0,46	0,54	0,49	0,46	0,49	0,45	0,44
D	0,60	0,50	0,43	0,38	0,49	0,43	0,38	0,42	0,38	0,36	0,58	0,48	0,42	0,38	0,48	0,42	0,38	0,42	0,38	0,36
E	0,55	0,44	0,36	0,31	0,43	0,36	0,31	0,35	0,30	0,28	0,52	0,42	0,35	0,30	0,41	0,35	0,30	0,35	0,30	0,26
F	0,51	0,38	0,30	0,25	0,37	0,30	0,24	0,29	0,24	0,22	0,48	0,36	0,29	0,24	0,36	0,29	0,24	0,29	0,24	0,22
G	0,53	0,40	0,32	0,27	0,39	0,32	0,27	0,31	0,27	0,24	0,50	0,38	0,31	0,26	0,38	0,31	0,26	0,31	0,26	0,24
H	0,51	0,39	0,31	0,25	0,38	0,30	0,25	0,30	0,25	0,23	0,48	0,37	0,30	0,25	0,36	0,29	0,25	0,29	0,24	0,23
I	0,46	0,33	0,24	0,18	0,31	0,23	0,17	0,23	0,17	0,14	0,43	0,30	0,23	0,17	0,30	0,22	0,17	0,22	0,17	0,15
J	0,46	0,32	0,23	0,17	0,31	0,22	0,17	0,22	0,16	0,15	0,42	0,30	0,22	0,16	0,29	0,22	0,16	0,22	0,16	0,14

Indice du local Suspension	K = 0,8																			
	J = 0										J = 1/3									
	70	70	70	70	50	50	50	30	30	0	70	70	70	70	50	50	50	30	30	0
Plafond %	70	50	30	10	50	30	10	30	10	0	70	50	30	10	50	30	10	30	10	0
Mur %	70	50	30	10	50	30	10	30	10	0	70	50	30	10	50	30	10	30	10	0
A	0,89	0,83	0,80	0,77	0,83	0,79	0,77	0,79	0,77	0,75	0,87	0,82	0,79	0,77	0,82	0,79	0,77	0,79	0,76	0,75
B	0,82	0,75	0,70	0,67	0,74	0,70	0,66	0,69	0,66	0,65	0,80	0,74	0,70	0,66	0,73	0,69	0,66	0,69	0,66	0,65
C	0,75	0,66	0,60	0,56	0,65	0,60	0,56	0,59	0,55	0,54	0,73	0,64	0,59	0,55	0,64	0,59	0,55	0,59	0,55	0,54
D	0,70	0,60	0,53	0,48	0,58	0,52	0,48	0,52	0,47	0,45	0,67	0,58	0,52	0,47	0,57	0,51	0,47	0,51	0,47	0,45
E	0,65	0,53	0,46	0,40	0,52	0,45	0,40	0,44	0,40	0,37	0,62	0,51	0,44	0,40	0,51	0,44	0,40	0,44	0,39	0,37
F	0,63	0,51	0,43	0,37	0,50	0,43	0,37	0,42	0,37	0,35	0,60	0,59	0,42	0,37	0,48	0,42	0,37	0,41	0,37	0,35
G	0,61	0,49	0,41	0,35	0,48	0,40	0,35	0,40	0,34	0,32	0,58	0,47	0,40	0,34	0,46	0,39	0,34	0,39	0,34	0,32
H	0,59	0,47	0,38	0,32	0,45	0,38	0,32	0,37	0,32	0,29	0,56	0,45	0,27	0,31	0,44	0,37	0,31	0,36	0,31	0,29
I	0,56	0,43	0,34	0,27	0,41	0,33	0,27	0,32	0,27	0,24	0,53	0,41	0,22	0,27	0,40	0,32	0,27	0,32	0,27	0,24
J	0,54	0,40	0,31	0,24	0,38	0,30	0,24	0,29	0,23	0,21	0,51	0,38	0,29	0,23	0,37	0,29	0,23	0,29	0,23	0,21

Indice du local		K = 1																			
Suspension		j = 0										j = 1/3									
Plafond	Mar	70	70	70	70	50	50	50	30	30	0	70	70	70	70	50	50	50	30	30	0
A	Mar	0.42	0.48	0.44	0.81	0.47	0.83	0.41	0.85	0.81	0.79	0.41	0.46	0.43	0.82	0.86	0.83	0.81	0.83	0.80	0.79
B	A	0.46	0.60	0.76	0.72	0.79	0.73	0.72	0.74	0.72	0.70	0.55	0.79	0.75	0.72	0.78	0.74	0.71	0.74	0.71	0.70
C	B	0.81	0.73	0.67	0.63	0.71	0.66	0.62	0.65	0.62	0.60	0.78	0.71	0.66	0.62	0.70	0.65	0.62	0.65	0.62	0.60
D	C	0.76	0.67	0.60	0.55	0.65	0.59	0.55	0.59	0.55	0.52	0.74	0.65	0.59	0.55	0.64	0.58	0.54	0.58	0.54	0.52
E	D	0.71	0.61	0.53	0.48	0.59	0.53	0.47	0.52	0.47	0.45	0.69	0.59	0.52	0.47	0.58	0.52	0.47	0.51	0.47	0.45
F	E	0.73	0.60	0.53	0.47	0.59	0.52	0.47	0.51	0.46	0.44	0.68	0.56	0.51	0.46	0.57	0.51	0.46	0.51	0.46	0.44
G	F	0.68	0.56	0.48	0.42	0.54	0.47	0.41	0.46	0.41	0.39	0.63	0.54	0.46	0.41	0.53	0.46	0.41	0.46	0.41	0.39
H	G	0.65	0.53	0.45	0.38	0.52	0.44	0.38	0.43	0.38	0.35	0.63	0.51	0.43	0.38	0.50	0.43	0.37	0.42	0.37	0.35
I	H	0.64	0.51	0.42	0.35	0.49	0.41	0.35	0.40	0.35	0.32	0.61	0.49	0.41	0.35	0.48	0.40	0.34	0.39	0.34	0.32
J	I	0.60	0.47	0.37	0.29	0.45	0.36	0.28	0.35	0.29	0.26	0.57	0.44	0.35	0.29	0.43	0.35	0.29	0.35	0.29	0.26

Indice du local		K = 1,25																			
Suspension		j = 0										j = 1/3									
Plafond	Mar	70	70	70	70	50	50	50	30	30	0	70	70	70	70	50	50	50	30	30	0
A	Mar	0.45	0.52	0.48	0.86	0.46	0.88	0.43	0.87	0.85	0.84	0.44	0.50	0.47	0.85	0.90	0.87	0.85	0.87	0.85	0.84
B	A	0.41	0.43	0.41	0.78	0.44	0.80	0.78	0.80	0.77	0.75	0.49	0.44	0.40	0.72	0.83	0.80	0.77	0.79	0.77	0.75
C	B	0.86	0.79	0.74	0.70	0.78	0.73	0.69	0.72	0.69	0.67	0.84	0.77	0.72	0.69	0.76	0.72	0.69	0.72	0.68	0.67
D	C	0.82	0.74	0.68	0.63	0.72	0.67	0.62	0.66	0.62	0.60	0.80	0.72	0.66	0.62	0.71	0.66	0.62	0.65	0.62	0.60
E	D	0.79	0.68	0.61	0.56	0.67	0.60	0.55	0.60	0.55	0.53	0.76	0.66	0.60	0.55	0.65	0.59	0.55	0.59	0.55	0.53
F	E	0.74	0.69	0.62	0.57	0.67	0.61	0.56	0.60	0.56	0.54	0.76	0.67	0.61	0.56	0.66	0.60	0.56	0.60	0.56	0.54
G	F	0.74	0.63	0.55	0.49	0.61	0.54	0.49	0.53	0.48	0.46	0.71	0.61	0.54	0.48	0.60	0.53	0.46	0.53	0.48	0.46
H	G	0.71	0.60	0.52	0.45	0.58	0.51	0.45	0.50	0.44	0.42	0.69	0.58	0.50	0.44	0.57	0.50	0.44	0.49	0.44	0.42
I	H	0.71	0.60	0.51	0.44	0.58	0.50	0.44	0.49	0.43	0.41	0.68	0.57	0.49	0.44	0.56	0.49	0.43	0.48	0.43	0.41
J	I	0.66	0.53	0.44	0.36	0.53	0.45	0.36	0.42	0.36	0.33	0.63	0.53	0.51	0.42	0.56	0.50	0.42	0.53	0.43	0.35

Indice du local		K = 1,5																			
Suspension		j = 0										j = 1/3									
Plafond	Mar	70	70	70	70	50	50	50	30	30	0	70	70	70	70	50	50	50	30	30	0
A	Mar	0.97	0.93	0.90	0.88	0.92	0.90	0.87	0.89	0.85	0.83	0.96	0.92	0.89	0.87	0.91	0.89	0.87	0.88	0.84	0.83
B	A	0.93	0.89	0.84	0.81	0.87	0.83	0.81	0.82	0.80	0.78	0.92	0.87	0.83	0.80	0.86	0.83	0.80	0.82	0.80	0.78
C	B	0.89	0.83	0.78	0.74	0.81	0.77	0.73	0.76	0.73	0.71	0.87	0.81	0.76	0.73	0.80	0.76	0.73	0.75	0.72	0.71
D	C	0.85	0.78	0.72	0.68	0.75	0.71	0.67	0.70	0.66	0.64	0.84	0.78	0.74	0.67	0.75	0.70	0.66	0.70	0.68	0.64
E	D	0.82	0.73	0.67	0.61	0.71	0.66	0.61	0.65	0.60	0.58	0.80	0.72	0.65	0.61	0.70	0.65	0.60	0.64	0.60	0.58
F	E	0.83	0.75	0.69	0.63	0.73	0.67	0.63	0.66	0.62	0.60	0.81	0.73	0.67	0.63	0.72	0.67	0.62	0.66	0.62	0.60
G	F	0.78	0.68	0.61	0.55	0.66	0.60	0.54	0.58	0.54	0.51	0.76	0.66	0.59	0.53	0.65	0.59	0.54	0.58	0.53	0.51
H	G	0.55	0.45	0.37	0.30	0.63	0.55	0.50	0.54	0.49	0.46	0.73	0.63	0.55	0.49	0.61	0.54	0.49	0.54	0.49	0.46
I	H	0.76	0.65	0.57	0.51	0.63	0.56	0.50	0.55	0.50	0.47	0.71	0.63	0.56	0.50	0.62	0.55	0.50	0.54	0.49	0.47
J	I	0.70	0.58	0.49	0.41	0.56	0.47	0.41	0.46	0.40	0.37	0.68	0.56	0.47	0.40	0.54	0.46	0.40	0.45	0.40	0.37

Indice du local		K = 2																			
Suspension		j = 0										j = 1/3									
Plafond	Mar	70	70	70	70	50	50	50	30	30	0	70	70	70	70	50	50	50	30	30	0
A	Mar	1.00	0.97	0.94	0.92	0.95	0.93	0.91	0.92	0.90	0.87	0.99	0.95	0.93	0.91	0.94	0.92	0.90	0.91	0.90	0.89
B	A	0.97	0.93	0.90	0.87	0.91	0.88	0.86	0.87	0.85	0.83	0.96	0.92	0.88	0.86	0.90	0.88	0.85	0.87	0.85	0.83
C	B	0.93	0.88	0.84	0.81	0.86	0.83	0.80	0.82	0.79	0.77	0.92	0.88	0.83	0.79	0.86	0.82	0.79	0.83	0.78	0.77
D	C	0.91	0.85	0.80	0.75	0.83	0.78	0.73	0.77	0.74	0.71	0.89	0.83	0.79	0.74	0.82	0.77	0.74	0.77	0.73	0.71
E	D	0.88	0.81	0.75	0.70	0.79	0.74	0.70	0.73	0.69	0.66	0.86	0.79	0.74	0.69	0.78	0.73	0.69	0.72	0.68	0.66
F	E	0.89	0.83	0.77	0.73	0.81	0.76	0.72	0.75	0.72	0.68	0.88	0.81	0.76	0.72	0.80	0.75	0.72	0.74	0.71	0.69
G	F	0.84	0.76	0.69	0.64	0.74	0.68	0.63	0.66	0.62	0.59	0.83	0.74	0.68	0.63	0.73	0.68	0.62	0.66	0.62	0.59
H	G	0.81	0.72	0.67	0.63	0.70	0.63	0.58	0.62	0.57	0.54	0.80	0.70	0.63	0.57	0.69	0.62	0.57	0.61	0.57	0.51
I	H	0.83	0.74	0.65	0.61	0.72	0.66	0.61	0.64	0.60	0.57	0.81	0.72	0.66	0.60	0.71	0.65	0.60	0.64	0.59	0.57
J	I	0.76	0.65	0.57	0.49	0.63	0.55	0.48	0.53	0.48	0.45	0.74	0.63	0.55	0.48	0.62	0.54	0.48	0.53	0.47	0.45

Indice du local		K = 5																			
Suspension		j = 0										j = 1/3									
Plafond	Mar	70	70	70	70	50	50	50	30	30	0	70	70	70	70	50	50	50	30	30	0
A	Mar	70	50	30	10	50	30	10	30	10	0	70	50	30	10	50	30	10	30	10	0
A		1.03	1.04	1.03	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	0.99	0.97	1.03	1.03	1.02	1.01	1.02	1.01	1.00	0.99	0.99	0.97
B		1.04	1.02	1.01	0.99	0.99	1.00	0.99	0.98	0.96	0.94	1.03	1.02	1.00	0.98	1.00	0.98	0.97	0.97	0.96	0.94
C		1.01	0.99	0.96	0.94	0.94	0.96	0.95	0.95	0.91	0.89	1.01	0.98	0.96	0.93	0.96	0.94	0.92	0.93	0.91	0.89
D		1.01	0.98	0.95	0.93	0.93	0.95	0.93	0.91	0.90	0.87	1.00	0.97	0.95	0.90	0.95	0.93	0.91	0.91	0.89	0.87
E		1.00	0.97	0.94	0.91	0.91	0.94	0.92	0.90	0.88	0.85	0.99	0.96	0.93	0.90	0.94	0.91	0.89	0.90	0.88	0.85
F		1.00	0.97	0.94	0.92	0.92	0.95	0.92	0.90	0.89	0.86	0.99	0.96	0.93	0.91	0.94	0.92	0.90	0.90	0.88	0.86
G		0.97	0.93	0.89	0.86	0.86	0.90	0.87	0.84	0.83	0.80	0.96	0.92	0.88	0.85	0.90	0.87	0.84	0.85	0.82	0.80
H		0.95	0.89	0.85	0.81	0.81	0.84	0.83	0.79	0.78	0.75	0.94	0.89	0.84	0.80	0.85	0.82	0.79	0.81	0.78	0.75
I		0.93	0.93	0.89	0.86	0.86	0.91	0.87	0.84	0.83	0.80	0.96	0.92	0.88	0.83	0.90	0.87	0.84	0.85	0.83	0.80
J		0.90	0.84	0.77	0.72	0.72	0.81	0.75	0.71	0.69	0.66	0.90	0.83	0.77	0.71	0.80	0.75	0.70	0.71	0.69	0.66

ANNEXE X: SOUS-DETAILS DES PRIX

Désignation	Béton dosé à 200 kg/m ³									
Rendement R	12	m ³ /j								
Composants de prix			Coûts directs			Dépenses directes				TOTAL [Ar]
Désignation	Uté	Qté	Uté	Qté	PU (Ar)	MO	Matériaux	Matériels		
1. <u>Main d'œuvre</u>	Chef de chantier	Hj	1	h	1	3 000	3 000			
	Chef d'équipe	Hj	1	h	8	2 000	16 000			
	Ouvrier Spécialisé	Hj	3	h	8	1 800	43 200			
	Manœuvre	Hj	6	h	8	1 000	48 000			
Total main d'œuvre										110 200,00
2. <u>Matériaux</u>	Ciment	kg	200	kg	2400	600		1 440 000		
	Gravillon	m ³	0,8	m ³	9,6	40 000		384 000		
	Sable	m ³	0,4	m ³	4,8	25 000		120 000		
	Eau	l	200	l	2400	10		24 000		
Total matériaux										1 968 000,00
3. <u>Matériels</u>										
	Bétonnière	U	1	h	3	15 000			45 000,00	
	pervibrateur	U	1	h	3	12 000			36 000,00	
	Outillage manuel	Fft	1	Fft	1	15 000			15 000,00	
Total matériels										96 000,00
K1= 1,446							Déboursés Sec (DS)		2 174 200,00	
							PVHT =K1 (DS/R)		261 991,10	
							Arrondi à		265 000,00	

Désignation	Armature en Acier HA								
Rendement R	60	m3/j							
Composants de prix			Coûts directs			Dépenses directes			TOTAL [Ar]
Désignation	Uté	Qté	Uté	Qté	PU (Ar)	MO	Matériaux	Matériels	
1. <u>Main d'œuvre</u>	Chef de chantier	Hj	1	h	1	3 000	3 000		
	Chef d'équipe	Hj	1	h	2	2 000	4 000		
	Ouvrier Spécialisé	Hj	3	h	8	1 800	43 200		
	Manœuvre	Hj	3	h	8	1 000	24 000		
Total main d'œuvre									74 200,00
2. <u>Matériaux</u>	Acier HA	kg	1	kg	60	4200		252 000	
	Fil recuit	kg	0,1	m ³	6	5 000		30 000	
Total matériaux									282 000,00
3. <u>Matériels</u>	Outillage manuel	Fft	1	Fft	1	10 000			10 000,00
Total matériels									10 000,00
K1= 1,446							Déboursés Sec (DS)	366 200,00	
							PVHT =K1 (DS/R)	8 825,42	
							Arrondi à	8 850,00	

Désignation	Coffrage en bois ordinaire								
Rendement R	60	m2/j							
Composants de prix			Coûts directs			Dépenses directes			TOTAL [Ar]
Désignation	Uté	Qté	Uté	Qté	PU (Ar)	MO	Matériaux	Matériels	
1. <u>Main d'œuvre</u>	Chef de chantier	Hj	1	h	1	3 000	3 000		
	Chef d'équipe	Hj	1	h	2	2 000	4 000		
	Ouvrier Spécialisé	Hj	1	h	2	1 800	3 600		
	Manœuvre	Hj	6	h	8	1 000	48 000		
Total main d'œuvre									58 600,00
2. <u>Matériaux</u>	Planche de 4mx15cm	U	2	U	120	4000		480 000	
	Bois rond de 4,0m et Ø=10cm	U	2	U	120	3 000		360 000	
	Bois carré 4x4cm L=4m	U	0,5	U	30	3500		105 000	
	Pointe	kg	0,2	kg	12	5000		60 000	
Total matériaux									945 000,00
3. <u>Matériels</u>	Outillage manuel	Fft	1	Fft	1	10 000			10 000,00
Total matériels									10 000,00
K1= 1,446							Déboursés Sec (DS)	1 013 600,00	
							PVHT =K1 (DS/R)	24 427,76	
							Arrondi à	24 500,00	

Désignation	Maçonnerie d'agglos de 20x20x50									
Rendement R	10	m2/j								
Composants de prix			Coûts directs			Dépenses directes				TOTAL [Ar]
Désignation	Uté	Qté	Uté	Qté	PU (Ar)	MO	Matériaux	Matériels		
1. <u>Main d'œuvre</u>	Chef de chantier	Hj	1	h	1	3 000	3 000			
	Chef d'équipe	Hj	1	h	2	2 000	4 000			
	Ouvrier Spécialisé	Hj	4	h	8	1 800	57 600			
	Manœuvre	Hj	4	h	8	1 000	32 000			
Total main d'œuvre										96 600,00
2. <u>Matériaux</u>	Ciment 42,5	kg	12	kg	120	600		72 000		
	Agglo de 20 cm	U	12,5	Uté	125	2 500		312 500		
	Sable	m ³	0,04	m ³	0,4	25 000		10 000		
	Eau	l	5	l	50	10		500		
Total matériaux										395 000,00
3. <u>Matériels</u>	Outillage manuel	Fft	1	Fft	1	10 000			10 000,00	
Total matériels										10 000,00
K1= 1,446							Déboursés Sec (DS)		501 600,00	
							PVHT =K1 (DS/R)		72 531,36	
							Arrondi à		72 550,00	

Désignation	Maçonnerie d'agglos de 10x20x50									
Rendement R	12	m2/j								
Composants de prix			Coûts directs			Dépenses directes				TOTAL [Ar]
Désignation	Uté	Qté	Uté	Qté	PU (Ar)	MO	Matériaux	Matériels		
1. <u>Main d'œuvre</u>	Chef de chantier	Hj	1	h	1	3 000	3 000			
	Chef d'équipe	Hj	1	h	2	2 000	4 000			
	Ouvrier Spécialisé	Hj	4	h	8	1 800	57 600			
	Manœuvre	Hj	4	h	8	1 000	32 000			
Total main d'œuvre										96 600,00
2. <u>Matériaux</u>	Ciment 42,5	kg	12	kg	144	600		86 400		
	Agglo de 20 cm	U	12,5	Uté	150	2 500		375 000		
	Sable	m ³	0,04	m ³	0,48	25 000		12 000		
	Eau	l	5	l	60	10		600		
Total matériaux										474 000,00
3. <u>Matériels</u>	Outillage manuel	Fft	1	Fft	1	10 000			10 000,00	
Total matériels										10 000,00
K1= 1,446							Déboursés Sec (DS)		580 600,00	
							PVHT =K1 (DS/R)		69 962,30	
							Arrondi à		70 000,00	

Désignation	Enduit au mortier de ciment								
Rendement R	15	m2/j							
Composants de prix			Coûts directs			Dépenses directes			TOTAL [Ar]
Désignation	Uté	Qté	Uté	Qté	PU (Ar)	MO	Matériaux	Matériels	
1. <u>Main d'œuvre</u>	Chef de chantier	Hj	1	h	1	3 000	3 000		
	Chef d'équipe	Hj	1	h	1	2 000	2 000		
	Ouvrier Spécialisé	Hj	2	h	8	1 800	28 800		
	Manœuvre	Hj	4	h	8	1 000	32 000		
Total main d'œuvre									65 800,00
2. <u>Matériaux</u>	Ciment 32,5	kg	5,3	kg	79,5	600		47 700	
	Sable	m ³	0,02	m ³	0,3	25 000		7 500	
	Eau	l	7	l	105	10		1 050	
Total matériaux									56 250,00
3. <u>Matériels</u>	Outillage manuel	Fft	1	Fft	1	10 000			10 000,00
Total matériels									10 000,00
K1= 1,446							Déboursés Sec (DS)		132 050,00
							PVHT =K1 (DS/R)		12 729,62
							Arrondi à		13 000,00

Désignation	Peinture vinylique pour extérieur									
Rendement R	30	m2/j								
Composants de prix			Coûts directs			Dépenses directes				TOTAL [Ar]
Désignation		Uté	Qté	Uté	Qté	PU (Ar)	MO	Matériaux	Matériels	
1. <u>Main d'œuvre</u>	Chef de chantier	Hj	1	h	1	3 000	3 000			
	Chef d'équipe	Hj	1	h	1	2 000	2 000			
	Ouvrier Spécialisé	Hj	2	h	8	1 800	28 800			
	Manœuvre	Hj	4	h	8	1 000	32 000			
Total main d'œuvre										65 800,00
2. <u>Matériaux</u>	Peinture	kg	0,5	kg	15	2500		37 500		
Total matériaux										37 500,00
3. <u>Matériels</u>	Outillage manuel	Fft	1	Fft	1	13 000			13 000,00	
Total matériels										13 000,00
K1= 1,446								Déboursés Sec (DS)	116 300,00	
								PVHT =K1 (DS/R)	5 605,66	
								Arrondi à	5 650,00	

Désignation	Décapage et nettoyage du sol									
Rendement R	55	m2/j								
Composants de prix			Coûts directs			Dépenses directes				TOTAL [Ar]
Désignation	Uté	Qté	Uté	Qté	PU (Ar)	MO	Matériaux	Matériels		
1. <u>Main d'œuvre</u>	Chef de chantier	Hj	1	h	1	3 000	3 000			
	Chef d'équipe	Hj	1	h	2	2 000	4 000			
	Ouvrier Spécialisé	Hj	1	h	8	1 800	14 400			
	Manœuvre	Hj	2	h	8	1 000	16 000			
Total main d'œuvre										37 400,00
2. <u>Matériels</u>	Outillage manuel	Fft	1	Fft	1	13 000			13 000,00	
Total matériels										13 000,00
K1= 1,446							Déboursés Sec (DS)		50 400,00	
							PVHT =K1 (DS/R)		1 325,06	
							Arrondi à		1 350,00	

ANNEXE Y : DETAILS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	Désignation des tâches	U	Qté	PU HT	Montant HT
1- INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER					
1.01	Installation et repli de chantier	Fft	1	135 000 000	135 000 000,00
Sous-total 1					135 000 000,00
2- TERRASSEMENT					
2.01	Décapage et nettoyage du sol	m ²	1 165,46	10 100,00	11 771 095,50
2.02	Fouille en rigole	m ³	225,51	12 738,00	2 872 546,38
2.03	Fouille en excavation et en tranchée	m ³	30,05	13 205,00	396 744,23
2.04	Evacuation des terres excédentaires	m ³	255,56	4 706,00	1 202 641,83
Sous-total 2					16 243 027,94
3- INFRASTRUCTURE					
3.01	Béton ordinaire dose à 200 kg de ciment	m ³	18,39	259 950,00	4 781 130,38
3.02	Béton arme dose à 350 kg de ciment	m ³	379,10	391 550,00	148 436 605,00
3.03	Armature de béton	kg	37 910	8 600,00	326 026 000,00
3.04	Coffrage en bois ordinaire	m ²	4 549,20	25 900,00	117 824 280,00
3.05	Mise en œuvre des herissonnages en tout venant	m ³	86,09	84 545,00	7 278 753,82
	Fourniture et pose film polyane, concerne dallage	m ²	573,96	7 661,00	4 397 069,26
	Dallage	m ³	57,40	510 451,00	29 297 590,37
	Chape	m ³	4,57	22 158,00	101 346,26
Sous-total 3					638 142 775,08
4- SUPERSTRUCTURE					
4.01	Béton arme dosé à 350 kg de ciment	m ³	1 012,80	553 351,00	439 455 665,83
4.02	Armature de béton	kg	101 279,56	7 190,00	868 697 957,74
4.03	Coffrage en bois ordinaire	m ²	6 076,77	32 654,00	348 826 001,63
Sous-total 4					1 656 979 625,20
5- MACONNERIE					
5.01	Maçonnerie d'agglo épaisseur 20 cm	m ²	1 358,92	72 550,00	98 589 773
5.02	Cloison légère épaisseur 10cm	m ²	1 148,70	70 000,00	80 409 000
Sous-total 5					178 998 772,96

N°	Désignation des tâches	U	Qté	PU HT	Montant HT
6- ENDUITS					
5.01	Enduit bessier	m ²	4 847,04	4 500,00	21 811 680
5.02	Enduit au mortier de ciment	m ²	6 885,10	13 341,00	91 854 099
Sous-total 6					113 665 779,09
7- CARRELAGE ET REVETEMENT					
7.01	Carreaux de faïence murale	m ²	573,30	53 459,00	30 648 045
7.02	Grès cérame 30x30 anti dérapant	m ²	1 591,20	70 000,00	111 384 000
7.03	Plinthe en grès cérame 30x30	ml	1 370,16	9 345,00	12 804 145
7.04	Nez de marche	ml	211,00	8 550,00	1 804 050
Sous-total 7					156 640 239,90
8- ETANCHEITE ET COUVERTURE					
8.01	Mise en place de gravillon	m ³	59,88	1 458 140,00	87 310 507
8.02	Étanchéité bicouche	m ²	599,00	95 465,00	57 183 535
8.03	Fourniture et pose de DEP en PVC Æ 100	ml	175,00	15 076,00	2 638 300
8.04	<i>Crapaudine</i>	U	50,00	1 000,00	50 000
Sous-total 8					147 182 341,92
9- ASSAINISSEMENT					
9.01	Tuyau de chute pour eaux vannes et eaux usées	ml	306,80	46 750	14 342 900
9.02	Regard de visite	U	5	100 000	500 000
9.03	Fosse septique	U	2	9 250 000	18 500 000
9.04	Tuyau d'aération	ml	60,00	15 076	904 560
Sous-total 9					34 247 460,00
10- PEINTURE					
10.1	Badigeonnage	m ²	4 402,34	3 032	13347901
10.2	Peinture acrylique pour intérieur	m ²	2 870,30	9 620	27612320
10.3	Peinture vinylique pour extérieur	m ²	1 532,04	10 407	15943925
10.4	Peinture à l'huile	m ²	706,34	13 500	9535590
10.5	Peinture glycérophtalique	m ²	76	12 500	950000
10.6	Vernis	m ²	782,34	10 500	8214570
Sous-total 10					75 604 305,28

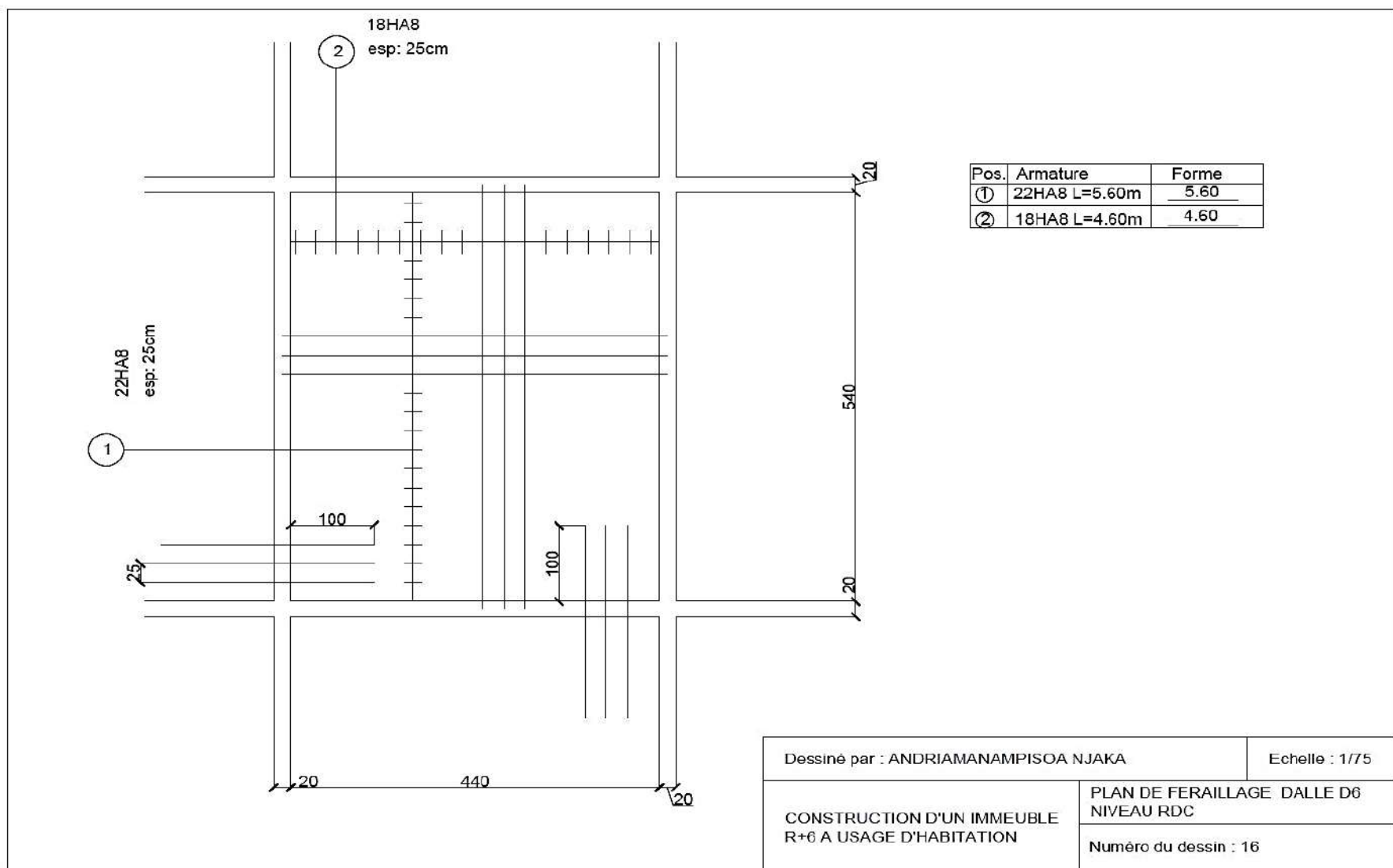
N°	Désignation des tâches	U	Qté	PU HT	Montant HT
11- MENUISERIE BOIS ET METALLIQUE					
11.01	Porte pleine isoplane (0,80 x 2,10)	U	66	250 000	16500000,00
11.02	Porte pleine isoplane (0,90 x 2,10)	U	63	270 000	17010000,00
11.03	Porte pleine isoplane (1,00 x 2,10)	U	1	290 000	290000,00
11.04	Porte métallique de dimension 1,20 x 2,10	U	12	350 000	4200000,00
11.05	Porte métallique coulissante verticale de 1,80 x 2,10 m	U	1	450 000	450000,00
11.06	Porte pleine en palissandre à 2 vantaux de 1,40 m x 2,10 m	U	36	550 000	19800000,00
11.07	Placard sous paillasse 70 x 60 x 90	U	23	35 500	816500,00
11.08	Garde-corps métallique	ml	254,3	65 250	16593075,00
11.09	Porte métallique coulissante verticale de 2,30 x 2,50 m	U	5	600 000	3000000,00
11.10	Brise soleil métallique	fft	2	9 000 000	18000000,00
11.11	Echelle de secours métallique	fft	2	5 000 000	10000000,00
Sous-total 11					106 659 575,00
12- MENUISERIE ALUMINIUM ET VITRERIE					
12.01	Porte vitré en aluminium à 1vantail 1,00 x 2,10	U	24	380 000	9120000,00
12.02	Porte vitré en aluminium à 2vantail 1,40 x 2,10	U	4	500 000	2000000,00
12.03	Porte vitrée en aluminium coulissante à 3 éléments	U	1	1 875 000	1875000,00
12.04	Châssis vitre en aluminium fixe	U			
	Dimension :4,40 x 2,50		14	4 250 000	59500000,00
	Dimension :3,70 x 2,50		6	3 750 000	22500000,00
	Dimension :4,20 x 2,50		12	4 000 000	48000000,00
	Dimension :4,50 x 2,50		12	4 350 000	52200000,00
	Dimension :2,00 x 2,50		2	3 000 000	6000000,00

N°	Désignation des tâches	U	Qté	PU HT	Montant HT
	Dimension :3,30 x 3,00		1	4 200 000	4200000,00
	Dimension :5,40 x 3,00		2	5 450 000	10900000,00
	Dimension :5,20 x 3,00		1	5 250 000	5250000,00
12.05	Fenêtre vitré coulissante à plusieurs éléments	U			
	Dimension :4,00 x 2,50		2	4 000 000	8000000,00
	Dimension :4,40 x 2,50		2	4 400 000	8800000,00
	Dimension :5,40 x 2,50		1	5 400 000	5400000,00
	Dimension :4,20 x 2,00		1	4 200 000	4200000,00
	Dimension :3,50 x 2,50		3	3 500 000	10500000,00
	Dimension :2,80x 2,50		3	2 800 000	8400000,00
	Dimension :3,62x 2,50		1	3 620 000	3620000,00
	Dimension :4,10 x 2,50		2	4 100 000	8200000,00
	Dimension :3,00 x 1,50		2	1 800 000	3600000,00
	Dimension :1,50 x 1,50		39	900 000	35100000,00
	Dimension :2,50 x 2,00		2	2 000 000	4000000,00
	Dimension :.4,30 x 3,00		1	5 160 000	5160000,00
12.06	Mur rideau de verre	m²	354	250 000	88500000,00
12.07	Fenêtre NACO (0,60 x 0,60)	U	52	50 000	2600000,00
Sous-total 12					417 625 000,00
13- PLOMBERIE SANITAIRE					
13.01	Alimentation en eau	Fft	1	5 000 000,00	5 000 000,00
13.02	Lavabo en céramique simple	U	26	225 000,00	5 850 000,00
13.03	Tablette en céramique double	U	26	42 000,00	1 092 000,00
13.04	Glace de lavabo	U	26	45 000,00	1 170 000,00
13.05	WC à l'anglaise	U	37	550 000,00	20 350 000,00
13.06	Distributeur de papier hygiénique	U	37	30 000,00	1 110 000,00
13.07	Porte serviette	U	50	33 000,00	1 650 000,00
13.08	Porte savon en céramique	U	50	24 000,00	1 200 000,00
13.09	Baignoire	U	13	915 000,00	11 895 000,00
13.10	Evier	U	23	150 000,00	3 450 000,00
13.11	Receveur de douche	U	13	384 000,00	4 992 000,00
13.11	Lave-linge	U	16	1 200 000,00	19 200 000,00
Sous-total 13					57 759 000,00

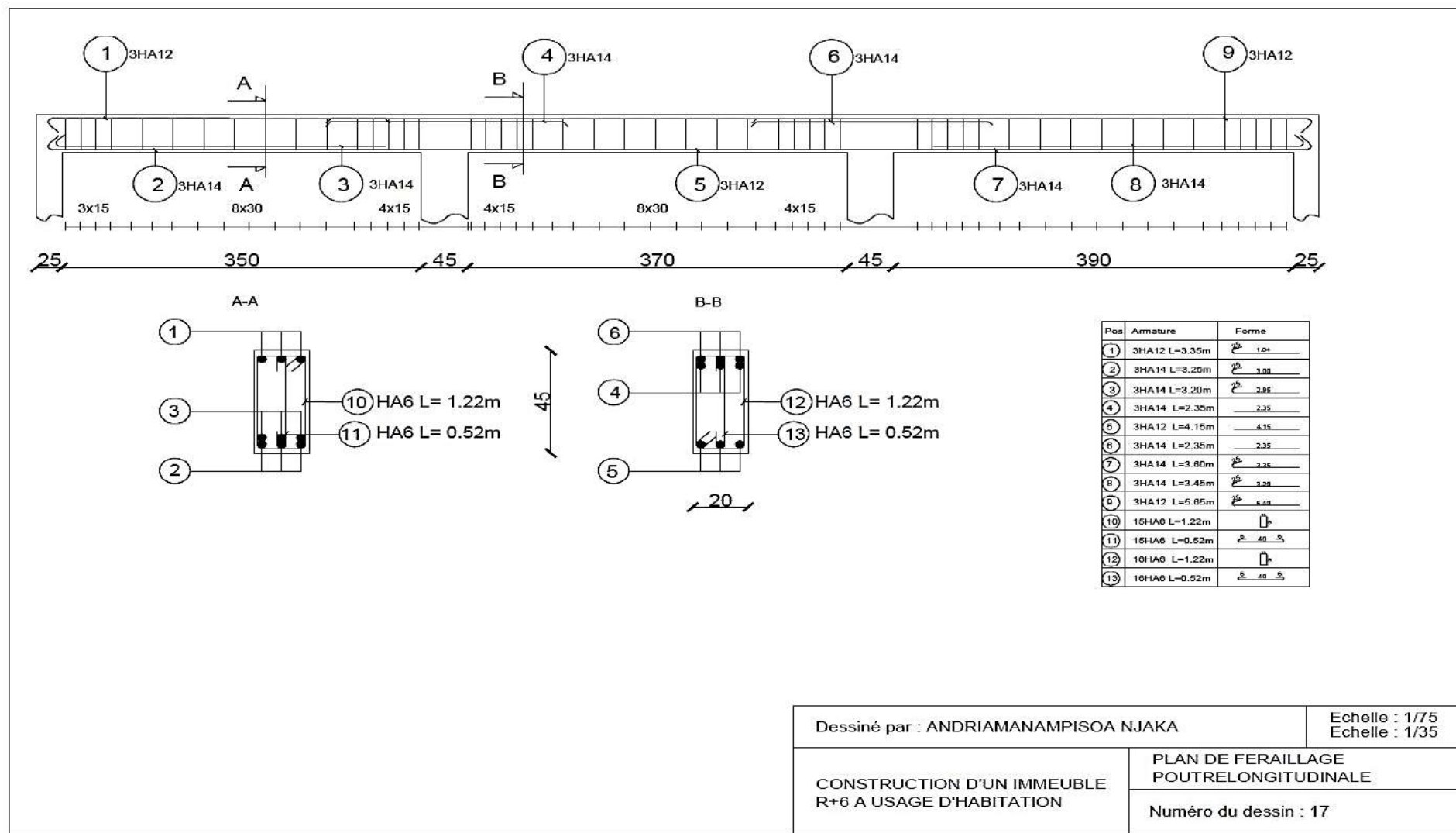
N°	Désignation des tâches	U	Qté	PU HT	Montant HT
14- PROTECTION INCENDIE					
14.01	Bouche d'incendie	U	7	650 000,00	4 550 000,00
14.02	Extincteur	U	21	550 500,00	11 560 500,00
Sous-total 14					16 110 500,00
15- ELECTRICITE					
15.01	Tableau général de distribution	U	1	3 525 000,00	3 525 000,00
15.02	Tableau secondaire de distribution	U	21	236 000,00	4 956 000,00
15.03	Paratonnerre	U	2	787 500,00	1 575 000,00
15.04	Point lumineux à simple allumage	U	100	43 000,00	4 300 000,00
15.05	Point lumineux à double allumage	U	267	54 000,00	14 418 000,00
15.06	Prise de courant lumière	U	144	55 000,00	7 920 000,00
15.07	Prise de courant de force	U	8	63 100,00	504 800,00
15.08	Prise étanche murale	U	96	60 000,00	5 760 000,00
15.09	Câblage électrique	Fft	1	2 000 000,00	2 000 000,00
Sous-total 15					44 958 800,00
16- EQUIPEMENTS					
16.01	Ascenseur	U	1	350 000 000,00	350 000 000,00
16.02	Groupe électrogène	U	1	9 000 000,00	9 000 000,00
16.03	Climatiseur	U	16	2 000 000,00	32 000 000,00
Sous-total 16					391 000 000,00
17 - AMENAGEMENT EXTERIEUR					
16.01	Clôture	ml	144	375 300,00	54 043 200,00
16.02	Aménagement de toutes les surfaces extérieures	fft	1	25 000 000,00	25 000 000,00
Sous-total 17					79 043 200,00
Totaux					4 265 860 402,37

ANNEXE Z : PLAN DE FERRAILLAGE

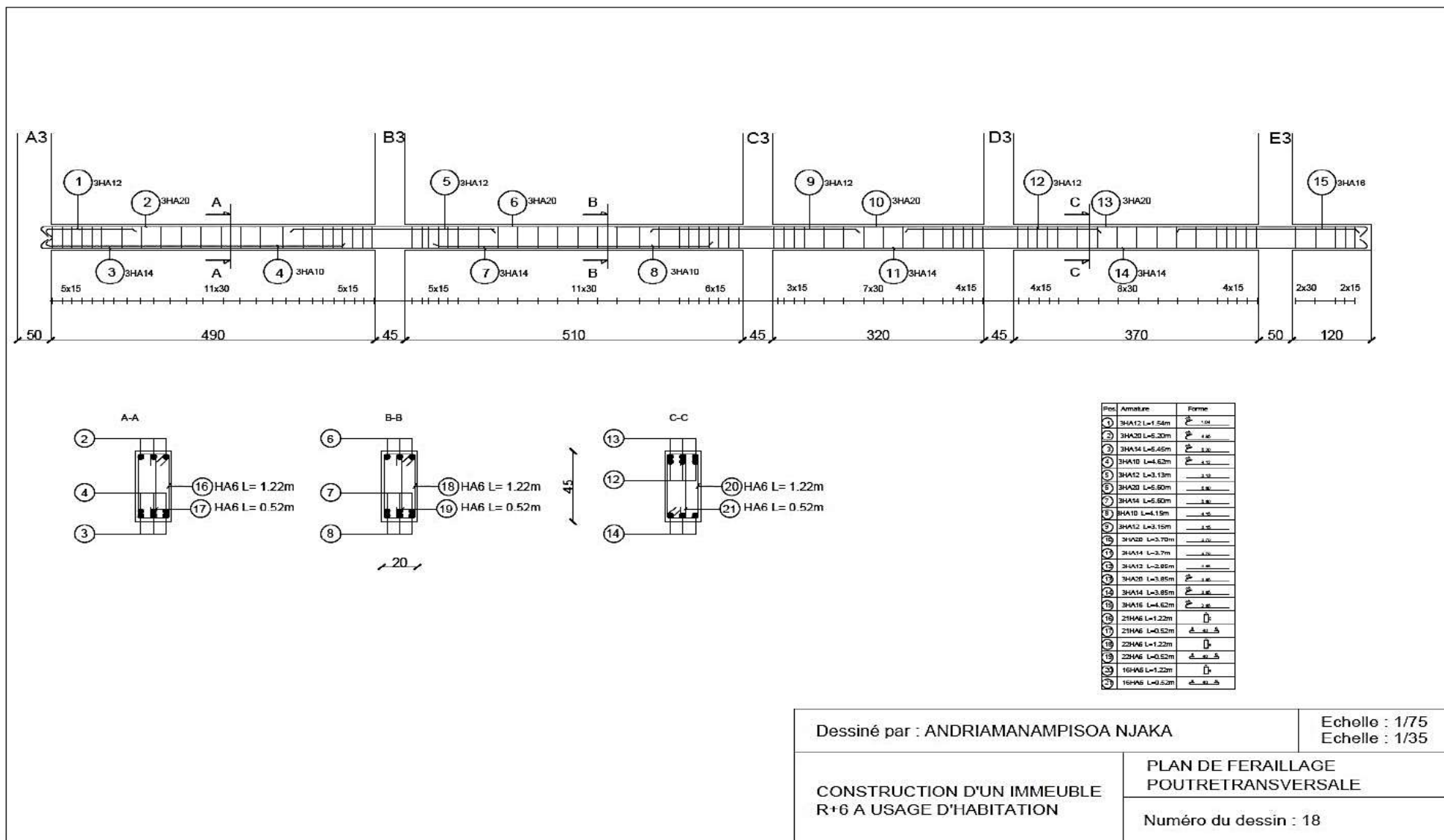
ANNEXE Z.1. Plan de ferrailage de la dalle D6



ANNEXE Z.2. Plan de ferrailage de la poutre longitudinale



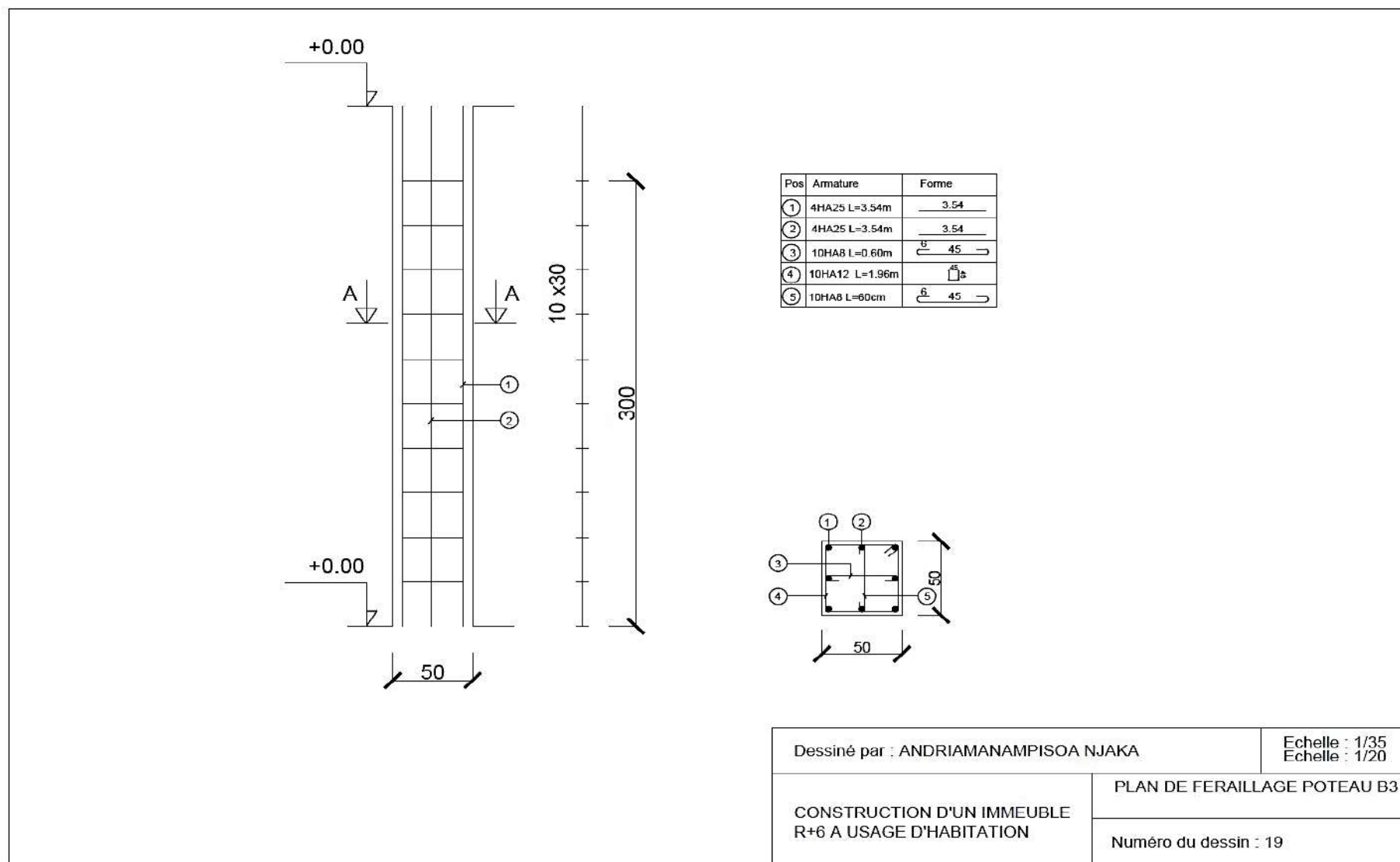
ANNEXE Z.3. Plan de ferrailage de la poutre transversale



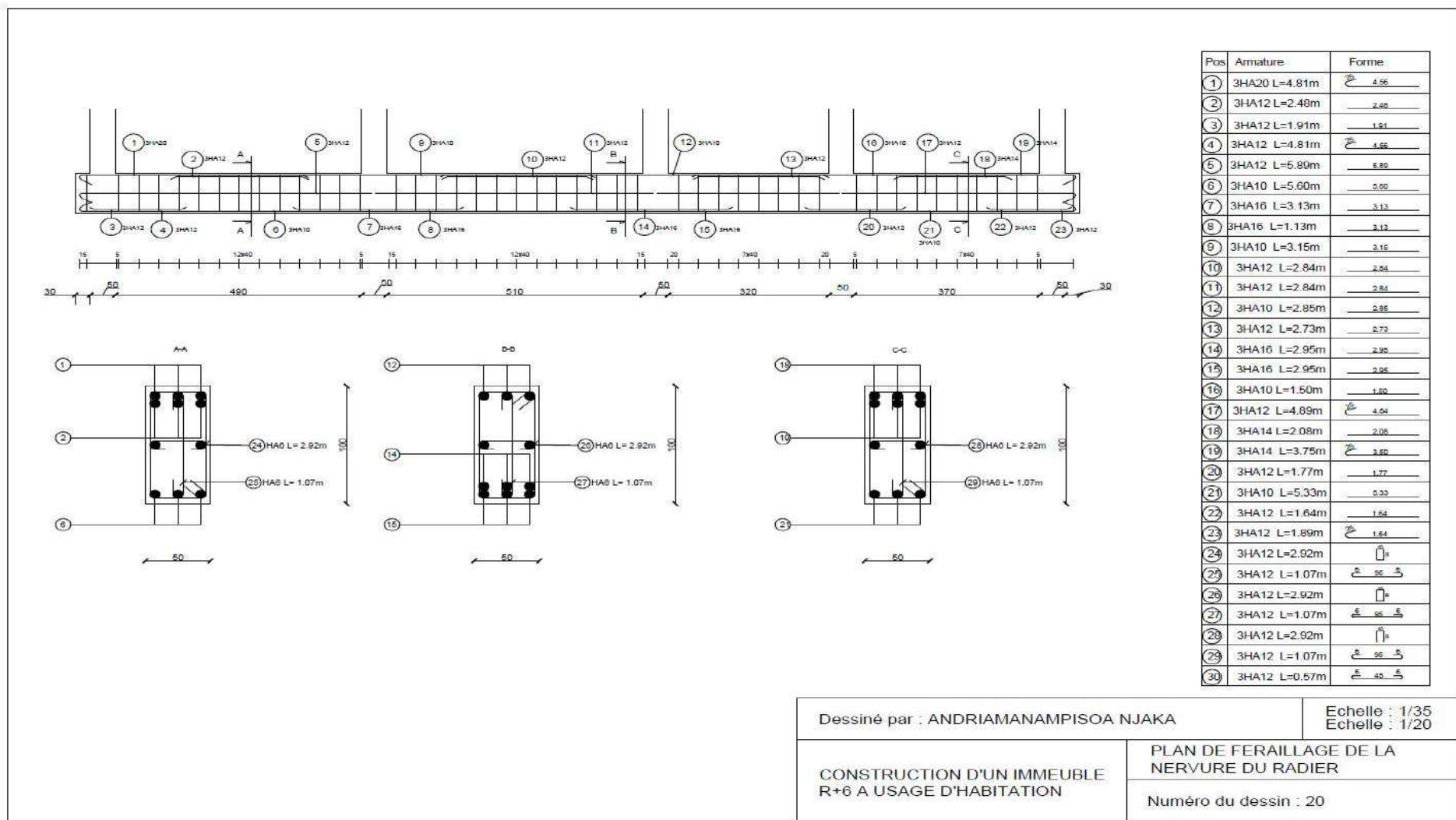
ANDRIAMANAMPISOA Njaka

Promotion 2018

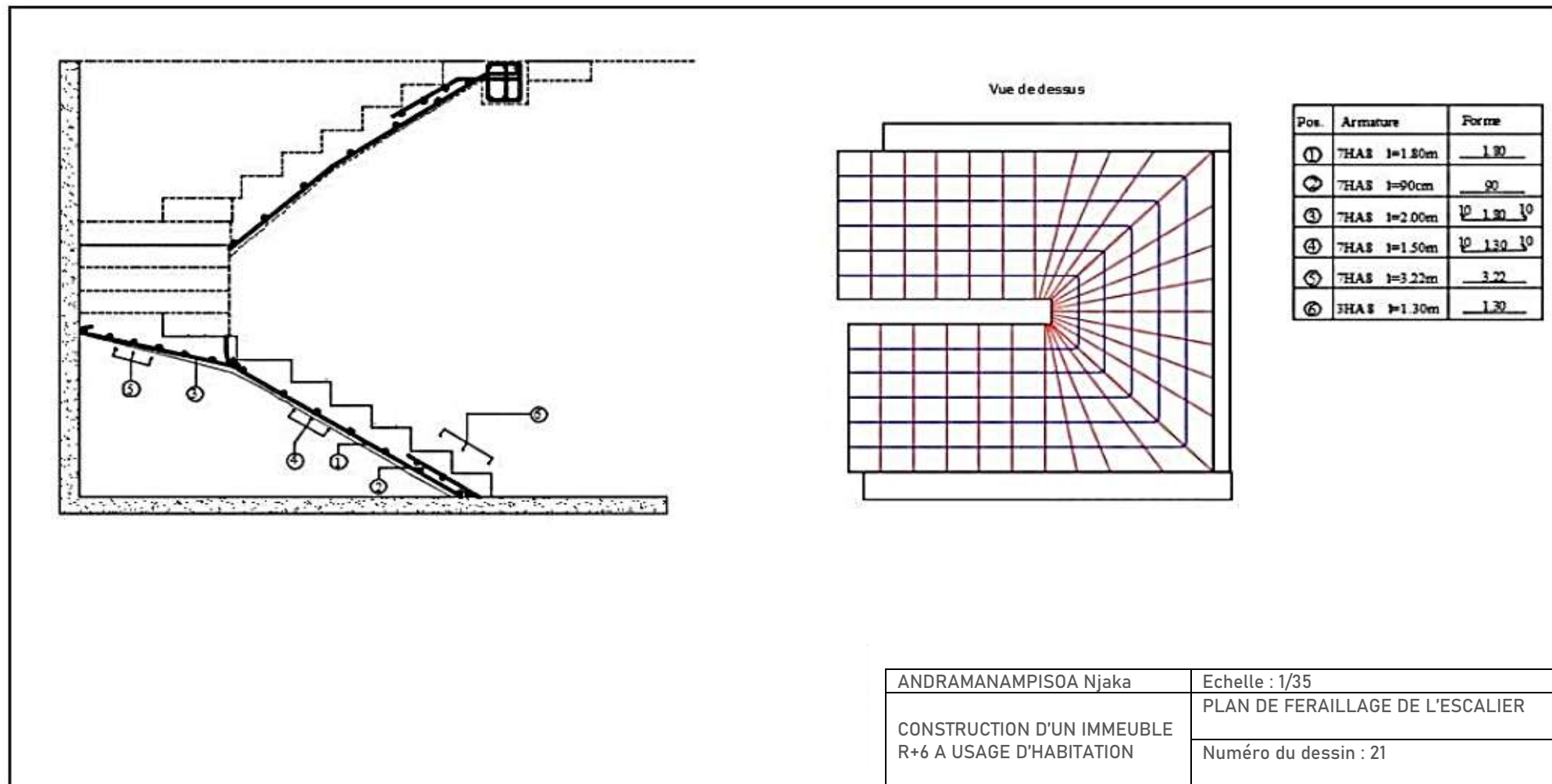
ANNEXE Z.4. Plan de ferrailage du poteau



ANNEXE Z.6. Plan de ferrailage de la nervure du radier



ANNEXE Z.5. Plan de ferrailage de l'escalier



Nom : ANDRIAMANAMPISOA

Prenom : Njaka

E-mail : njakamanampisoa05@gmail.com

Téléphone : 034 91 105 68



Titre de mémoire : << **ETUDE DE CONSTRUCTION D'UN IMMEUBLE R+6, DE
HAUT STANDING, A USAGE D'HABITATION SIS A IVANDRY REGION
ANALAMANGA** >>

Nombre de pages : 130

Nombre de tableaux : 106

Nombre de figures : 20

Résumé

Le présent mémoire a pour objet l'étude d'un immeuble de 6 étages avec parking au RDC, recevant 25 appartements de haut standing. Il sera implanté à Ivandry.

La construction de cet immeuble rehaussera la valeur du quartier du fait des techniques et moyens utilisés et participera à la résolution du problème de la population à propos de la forte demande de logement.

Dans ce livre ont été développé l'environnement du projet, l'étude architecturale suivi de la partie technique et terminé par l'évaluation financière ainsi que l'étude d'impacts sur l'environnement.

Mots clés : Bâtiment, béton armé, haut standing, profilé métallique, radier général.

Abstract

The present memory consists on a R+6 building study with parking on the ground floor. There are 25 luxury apartments. wich is located in Ivandry.

The construction of this building will enhance the value of the neighborhood due to the techniques and means used and will help resolve the population's problem regarding the high demand for housing.

In this book were developed the project environment, the architectural study followed by the technical part and ended with the financial evaluation as well as the environmental impact study.

Keywords: Building, reinforced concrete, high standing, metal profile, general raft.

Encadreur : Monsieur RAHARIVELO Jean Marie