

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	i
TABLE DES MATIERES.....	ii
LISTES DES FIGURES.....	vii
LISTE DES TABLEAUX	ix
GLOSSAIRES.....	x
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PARTIE I:	2
ENVIRONNEMENT DU PROJET	2
Chapitre I:	2
Présentation de l'ADEMA	2
1. Généralités.....	2
2. Historique	2
3. Caractéristiques	3
3.1 Missions de la société « ADEMA »	3
3.2 Objectifs de la société « ADEMA » :	4
4. Slogan.....	5
5. Les aéroports de l'ADEMA	5
6. Les Produits de l'ADEMA	6
7. Les Clients de l'ADEMA	8
8. Les concurrents de l'ADEMA.....	9
9. Les partenariats de la société ADEMA	9
10. Structure Organisation fonctionnelle.....	9
12. La Direction Technique.....	11
1.1 Mission	11
12.1 Organigramme.....	12
Chapitre II:.....	13
Présentation du Projet.....	13
1. Généralités sur le projet.....	13
2. Plan d'action.....	13
3. Les opportunités à travers le projet :	14
4. Localisation du projet.....	15
4.1 Les sites d'extension de l'aéroport international d'Ivato	15
4.2 localisation de l'aérogare fret par rapport au master plan	16

Chapitre III:	17
Conception architecturale du projet.....	17
1. Présentation de l'aérogare fret.....	17
2. Les Entités de l'aérogare Fret :	17
3. Les Types de fret	17
4. Les Problèmes de l'aérogare Fret.....	17
5. Choix du type de construction.....	18
6. Dimension de chaque pièce.....	18
6.1 Les Magasins ou entrepôt.....	18
6.2 Les bureaux.....	30
6.3 Une salle de réunion	32
6.4 Un local de groupe électrogène	32
6.5 Un local pour caméra de surveillance	33
6.6 Les toilettes	33
6.7 Cage d'ascenseur	33
6.8 Quai de Livraison	33
6.9 Vestiaires.....	35
7. Hauteur sous plafond.....	35
7.1 Magasin	35
7.2 Bureau	35
PARTIE II:	36
ETUDE TECHNIQUES	36
Chapitre IV:.....	37
Prédimensionnement de la Superstructure	37
1. Les Planchers.....	37
1.1 Types de planchers :	37
1.2 Dimensionnement du plancher.....	37
2. Les poutres	38
2.1 Hauteurs des poutres	38
2.2 Largeurs des poutres.....	38
3. Les poteaux.....	39
4. Escalier.....	40
Chapitre V:	42
Evaluations des Actions	42

1. Les charges permanentes G	42
1.1 Poids des matériaux	42
1.2 Poids des éléments de construction	42
2. Les Surcharges d'exploitation Q	43
3. Les Surcharges climatiques	43
3.1 Les effets de la neige	43
3.2 Les effets du vent W	43
3.3 Effet des séismes	45
Chapitre VI:	46
Descente des Charges	46
1. Objectifs	46
2. Démarche de calcul	46
3. Schéma de Calcul	46
4. Descente des Charges	48
4.1 Descente des charges dues aux charges verticales	48
4.2 Descente des charges dues aux charges Horizontales	49
4.3 Descente des charges totale	51
Chapitre VII:	53
Etude de la Superstructure	53
1. Détermination des sollicitations	53
1.1 Hypothèse de calcul :	53
1.2 Principe de calcul	53
1.3 Paramètre de base :	54
2. Evaluation des charges	55
2.1 La charge q	55
2.2 La charge due au vent	56
Dimensionnement des éléments en Béton armé	57
1. Les états-limites de calcul :	57
2. Etat limite d'ouverture des fissures	57
3. Dimensionnement de poutre :	57
3.1 Choix de la poutre à étudier	57
3.2 Hypothèse de calcul	58
3.3 Principe de calcul	59
4. Dimensionnement de poteau:	65

4.1 Hypothèses	65
4.2 Elancement λ du poteau	65
4.3 Calcul des armatures longitudinales:.....	66
4.4 Les armatures transversales.....	67
5. PLANCHER.....	68
5.1 Description	68
5.2 Calcul de la dalle de compression	69
5.3 Section des armatures.....	72
PARTIE III:	74
MODE D'EXECUTION DES TRAVAUX.....	74
Chapitre IX:.....	76
Les matériaux utilisés:.....	76
1. Les granulats.....	76
1.1 Sable pour mortier et béton	76
1.2 Gravillon.....	76
2. Ciment	77
3. L'eau de gâchage.....	77
4. Les adjuvants	77
5. Les aciers.....	78
6. Briques	78
7. Métallerie.....	78
8. Matériaux en céramiques.....	78
9. Faux plafond.....	79
10. Menuiserie bois	79
Chapitre X:	80
Méthode d'exécution des travaux.....	80
1. Les matériels pour l'exécution	80
1.1 Les engins de terrassement.....	80
1.2 Matériels collectifs	80
1.3 Outils de base des maçons.....	81
1.4 Pour les ferrailleurs	81
2. Mise en œuvre des matériaux composés	82
2.1 Béton	82
2.2 Mortier.....	84

2.3 Façonnage des armatures.....	85
3. Préparation du terrain	86
4. Installation de chantier	86
5. Terrassement et implantation	87
5.1 Décapage terres végétales et profilage	87
5.2 L'implantation.....	87
5.3 Excavation des tranchés	89
5.4 Ouvrages en superstructure	90
PARTIE IV:	101
EVALUATION DU COÛT DU PROJET	101
Chapitre XI:.....	102
DEVIS DESCRIPTIF.....	102
Chapitre XII:	110
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF	110
1. Coefficient de majoration de déboursés K	110
2. Détail quantitatif et estimatif (ou Bordereau Détail Estimatif (BDE)).....	114
CONCLUSION GENERALE	118
Bibliographie.....	119
ANNEXES	120

LISTES DES FIGURES

Figure 1:	Siège ADEMA	2
Figure 2:	Organigramme	10
Figure 3:	Organigramme de la direction technique.....	12
Figure 4:	Plan d'action.....	14
Figure 5:	Zone d'extension	15
Figure 6:	MASTERPLAN	16
Figure 7:	Palette de manutention	19
Figure 8:	Transpalette manuel et électrique	19
Figure 9:	Palettier.....	20
Figure 10:	Chariot élévateur	20
Figure 11:	Scanner	21
Figure 12:	Dimension palette.....	22
Figure 13:	Allée de gerbage	23
Figure 14:	Surface nécessaire pour une palette.....	23
Figure 15:	Largeur d'une allée de gerbage 1	24
Figure 16:	Largeur d'une allée de gerbage 2	24
Figure 17:	Caractéristique du chariot élévateur	26
Figure 18:	Norme de dimension.....	32
Figure 19:	Quai de livraison.....	34
Figure 20:	Distance entraxe des camions.....	34
Figure 21:	Hauteur d'un quai	35
Figure 22:	Coupe.....	46
Figure 23:	Surface d'influence.....	47
Figure 24:	Distance des poteaux par rapport à G.....	50
Figure 25:	Donnée sur la section.....	59
Figure 26:	Section à simple armature	60
Figure 27:	Section à double armature	60
Figure 28:	Dimensions du Plancher	68
Figure 29:	Dimension des poutrelles	71
Figure 30:	Engins de terrassement	80
Figure 31:	Matériels collectifs	81
Figure 32:	Outils des maçons.....	81
Figure 33:	Outils pour les ferailleurs	81
Figure 34:	Outils de coffrage	82
Figure 35:	Outils pour implantation.....	88
Figure 36:	Mise en œuvre de l'alignement	89
Figure 37:	fouille.....	90
Figure 38:	échafaudages	91
Figure 39:	Garde de corps.....	91
Figure 40:	Echelle.....	91
Figure 41:	Mise en œuvre d'un poteau	93
Figure 42:	Mise en œuvre des poutres	94
Figure 43:	Mise en œuvre d'un plancher à hourdis.....	95
Figure 44:	Mise en œuvre d'un escalier.....	96

Figure 45:	Différentes sorte de brique	96
Figure 46:	mise en œuvre d'une maçonnerie de briques.....	97
Figure 47:	Echantillon de brique de verre.....	97
Figure 48:	Mise en œuvre d'un linteau	98
Figure 49:	Couler une chape	99
Figure 50:	mise en œuvre d'un carellage	100
Figure 51:	Courbe enveloppe des moments à l'ELU sur les poutres	IX
Figure 52:	Courbe enveloppe des moments à l'ELS sur les poutres.....	IX
Figure 53:	Courbe enveloppes des efforts tranchants à l'ELU sur les poteaux	IX
Figure 54:	Courbe enveloppes des efforts tranchants à l'ELS sur les poteaux	X

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1:	Surface totale des magasins.....	29
Tableau 2:	Groupe électrogène.....	32
Tableau 3:	Dimension toilette.....	33
Tableau 4:	Prédimensionnement des poutres.....	39
Tableau 5:	Predimensionnement des poteaux.....	40
Tableau 6:	Predimensionnement escalier.....	41
Tableau 7:	Inventaire des charges permanentes.....	42
Tableau 8:	Inventaire des Charges d'exploitation.....	43
Tableau 9:	Descente des charges permanentes.....	48
Tableau 10:	Récapitulation de la valeur de G.....	49
Tableau 11:	Charges d'exploitation.....	49
Tableau 12:	Récapitulation de la valeur de Q.....	49
Tableau 13:	Valeur de di.....	50
Tableau 14:	Valeur du moment d'inertie.....	50
Tableau 15:	Effet du vent par niveau.....	51
Tableau 16:	Combinaison d'action à L'ELU et ELS.....	51
Tableau 17:	Valeur de q.....	56
Tableau 18:	Caractéristique du béton et acier.....	59
Tableau 19:	Calcul des armatures sur appuis de la poutre.....	61
Tableau 20:	Calcul des armatures en travée de la poutre.....	62
Tableau 21:	Calcul de τ_{u0}	63
Tableau 22:	Tableau de calcul de X_1 , X_2 et X_3	63
Tableau 23:	Espacement des armatures transversales aux appuis.....	64
Tableau 24:	Valeur de λ	66
Tableau 25:	Calcul des armatures du poteau.....	67
Tableau 26:	Calcul des espacements des armatures transversal du poteau.....	68
Tableau 27:	Dosage en eau.....	83
Tableau 28:	Devis descriptif.....	102
Tableau 29:	Valeur des indices.....	111
Tableau 30:	Exemple de sous détail de prix.....	112
Tableau 31:	Détail quantitatif et estimatif.....	114
Tableau 32:	Récapitulation de l'estimation de l'ouvrage.....	117

GLOSSAIRES

MINISCULES ROMAINES

- a : Petite dimension d'un poteau
- b : Largeur ou épaisseur d'une section
- b_0 : Epaisseur brute de l'âme d'une poutre.
- d : hauteur utile du béton.
- f_e : Limite d'élasticité de l'acier.
- f_{c28} , f_{t28} : Résistance caractéristiques à la compression et à la traction du béton âgé de 28 jours
- f_{ed} : résistance de calcul des aciers à l'ELU
- h_0 : Epaisseur d'une membrure de béton
- Epaisseur d'une dalle
- h : Hauteur totale d'une section de béton armé
- i : Rayon de giration d'une section.
- k : coefficient en général de portance du sol.
- k_s : Effet de site
- k_m : Effet de masque
- k_h : Effet de hauteur
- l : Longueur ou portée
- l_0 : Longueur libre.
- l_s : Longueur de scellement.
- l_f : longueur de flambement.
- q : Charge variable unitaire.
- S_t : espacement des armatures transversales

MAJUSCULES ROMAINES

- A : Aire d'une section des armatures
- A_t : Somme des aires des sections droites d'un cours d'armatures.
- B : Aire d'une section de béton
- B_r : Section réduite d'un poteau
- C_h : Coefficient de hauteur

C_m : Coefficient de masque
 C_s : Coefficient de site
 E : Module d'élasticité
 H : Hauteur de construction compte du sol
 G : Action permanente
 I : Moment d'inertie
 K : Coefficient.
 M : Moment
 M_a : Valeur du moment sur appuis
 M_{max} : Moment fléchissant maximal
 M_u : Moment de calcul ultime.
 M_{ser} : Moment de calcul de service ou d'utilisation.
 N : Effort normal
 V : Effort tranchant
 W : action du vent

NOTATIONS EN MINUSCULES GRECQUES

α : Coefficient sans dimension. Angle d'inclinaison d'un escalier
 γ : Coefficient sans dimension
 δ : Effet de dimension d'une construction
 η : Coefficient de fissuration relatif à une armature.
 θ : Coefficient sans dimension.
 λ : Elancement mécanique d'une pièce comprimée.
 μ : Coefficient sans dimension
 μ_{bu} : Moment fléchissant agissant réduit à l'ELU
 μ_{lu} : Moment fléchissant limite réduit à l'ELU
 σ : Contrainte normale en général
 σ_s : Contrainte d'élasticité des aciers
 σ_{bc} : Contrainte de compression du béton
 σ_{st}, σ_{sc} : Contrainte de traction, de compression de l'acier
 τ_s : Contrainte tangente

Ψ_s : Coefficient de scellement relatif à une armature.

\emptyset : Diamètre nominal d'une armature

ABREVIATIONS

APD:	Aéroport De Paris
ACM:	Aviation Civile de Madagascar
ADEMA:	Aéroport De Madagascar
AFNOR:	Association Française de la NORmalisation
CEM:	Cement
CPC:	Cahier de Prescriptions Communes
CPS:	Cahier de Prescriptions Spéciales
CUA:	Commune Urbaine d'Antananarivo
DAI:	Direction de l'Aéroport d'Ivato Internationale
DTU:	Documents Techniques Unifiés
ELS:	Etat Limite de Service
ELU:	Etat Limite Ultime
EP:	Eaux Pluviales
EU:	Eaux Usées
EV:	Eaux Vannes
LTA:	Lettre de Transport Aérien
NF:	Norme Française
RDC:	Rez-de-chaussée
TTC:	Toutes Taxes comprises
TVA:	Taxe sur la Valeur Ajoutée

INTRODUCTION GENERALE

Un aéroport est un ensemble des pistes et des bâtiments qui assurent tous les services du trafic aérien. Son exploitation est une source de développement pour le pays.

Le projet MASTERPLAN de l'aéroport d'Ivato, est un projet pour 2035, dont le but est de faire de cet « aéroport phare » un véritable acteur de développement pour le pays, de créer de nouvelles activités sur le territoire aéroportuaire, et surtout adapter le niveau d'infrastructure aux normes internationales de sécurité et de sûreté.

La construction d'une nouvelle aérogare fret fait partie de ce projet. C'est un bâtiment d'une surface habitable de **10527 m²** répartie sur 2 niveaux. Cette surface est destinée à stocker des frets exportés et importés, il sert à accueillir aussi des bureaux.

L'aérogare fret actuel, manque d'une chambre froide, d'un coffre-fort, d'un parc animalier, d'une chambre à dépouilles mortelles. D'où la création de cette nouvelle aérogare fret, la mission de la direction technique, en amont du projet, est de proposer des variantes de plans et d'effectuer les études nécessaires. Le financement du projet, une fois prêt, l'équipe technique sera en charge de la réalisation. Le présent mémoire propose une alternative d'étude intitulé, « PROJET DE CONSTRUCTION D'UN AEROGARE FRET DU MASTER PLAN DE L'AEROPORT D'IVATO»

Le contenu de ce livre renferme quatre grandes parties :

- Environnement du projet ;
- Etude technique ;
- Technologie de mise en œuvre ;
- Evaluation financière du projet.

Dans le but d'alléger le contenu du document, les informations complémentaires sont regroupées en annexes.

PARTIE I:
ENVIRONNEMENT DU PROJET

Chapitre I :

Présentation de l'ADEMA

1. Généralités

La Société a pour dénomination et appellation commerciale : Aéroports DE Madagascar abrégé en ADEMA.

Le siège social de l'ADEMA se situe dans la ZONE AVIATION générale



Figure 1: Siège ADEMA

2. Historique

Avant 1988, l'aéroport d'Ivato était entretenu par la direction de l'aéroport d'Ivato internationale appelé D.A.I qui faisait partie de la direction du ministère de transport de ce temps, mais en 1988 les aéroports à travers de la Grande île se sont dégradés en matière d'entretiens et d'exploitation des infrastructures. C'est pour cela que les bailleurs de fonds ont recommandé à l'Etat Malagasy d'octroyer à un organisme autonome de la gestion, l'entretien et l'exploitation des infrastructures aéroportuaires ; d'où la nécessité de la création de la société ADEMA.

L'histoire de l'ADEMA se divise en trois périodes :

- la période de création ou de négociation ;
- la période où l'Aéroport De Paris (ADP) tenait la direction ;
- la période où l'ADEMA devient autonome.

Période de création ou de négociation (1988-1990)

En Novembre 1988, l'idée de créer une structure autonome de gestion de l'aéroport de Madagascar est née grâce au rapport SOFREAVIA/ASECNA s'intitulant « Gestion autonome des Aéroports de Madagascar », En septembre 1989, la vraie création de l'ADEMA se fut

lorsque Mr Victor KROURI, représentant de l'ADP, a fait une négociation avec l'équipe du ministre des transports de l'époque. L'objet de l'entretien se base sur l'étude d'une coopération avec l'ADP pour la mise en place des structures. Suite à cet entretien, un contrat est signé en novembre 1989. Ce contrat renferme l'élaboration de la convention de concession, cahiers de charges et le statut ainsi que l'étude économique et financière pour la faisabilité. Et, c'est durant cette période qu'il y avait aussi la création d'un groupe de travail malgache.

Période ADP (1990-1995)

Cette période est marquée par la présentation du logo d'ADEMA en janvier 1991, puis la mise en application de la redevance passagère en Mai 1991. La période 1991-1992 a été surtout marquée par le financement de l'Etat Malgache pour les travaux de réhabilitation comme l'étude de l'extension de l'aérogare de l'Ivato, l'étude des Pistes d'Ivato et de Nosy Be et c'est en 1993 que l'exécution a eu lieu. Le départ de M Pierre DEDIEU s'est tenu en 1995 d'où la fin du période ADP.

Période d'Autonomie de l'ADEMA (De 1995 à nos jours)

Depuis 1995, l'ADEMA ne cesse d'écrire son histoire grâce à l'effort qu'elle fournit, cela entraîne la satisfaction de ses clients. Cette période a été marquée par la prise en mains de la Direction Générale de la société par des nationaux.

3. Caractéristiques

3.1 Missions de la société « ADEMA »

La véritable mission de l'ADEMA est la gestion et l'exploitation des douze principaux aéroports de Madagascar avec respect des normes internationales en matière de sûreté et de sécurité aérienne. C'est pour cette raison qu'elle met à la disposition des usagers des aéroports :

- Des bâtiments pour accueillir les passagers comme l'aérogare ;
- Des pistes, des parkings et des voies de circulation pour les avions ;
- De différents équipements qui sont nécessaires aux décollages et atterrissages comme le balisage électrique, le balisage de guidage radioélectrique et des équipements des aides à la navigation aérienne ;
- Des ressources humaines utiles et qualifiées pour l'assistance aux avions, l'assistance aux passagers (accueil, information...) et l'assistance au fret.

Elle a aussi pour mission de développer les activités commerciales :

- Les activités aéronautiques considérées comme source de revenu de l'ADEMA : redevance d'atterrissage des aéronefs (avions), redevance de stationnement d'avion,

redevance sur les équipements aides à la navigation aérienne et des radioélectriques, redevance fret, redevance carburant...etc ;

- En contrepartie de redevance et activités extra- aéronautiques : la Navette, parking (péage), assurance, des panneaux publicitaires, terrain domanial,...etc.

3.2 Objectifs de la société « ADEMA » :

Comme objectifs, de l'ADEMA vise à fournir la meilleure qualité de services aux usagers des aéroports tels que les passagers, les compagnies aériennes et des services publics et les autres intervenants ; et aussi de moderniser les infrastructures en tenant compte des normes internationales pour pouvoir donner une nouvelle image des aéroports de Madagascar.

Parmi les principaux objectifs de l'ADEMA depuis sa création figure l'autonomie financière car les investissements qu'elle doit réaliser sont à la fois continus et importants. L'ADEMA dispose d'une autonomie financière importante qui lui permet d'honorer ses engagements, et surtout d'avoir les emprunts contractés pour moderniser les infrastructures initiales qui lui ont été concédées et puiser dans ses fonds propres pour réaliser les investissements indispensables à l'exploitation. L'ADEMA perçoit des redevances aéronautiques liées directement à l'exploitation des produits extra aéronautiques résultant des différentes concessions commerciales et infrastructures aéroportuaires dont la tarification dépend de l'investissement effectué par la société elle-même. Vu la marge de manœuvre assez réduite pour agir sur les produits aéronautiques, afin de ne pas accroître outre mesure le coût du transport aérien, un effort particulier a été déployé par l'ADEMA pour le développement des produits extra aéronautiques.

D'autres objectifs s'ajoutent à tout cela :

- Objectif commercial :
Équilibrer les recettes, soit 60 % pour les recettes aéronautiques et 40 % pour l'extra aéronautiques.
- Objectif technique :
Les vols nationaux suivent les normes internationales en matière de sécurité, de sûreté afin d'éviter les actes d'intervention illicite et de gestion d'aéroport tout en suivant la nouvelle technologie.
- Objectif de la politique de gestion :
Former les employés et ses ressources humaines à être professionnels et performants.

4. Slogan

La devise de l'ADEMA : « **La performance, la qualité fait la différence** » et c'est ainsi que les valeurs de l'ADEMA reposent sur l'engagement, la qualité ; le respect ; la performance. L'ADEMA, une entreprise citoyenne, place aujourd'hui le développement durable au cœur de sa stratégie de croissance. Sa démarche s'appuie sur les valeurs de responsabilité de transparence et de service public qui sont les bases de sa culture d'entreprise. Elle met en œuvre une politique active de dialogue et de développement régional et national et une volonté partagée de progrès au service de la communauté.

Aussi, c'est dans le souci d'améliorer cette qualité de service que la Direction Générale de l'ADEMA a décidé d'instaurer un Système de Management qualité.

En octobre 2004, le slogan de l'ADEMA est devenu « La performance, la qualité fait la différence ». En choisissant ces termes, la Direction Générale met l'accent sur la notion de qualité afin de l'incruster dans l'esprit de son personnel et de lui faire comprendre, ainsi qu'à ses partenaires (clients, fournisseurs...) que la société s'est distinguée par la qualité de son service. Un groupe dont les membres proviennent de différentes Directions relevant de la Direction Générale, constitue le Comité Management Qualité. Ce comité réfléchit, sensibilise et œuvre à influencer sur les activités.

5. Les aéroports de l'ADEMA

L'ADEMA a douze aéroports à Madagascar :

Chefs de lieux de province

- Antananarivo (Ivato)
- Antsiranana (Arrachart)
- Mahajanga (Philibert Tsiranana)
- Toliara (Ankoronga)
- Toamasina (Ambalamanasy)
- Fianarantsoa (Beravina)

Régions à vocation touristique:

- Nosy Be (Fascene)
- Sainte Marie (Ravoraha)
- Taolagnaro (Marilias)

Régions à vocation socio-économique :

- Mananjary (Pangalana)
- Sambava (Ambodisatrana)
- Morondava (Tsimahavaokely)

6. Les Produits de l'ADEMA

L'ADEMA propose des services et prestations sur les produits aéronautiques et les produits extra aéronautiques.

♣ **Les recettes aéronautiques :**

Ceux-ci regroupent les produits directement liés à l'exploitation, c'est-à-dire au trafic aérien, au mouvement des avions et aux chargements. L'ADEMA fournit de diverses prestations, en contrepartie desquelles l'entreprise perçoit de différentes redevances.

Ces produits peuvent encore être scindés en deux sous-groupes, à savoir les recettes liées à l'avion et les recettes liées à la cargaison :

Les recettes liées à l'avion

- La redevance d'atterrissage : elle est due par tout aéronef qui effectue un atterrissage ou amerrissage sur un aérodrome ouvert à la circulation aérienne publique. La redevance d'atterrissage est calculée d'après le poids maximum au décollage porté sur le certificat de navigabilité de l'aéronef, arrondi à la tonne supérieure. Les taux diffèrent suivant le trafic national ou international effectué par l'aéronef ;
- La redevance stationnement : elle est due par tout aéronef qui stationne sur des surfaces non couvertes destinées à cet usage et situées dans l'emprise d'un aérodrome ouvert à la circulation aérienne publique.
- La redevance de balisage lumineux : elle est due par tout aéronef qui effectue un envol ou un atterrissage sur un aérodrome ouvert à la circulation aérienne publique, dont le balisage a été allumé de nuit ou par mauvaise visibilité, soit à la demande du commandant de l'aéronef, soit pour des raisons de sécurité sur l'ordre de l'autorité responsable de la sécurité de la navigation aérienne sur l'aéroport. La redevance varie suivant les aéroports en fonction de l'importance des installations de balisage.

Les recettes liées à la cargaison :

- La redevance de carburant : elle est perçue en contrepartie de l'occupation par une entreprise de terrains ou immeubles, en vue de distribuer des carburants pour aéronefs sur tous les aérodromes ouverts à la circulation aérienne. Elle est calculée en fonction des locaux occupés et de la quantité de carburants vendus ou livrés, exception faite des lubrifiants.
- La redevance des passagers ou pax : elle est due pour l'utilisation des ouvrages et locaux d'usage commun servant à l'embarquement, au débarquement et à l'accueil des passagers. La redevance est perçue à l'occasion de l'embarquement du passager. Les taux de la redevance varient selon les réseaux (régional, national, international).
- La redevance fret : elle est due pour l'utilisation des ouvrages et locaux d'usage commun servant au chargement, au déchargement et à toutes les opérations de manutention des marchandises. Elle est calculée suivant la nature du trafic ainsi que le poids de la marchandise.

♣ **Les recettes extra-aéronautiques :**

Elles concernent les activités et services rendus indépendamment du mouvement des aéronefs. Ces activités consistent ainsi en la commercialisation des concessions et des infrastructures disponibles des aéroports de manière à percevoir les redevances ci-après :

- **La redevance domaniale :** Elle est assimilée au loyer perçu par l'ADEMA en contrepartie des occupations (locaux, terrains, hangars ...) par les concessionnaires (compagnies aériennes, boutiques, agence de location de voiture...).
- **La redevance publicitaire :** il s'agit de la location des différents espaces et supports publicitaires comme les panneaux publicitaires, ou autres matériels de l'aérogare tels les postes téléviseurs, pour la diffusion de spots publicitaires.
- **La redevance commerciale :** est un pourcentage perçu par l'ADEMA sur les chiffres d'affaires des concessionnaires qui exercent des activités commerciales au niveau des aéroports, comme les boutiques et autres prestataires.
- **La redevance parking autos (péage) :** elle se rapporte aux droits d'entrée et de stationnement sur le parking autos, à acquitter à la sortie de ce dernier.
- **La redevance pour assistance au sol :** est un pourcentage perçu sur les chiffres d'affaires réalisés par les prestataires en armement, « catering » et « handling ».

- ➔ **La redevance fixe d'électricité** : il s'agit de la récupération des consommations d'électricité des usagers dont les récepteurs sont raccordés aux compteurs d'ADEMA. La redevance s'estime suivant un taux préétabli.
- ➔ **La redevance sur les services divers** : perçue sur les services comme le portage, la prise de photos, la distribution de prospectus, l'utilisation des navettes aéroport – ville, etc. Dans ce rapport, nous nous intéresserons plus particulièrement à cette activité navette, que nous développerons plus en détail dans des parties ultérieures.
- ➔ **Agence Générale des assurances ARO** :
L'entreprise a vu apparaître récemment un nouveau type de service dans la catégorie des produits extra aéronautiques. En effet, dans les pays développés, les activités extra aéronautiques constituent les principales ressources des gestionnaires d'aéroports. C'est ainsi qu'en 2011, l'intention d'ADEMA de devenir une Agence Générale de ARO est née, ce dernier étant d'ores et déjà représenté au Conseil d'Administration. En 2012, ADEMA est déjà commissionné pour ses activités dans le domaine de l'assurance, mais reste opérationnellement rattaché à l'Agence Centrale de ARO. Ce n'est qu'en 2013 que la société réussit à répondre aux exigences de structure, de technicité, de qualifications et de recrutement imposées par ARO. Ainsi, c'est en janvier 2013 qu'ADEMA acquiert officiellement le statut d' « Agence Générale », et jouit d'une totale autonomie dans l'exercice de cette activité et son fonctionnement.

7. Les Clients de l'ADEMA

Etant une Société de prestation de services de l'industrie aéronautique à Madagascar, les principaux clients d'ADEMA sont :

- ➔ Les Compagnies aériennes : Air Madagascar – Air France – Air Mauritius – Air Austral – Air Links ... etc.
- ➔ Les Clubs aéronautiques (privés) et les Sociétés d'évacuation sanitaire...etc.
- ➔ Les services publics et services de l'état intervenant sur les aéroports : - Les Douanes – La Police de l'air et des frontières – La Gendarmerie – Le service sante aux frontières – Les services vétérinaires et phytosanitaires – Les Services de Mines et eaux et forêts... etc.
- ➔ Les concessionnaires pour des activités à caractère commercial (Boutiques – restaurants – et autres services ...etc.)
- ➔ Les Passagers aériens et leurs assistances ;

8. Les concurrents de l'ADEMA

L'ADEMA est une Société de prestation de services, et sur les **57 aéroports et aérodromes** existants à Madagascar, douze (12) sont sous la responsabilité d'ADEMA en matière de gestion et exploitation des infrastructures et de la navigation aérienne. Avec les 12 aéroports gérés par ADEMA, la société Adema est devenue un partenaire incontournable du Transport aérien à Madagascar.

9. Les partenariats de la société ADEMA

Ses principaux partenaires sont en général, l'ACM, l'ASECNA, les Compagnies aériennes, etc.

10. Structure Organisation fonctionnelle

Sur le plan organisationnel, l'ADEMA a son organigramme bien défini et se présente comme suit :

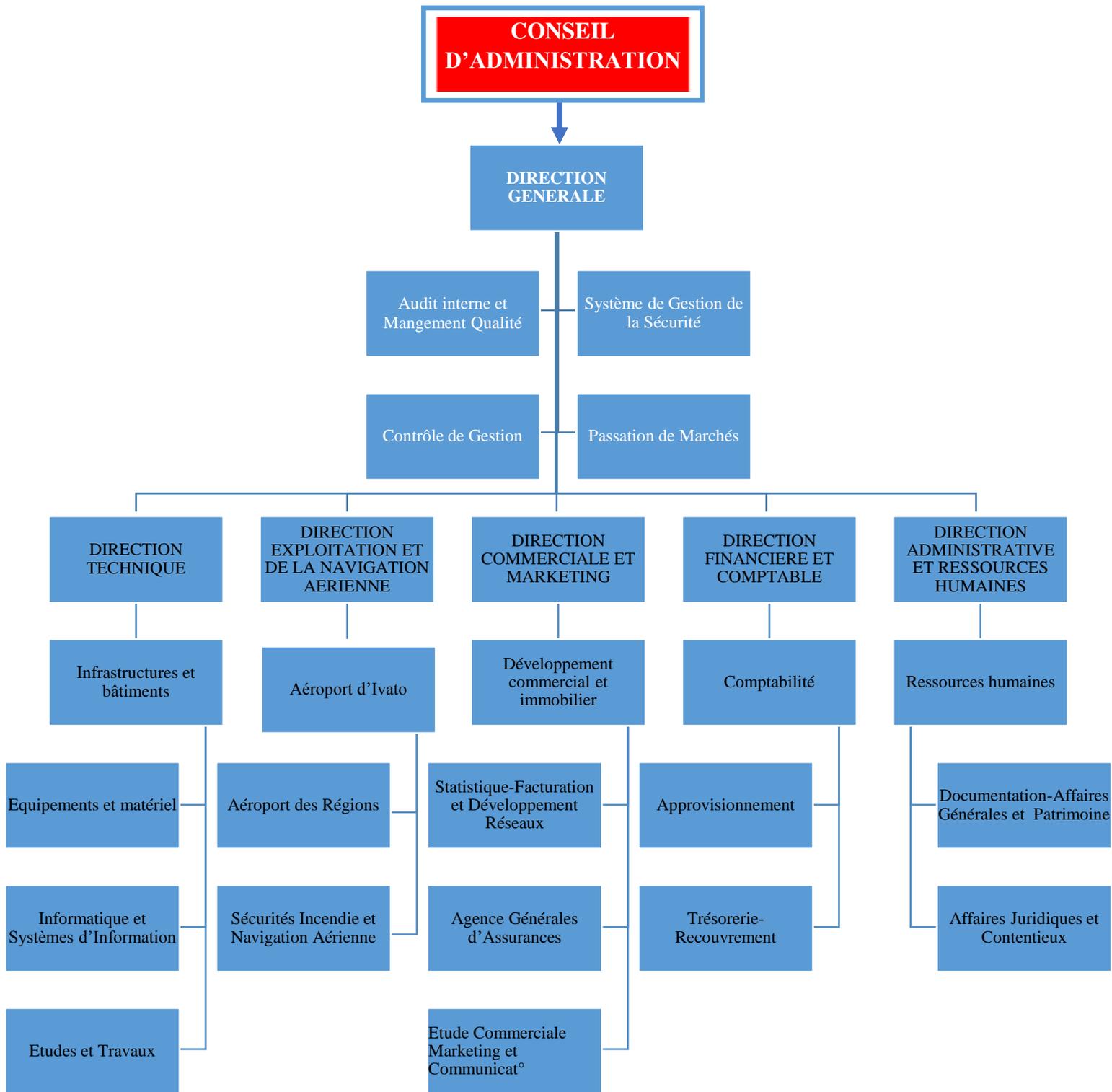


Figure 2: Organigramme

12. La Direction Technique

1.1 Mission

La direction Technique est l'organe d'application de la maîtrise d'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre des travaux neufs et de l'acquisition d'équipement. Elle assure le contrôle et la maintenance des moyens matériels de production.

La direction technique est constituée par trois services :

- **Le Service Infrastructure et Bâtiments**, chargé de tout ce qui a rapport aux aires aéronautiques, aux bâtiments et aux abords de l'aérogare ;
- **Le Service Equipement et Matériels**, chargé du fonctionnement, de la maintenance et de la programmation de tous les équipements et matériels électroniques, radioélectriques et mécaniques ;
- **Le Service Informatique.**

12.1 Organigramme

Voici l'organigramme de la direction technique

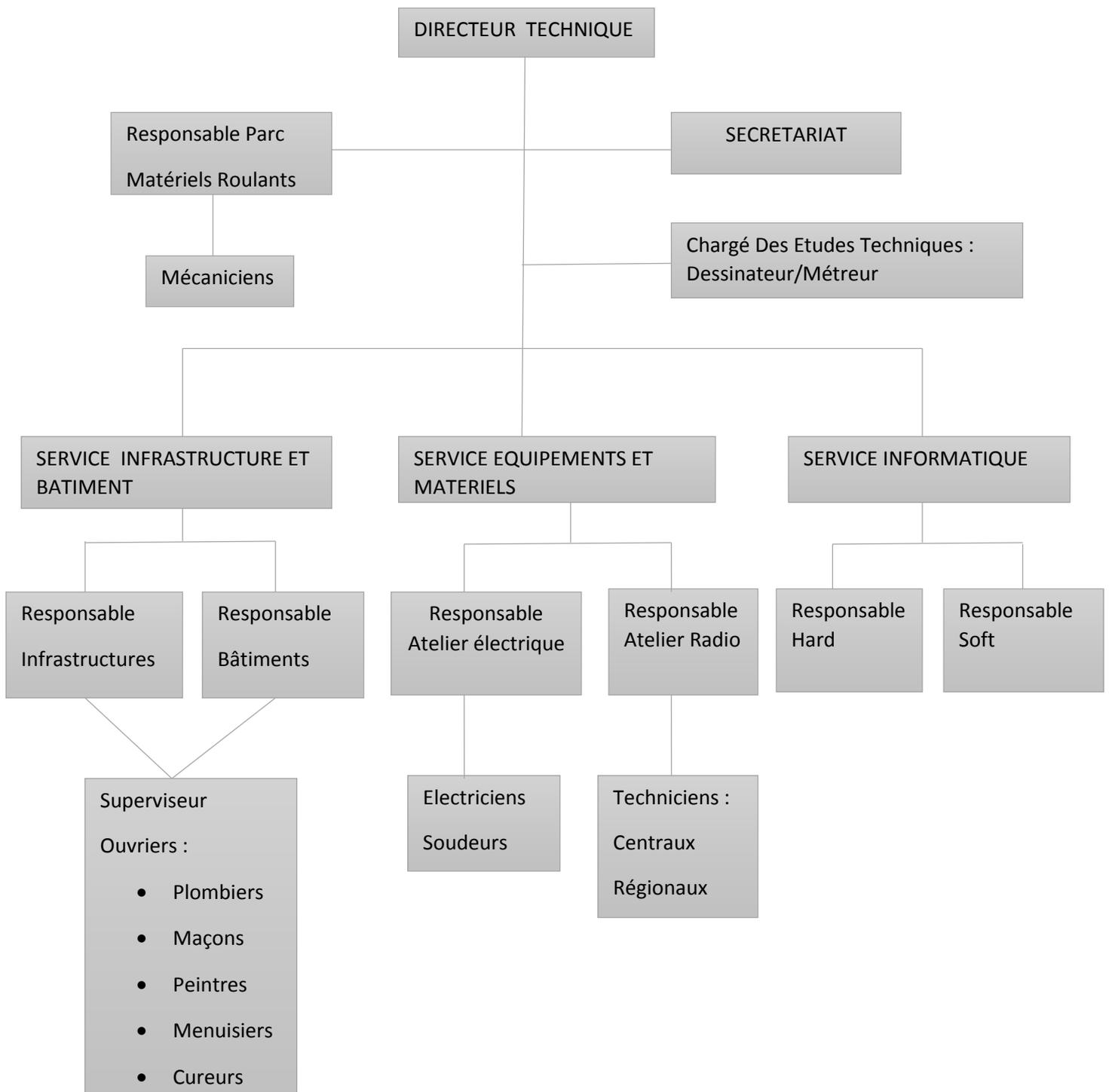


Figure 3: Organigramme de la direction technique

Chapitre II :

Présentation du Projet

1. Généralités sur le projet

Le MASTERPLAN de l'aéroport international d'Ivato initié par l'ADEMA, est un projet volontairement large. C'est un projet pour 2035 c'est-à-dire dans vingt ans. En un mot, il s'agit d'une étude de planifications des extensions de l'aéroport et du domaine aéroportuaire d'Ivato. Il met l'accent sur les besoins du secteur et énonce une orientation simple et cohérente pour l'avenir, afin de mieux répondre aux enjeux immédiats des orientations à très court terme.

Les Objectifs de ce projet :

- Faire de cet « aéroport phare » un véritable acteur de développement pour le pays;
- Création de nouvelles activités sur le territoire aéroportuaire ;
- Adapter le niveau d'infrastructure aux normes internationales de sécurité et de sûreté.

2. Plan d'action

Un plan d'action suivant un calendrier de réalisation par différentes phases, a été adopté pour résoudre le problème de la capacité aéroportuaire d'Ivato, dans un délai donné. Les travaux d'extension obligatoires et prioritaires concernent le renforcement des chaussées, la mise en conformité des pistes et taxiways ainsi que l'augmentation de capacité des aires de stationnement, en prévision de l'augmentation du trafic et de l'accueil d'aéronefs de très gros porteurs, pour le long terme.

- **La Phase court terme, de 0 à 5 ans** correspond aux travaux d'urgence et de mise en conformité. Les travaux répondent aux exigences de mouvements d'aéronef de type B 767 à pleine charge et le traitement d'un million de passagers.
- **La Phase moyen terme, de 5 à 10 ans** répond aux objectifs d'extension et de remise à niveau. Les travaux concernent l'augmentation de la capacité en vue de la réception d'aéronef de très gros porteur de type A 380 et le traitement de 1 800 000 passagers.
- **La Phase long terme, de 15 à 25 ans** vise à pérenniser le développement aéroportuaire. Les travaux visent à permettre le traitement simultané de 5 gros porteurs de type B 777 et A 340 et le traitement de 2,2 million de passagers.



Figure 4: Plan d'action

3. Les opportunités à travers le projet :

Le renouvellement du secteur aéroportuaire d'Ivato recèle un enjeu essentiel de renouvellement urbain d'autant que, la situation géographique du quartier le destine à constituer, à terme, un véritable lien avec la CUA.

Pour une approche de développement urbain et socio- économique maîtrisé, équilibré et partagé, les actions engagées par le MASTERPLAN suivent quatre principes pour définir l'identité du pôle d'Ivato.

- **Un principe de diversité économique et sociale** à travers l'accompagnement de projets urbains porteurs de centralité et de dynamique d'activités génératrices d'emploi. Et la création d'activités productives au côté des spécialisations économiques (logistiques, systèmes d'informations...)
- **Un principe d'équilibre entre habitat et emploi** à travers la création d'une offre qualifiée d'installation afin d'accroître l'attractivité du territoire et favoriser l'accueil de nouvelles populations et d'entreprises.
- **Un principe d'exemplarité dans l'approche environnementale** entre projets d'intensité urbaine et espaces diffus, les soucis écologiques et culturels dictés par l'ampleur du projet nécessitent des mesures drastiques pour la sauvegarde des espaces naturels.
- **Un principe de mobilité** pour une stratégie collective anticipant les enjeux de l'accessibilité et des déplacements.

Le Plan de Déplacements de l'agglomération d'Antananarivo, en cours d'élaboration, définit les principes de l'organisation entre « Aéroport-Ambohidratrimo-Ambohitrimanjaka-CUA » « Aéroport-Ankorondrano » et « Aéroport-Antehiroka-CUA » dont la mise en œuvre et

l'ouverture de nouvelles dessertes sont vivement souhaitées et les parties prenantes du Projet et par le grand Public.

4. Localisation du projet

4.1 Les sites d'extension de l'aéroport international d'Ivato

Deux potentiels sites d'extension ont été répertoriés pour le périmètre aéroportuaire d'Ivato, ils ont été définis sur la base de paramètres budgétaire, foncier, topographique et environnemental. Le premier site d'extension est localisé au Septentrion, dans la Commune Rurale d'Ambatolampy-Tsimahafotsy. Et le second site est localisé au Sud, dans le prolongement de la BANI et du RFI.

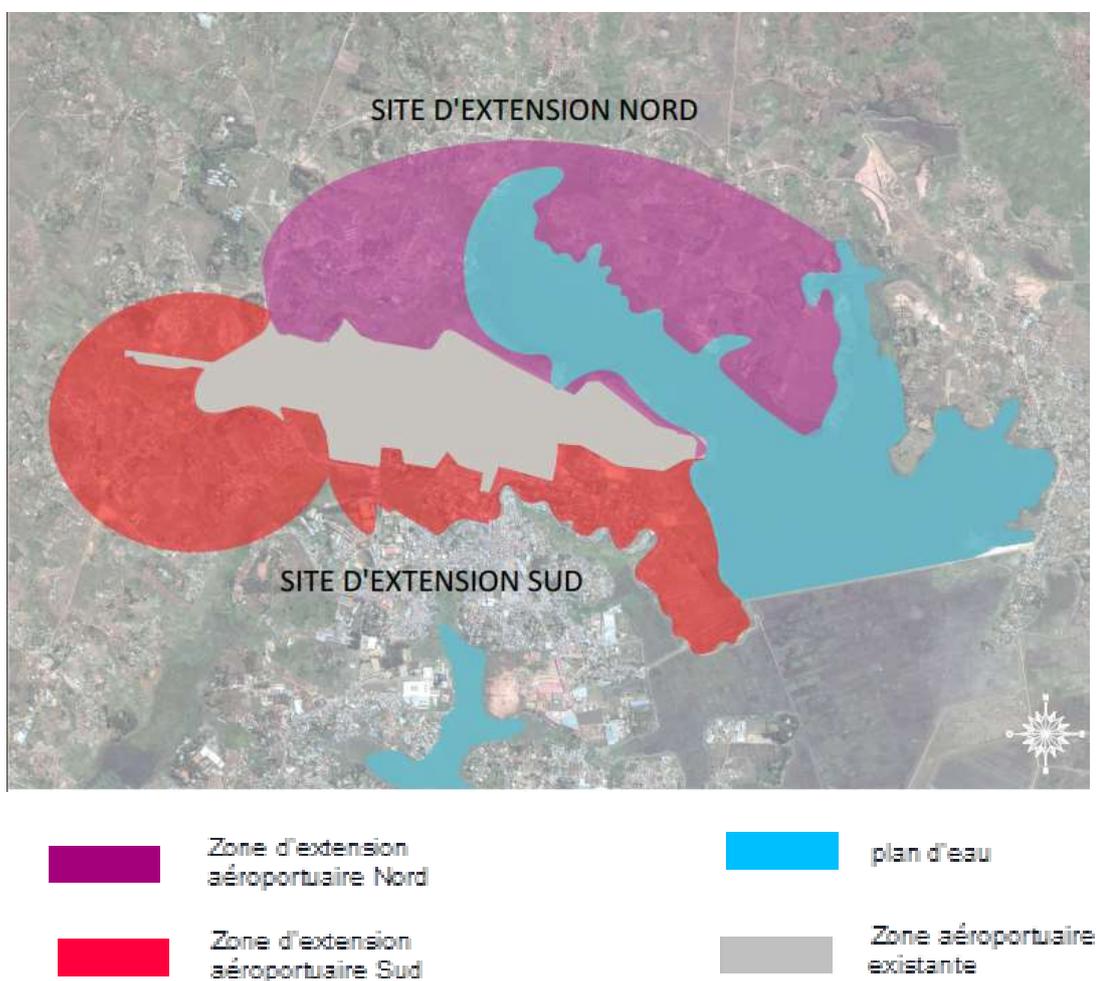


Figure 5: Zone d'extension

4.2 localisation de l'aérogare fret par rapport au master plan



Implantation de la nouvelle
aérogare fret

Figure 6: MASTERPLAN

Chapitre III :

Conception architecturale du projet

1. Présentation de l'aérogare fret

L'Aérogare fret a deux branches :

- **Le fret Vente** qui prépare l'envoi comme les LTA (Lettre de Transports Aérien) ;
- **Le Handling** qui assure l'envoi par cargo et le transport des frets dans l'avion vers le magasin ou les frets dans le magasin vers l'avion.

2. Les Entités de l'aérogare Fret :

Il a six Entités qui ont chacun leurs rôles

- L'**Air Madagascar Fret** qui joue le rôle de Transporteur, Handling, et Vendeur ;
- L'**ADEMA** qui assure les Infrastructures ;
- Le **Samada** qui veille sur la sécurité des frets ;
- Le **Douane**, il est le représentant de l'Etat pour s'occuper de tous les formalités douanières pour les frets extérieurs ;
- Les **Transitaires**, ils sont les représentants des clients, ils assurent la vente et l'envoi des LTA,
- Les Autres Compagnies

3. Les Types de fret

On classe les frets en deux groupes :

- Les Frets au départ ou « Fret EXPORT » ;
- Les Frets à l'arrivé ou « Fret IMPORT » qui regroupent les frets importés intérieurement c'est-à-dire provenant des provinces et les frets importés extérieurement.

4. Les Problèmes de l'aérogare Fret

- Manque d'une chambre froide : jusqu'à présent les clients sont obligés d'arriver trois heures avant le vol pour que leurs marchandises ne soient pas expirées , et dans le cas où le vol est annulé, ils ramèneront leurs marchandises chez eux ;
- Manque d'un coffre-fort pour les objets précieux, ce qui entraîne l'insécurité des frets ;
- Manque d'un parc animalier : les clients sont aussi obligés d'arriver une heure avant le vol ou selon la condition de l'animal ;

- Les Toilettes sont insuffisants ;
- Manque d'une chambre à dépouilles mortelles ;
- Le volume des magasins est insuffisant pour les frets.

5. Choix du type de construction

Les ossatures les plus utilisées sont:

- Le mur porteur ;
- L'ossature en bois ;
- L'ossature métallique ;
- L'ossature en béton armé ;
- L'ossature en béton précontraint.

Le mur porteur et l'ossature en bois ne seront pas adaptés à la construction envisagée, donc ces types de constructions sont écartés du choix.

L'ossature en béton précontraint, très couteuse et difficile à mettre en œuvre, n'est utilisée en général que dans une poutre de longue portée allant jusqu'à 40m. Ce choix sera aussi écarté.

Il reste à choisir entre la construction métallique et celle en Béton armé.

Toutes deux, ont leurs inconvénients et leurs avantages, mais il serait plus intéressant d'opter une structure en béton armé qui est plus courante, plus résistante vis-à-vis de l'incendie et plus économique.

6. Dimension de chaque pièce

Généralement, On distingue 3 zones :

- Les locaux de conservation ou les magasins ;
- Les locaux de travail et du personnel ;
- Les locaux du public.

6.1 Les Magasins ou entrepôt

a) Définitions

On appelle « entrepôt » un bâtiment dans lequel les marchandises sont stockées plus de 24 heures. Les entrepôts sont utilisés par les industriels, les entreprises d'import-export, les grossistes, les transporteurs, les douanes, etc.

b) Les matériels et les engins du magasin

- Les palettes, ce sont des accessoires destinés à rationaliser la manutention, le stockage et le transport de marchandises.



Figure 7: Palette de manutention

- Les transpalettes, appareils servant au déplacement et au soulèvement des charges sur courte distance, Elles peuvent être électriques ou manuelles ;



Figure 8: Transpalette manuel et électrique

- Un palettier ou rack est une étagère, le plus souvent métallique, qui permet de stocker des palettes ou des colis. Constitué d'alvéoles qui peuvent contenir une ou plusieurs palettes, celles-ci reposent sur deux lisses (partie horizontale du palettier).



Figure 9: Palettier

→ Un chariot élévateur à trois ou à quatre roues, c'est un appareil de levage et de manutention destiné au transfert de charges dans l'entrepôt de stockage. Il sert principalement au chargement et au déchargement des camions et de l'avion-cargo.

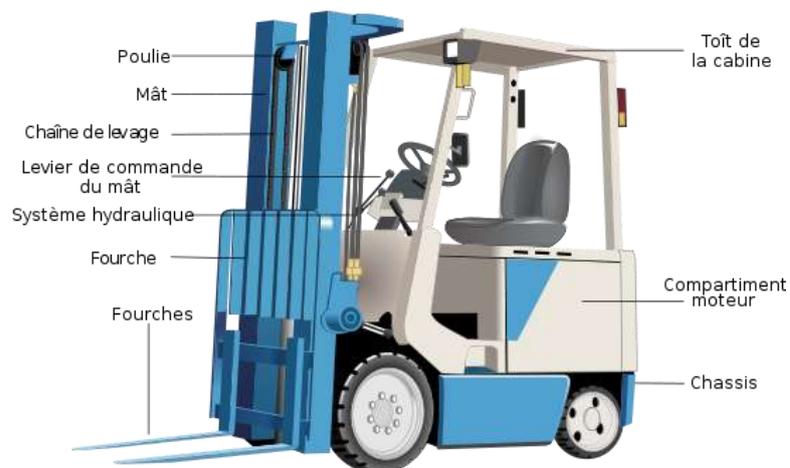


Figure 10: Chariot élévateur

→ Un scanner pour la vérification des frets.

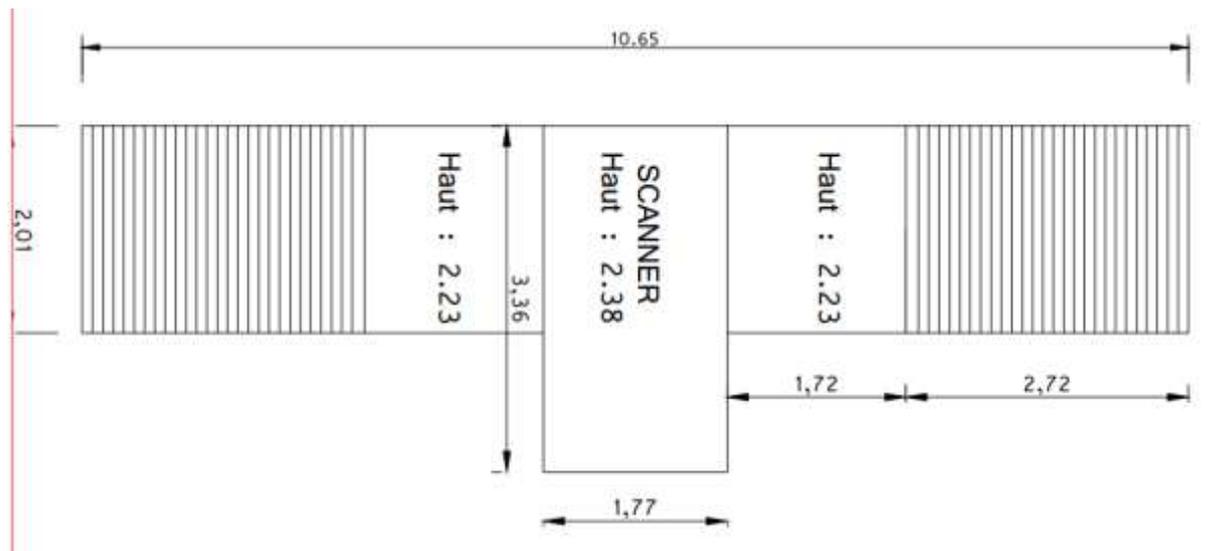


Figure 11: Scanner

c) La surface de l'entrepôt

L'implantation des surfaces de l'entrepôt s'analyse dans le cadre des points suivants :

- La Forme générale du bâtiment.
- Les moyens de stockage.
- Le dimensionnement des palettes.
- Le calcul des emplacements.

Au sein de l'entrepôt, il existe différents types de surface ou zones qu'il est nécessaire de connaître

♣ Surface d'une palette

Une palette a une surface rectangulaire. La surface est donc égale à : $S_p = L \times l$, une palette européenne standard mesure 120×80 (cm).

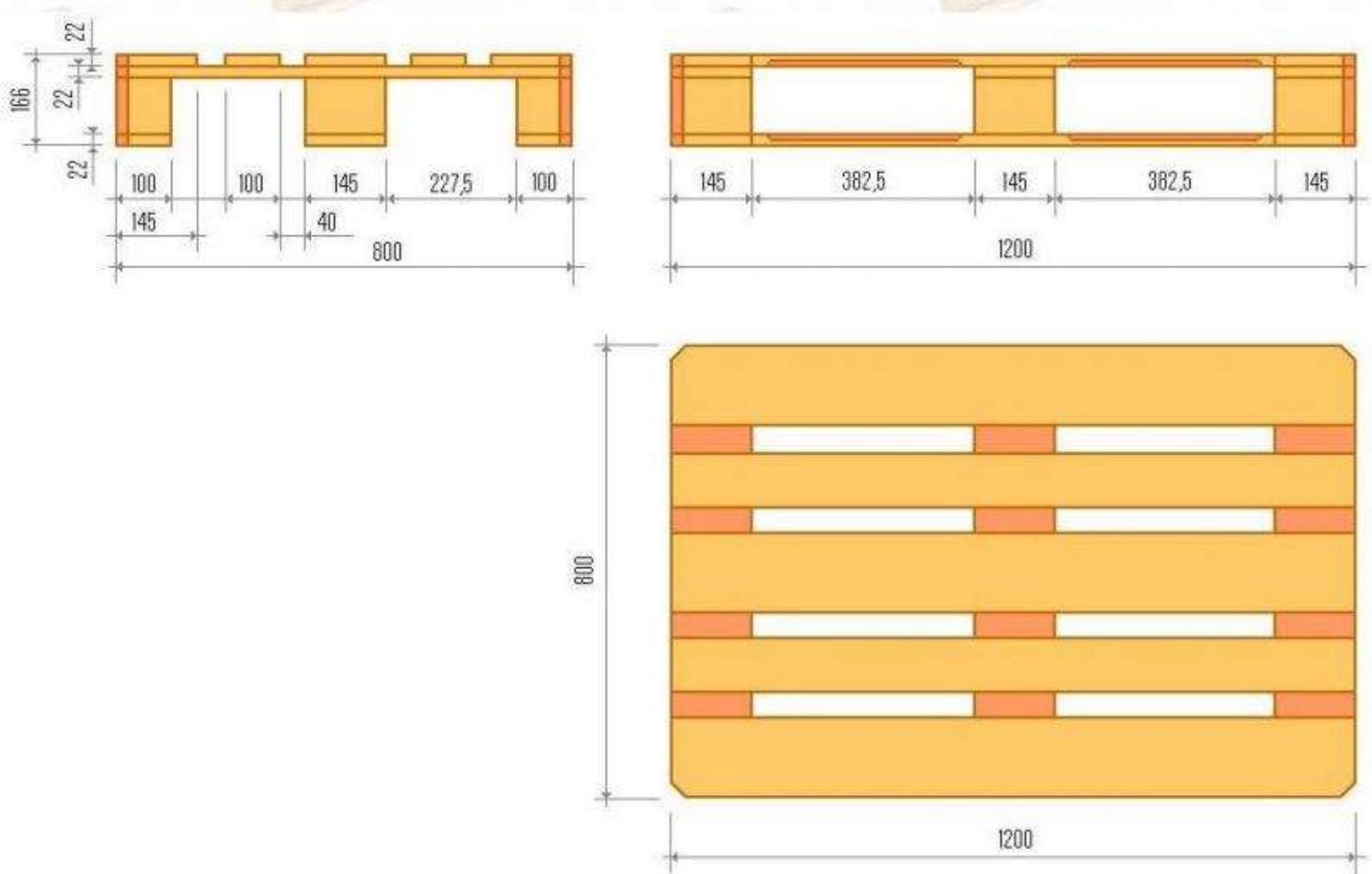


Figure 12: Dimension palette

♣ Surface de stockage S_{STO}

La surface de stockage d'une palette correspond à la surface au sol occupée par la palette dans le palettier ainsi que la moitié de l'allée de gerbage (ou de stockage) se trouvant devant la palette. La surface de stockage est donnée par la relation :

$$S_{STO} = [(0,1 + F + 0,1) \times (0,1 + P + \frac{AST}{2})] \times \frac{N}{G}$$

F : côté palette en façade

P : côté palette en profondeur

AST : Allée de gerbage

N : Nombre de palettes à stocker

G : Nombre de niveaux de stockage

♣ Allées de gerbage AST

Appelées allées de travail ou de stockage, elles sont associées à la surface de stockage. Disposées entre les unités de stockage, elles doivent permettre au cariste de manœuvrer avec tout type d'engin lors des prises et déposes des marchandises.

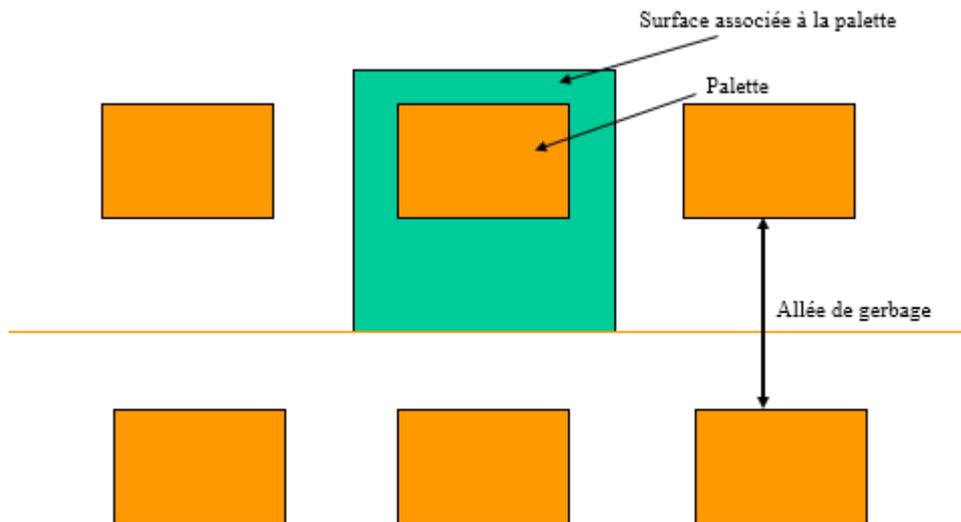


Figure 13: *Allée de gerbage*

Détail de la Surface associée à une palette

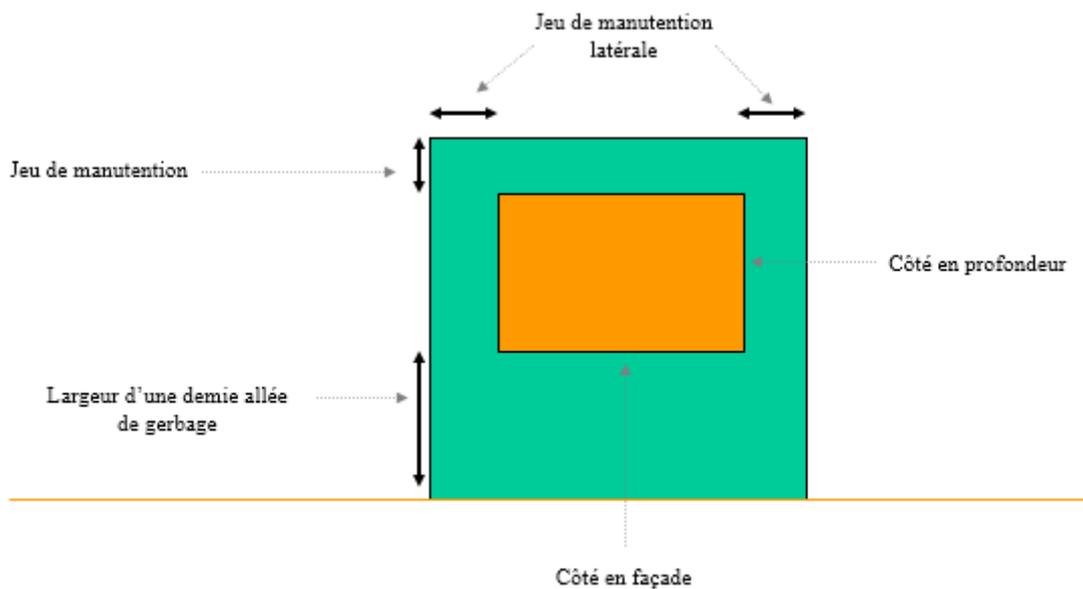


Figure 14: *Surface nécessaire pour une palette*

Soit **AST** la largeur d'une allée de gerbage :

→ Pour un chariot à 4 roues

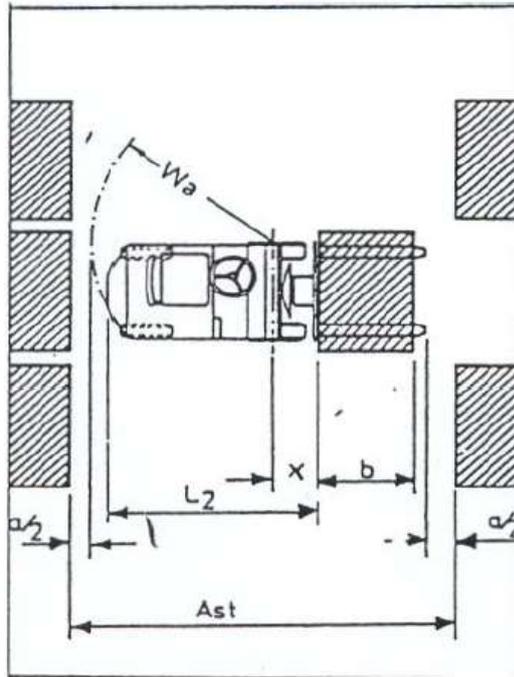


Figure 15: *Largeur d'une allée de gerbage 1*

$$AST = Wa + x + b + a \quad (1)$$

→ Pour un chariot à 3 roues

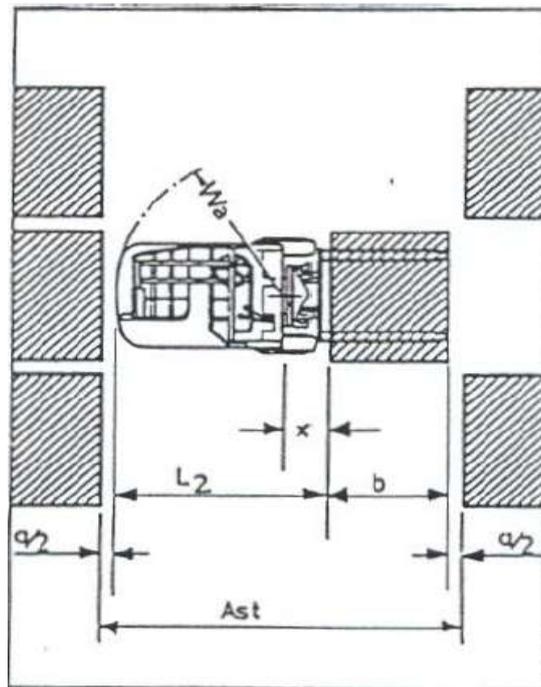


Figure 16: *Largeur d'une allée de gerbage 2*

$$AST = L2 + b + a^{(1)}$$

(1): si la dimension latérale de la palette (b) est inférieure à la longueur des fourches de l'engin, on retiendra cette dernière longueur pour appliquer la formule de l'AST.

L2 : Longueur au talon de la fourche

X₂ ou x : Porte-à-faux avant (distance de l'axe des roues avant aux talons des fourches)

Wa ou R : Rayon de braquage ou de giration

b : dimension latérale de la palette

a : distance de sécurité (200 mm ou 0,2 m)

AST : Allée de gerbage

♣ Surface technique **S_{TECH}**

Elle correspond à la somme de toutes les surfaces de l'entrepôt qui ne sont pas affectées au stockage et à la circulation. Exemples : locaux techniques (chaufferie, système de climatisation, installation de protection anti-incendie, locaux de charges des chariots), administratifs, sociaux.

♣ Allées de circulation **S_{AC}**

Elles sont aussi appelées allées de service. Ce sont des zones réservées au déplacement des engins. Leur largeur dépend du gabarit du matériel utilisé, du mode de stockage (transversal ou longitudinal) et du type de circulation (sens unique, double sens ou avec manœuvre)

- Soit elle est exprimée en pourcentage de la surface totale (X % de **S_{TOT}**) d'où:

$$S_{AC} = \frac{x\%(S_{STO} + S_{TECH})}{(1 - x\%)}$$

(Avec X % en valeur décimale)

- Soit elle est calculée en fonction du matériel utilisé :

→ Circulation à sens unique : **S_{AC} = (B + 1 m) x longueurs d'allée**

→ Circulation à double sens : **S_{AC} = (2 x B + 1,40 m) x longueurs d'allée**

(Avec **B** : la largeur hors tout du chariot et de sa charge)

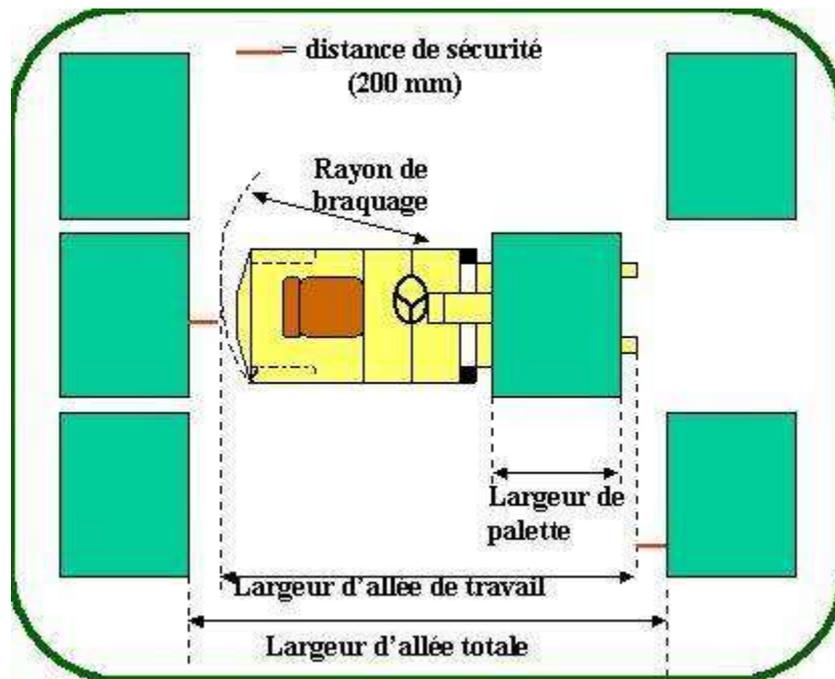


Figure 17: Caractéristique du chariot élévateur

♣ La surface Totale S_{TOT}

La surface totale est donc la somme de la surface de stockage, la surface d'allée de circulation, et la surface technique :

$$S_{TOT} = S_{STO} + S_{AC} + S_{TECH}$$

d) Cas du magasin de l'ADEMA

L'ADEMA a 3 magasins : magasin EXPORT, magasin IMPORT, magasin LOCAL. Les produits seront stockés sur des palettes de manutention, de dimension 800 X 1200 (800 en façade) sur 2 niveaux. L'entreprise utilise des chariots élévateurs LOUTZ diesel de capacité de 2,5 T aux caractéristiques suivantes:

- Rayon de giration W_a : 1985 mm ;
- Porte-à-faux avant X: 500 mm ;
- Nombre de roues : 4.

Actuellement, chaque magasin dispose à peu près 30 palettes de manutention. Une étude de marché a mis en évidence qu'on aura besoin de 400 emplacements de palettes pour le magasin export et import et de 300 emplacements pour le magasin local en 2035.

➤ Magasin EXPORT

1ère étape : Recherche de la largeur d'une allée de gerbage (AST) :

Il s'agit ici d'un chariot en porte-à-faux avant à 4 roues :

- $AST = Wa + X + b + a$
- $AST = 1,985 + 0,50 + 1,2 + 0,2$
- $AST = 3,8 \text{ m}$

2ème étape : Recherche de la surface de stockage (S_{STO}) :

$$S_{STO} = [(0,1 + F + 0,1) \times (0,1 + P + \frac{AST}{2})] \times \frac{N}{G}$$

$$S_{STO} = [(0,1 + 1,2 + 0,1) \times (0,1 + 0,8 + \frac{4}{2})] \times \frac{400}{2}$$

$$F = 0,8$$

$$P = 1,2$$

$$AST = 4$$

$$N = 400$$

$$G = 2$$

$$S_{STO} = 648,50 \text{ m}^2$$

3ème étape : Recherche de la surface technique (S_{TECH})

- Parc à chariots

L'aérogare fret a deux chariots élévateurs, une pour l'export et l'autre pour l'import.

Les chariots ont une dimension **2,6 x 1,2**. Or, on estimera à avoir deux chariots dans chaque magasin export et import et une pour le magasin local. On aura une surface de **6,5 m²** dans le magasin Export.

- Garage pour les engins de manutention

Ils ont 4 transpalettes de **1,56 x 0,5** dans chaque magasin. On estimera à avoir 10 à l'horizon 2035. On aura une surface de **7,8 m²** dans le magasin Export.

- Scanner

Le scanner a une dimension de **10,65 x 2,01 = 21,40 m²**.

- Commande du scanner

Une personne sera chargée de contrôler le scanner dans une pièce de **9m²**.

- Les chambres froides : **75m²**, 15X5

Les magasins sont accompagnés d'une chambre frigorifique.

Les domaines classiques d'utilisation du froid sont:

- produits animaux : viandes, poissons, lait et produits laitiers, œufs...

- produits végétaux : fruits et légumes frais.

- une toilette

Une toilette de **3 m²** sera aménagée dans chaque magasin pour les manutentionnaires.

- Parc animalier **6 m²**
- Pièce pour dépouille mortel **6 m²**
- Coffre-fort ou chambre forte **14 m²**
- Quai fixe

Il existe aussi des quais fixes munies des roulettes pour entreposer les marchandises palettisées (palette spécialisé pour leur transport dans l'avion), ils sont au nombre de dix dans le magasin export et a pour dimension **4 x 2,5**. Mais on estimera en avoir 15 en 2035. La surface totale est donc de **150 m²**.

$$S_{TECH} = 647,7 \text{ m}^2$$

4^{ème} étape : Recherche de la surface des allées de circulation (S_{AC}):

Supposons que la surface de circulation est 20% de la surface totale

$$S_{AC} = \frac{x\%(S_{STO} + S_{TECH})}{(1 - x\%)}$$

$$S_{AC} = \frac{0,2(324,25 + 647,7)}{(1 - 0,2)}$$

$$S_{AC} = 324,05 \text{ m}^2$$

5^{ème} étape : Calcul de la surface totale

$$S_{TOT} = S_{STO} + S_{AC} + S_{TECH}$$

$$S_{TOT} = 648,5 + 647,7 + 324,5$$

$$S_{TOT} = 1620,25 \text{ m}^2$$

- Magasin IMPORT
- Magasin LOCAL

Les démarches sont les mêmes pour les 2 autres magasins donc leurs surfaces sera résumées par le tableau ci-dessous :

Tableau 1: Surface totale des magasins

		EXPORT	IMPORT	LOCAL	unité
allée de gerbage (AST)	Wa	1,985	1,985	1,985	m
	X	0,5	0,5	0,5	m
	b	1,2	1,2	1,2	m
	a	0,2	0,2	0,2	m
	AST	3,89	3,89	3,89	m
surface de stockage (S_{STO})	F	0,8	0,8	0,8	m
	P	1,2	1,2	1,2	m
	N	400	400	200	U
	G	2	2	2	U
	Ssto	648,50	648,50	324,25	m²
surface technique (STECH)	Parc à chariots	6,5	6,5	2,8	m ²
	Garage pour les engins de manutention	7,8	7,8	7,8	m ²
	Scanner	21,4	21,4	0	m ²
	commande du scanner	8	8		m ²
	chambre froide	75	75	50	m ²
	parc animalier	6	6	6	m ²
	dépouille mortel	6	6	0	m ²
	chambre forte	14	14	0	m ²
	toilettes	3	3	3	m ²
	Quai fixe	150	100	50	m ²
	surface de reserve	350	350		m ²
	Stech	647,7	597,7	119,6	m²
	allées de circulation (S_{AC})	x	20	20	20
Sac		324,05	311,55	110,96	m²
total		1620,25	1557,75	554,81	m²
surface du magasin		3732,81			m²

6.2 Les bureaux

L'espace de travail comprend une pièce, individuelle ou partagée, ainsi que l'ensemble des mobiliers et équipements dédiés. La surface libre à la disposition de chaque travailleur à son poste de travail doit être **9 m²** au minimum, indépendamment de la nature du travail à effectuer.

On tiendra compte, en sus, les aspects suivants:

- l'accès au poste de travail
- l'espace de mouvement minimum nécessaire au déroulement du travail.

Selon la norme, *NF X 35-102*, les Surfaces minimales souhaitables sont:

- 10 m² pour une personne ;
- 12 m² pour deux personnes ;
- 21 m² pour trois personnes ;
- 32 m² pour quatre personnes ;
- 45 m² pour cinq personnes ;
- Etc.

a) Bureaux de l'Air Madagascar

L'air Madagascar, exploitation fret dispose 76 personnels :

- Directeur commerciale fret : **10 m²** ;
- Customer MD : **10 m²** ;
- Administration MD : **82 m²** ;
- Section EXPORT :
 - Deux chefs de section : **12,75 m²** ;
 - Un chef de service : **12,75 m²** ;
 - Un Chef de groupe et deux agents (2 comptoirs et 1 bureau): **40 m²** ;
 - Un Agent de réception : **9m²** (Dans le Magasin) ;
- Section IMPORT :
 - Un agent d'arrivé : **9m²** ;
 - Réception : **15m²** (dans le magasin) ;
 - Chef de groupe : **9m²** (dans le magasin) ;
- Section LOCAL :
 - Un chef d'agence : **15 m²** ;
 - Un comptoir + Un bureau pour trois personnes : **70m²** ;
- Bureau A1 : **40 m²** ;
- Bureau A2 : **10 m²** ;

- Bureau A3 : 12, 75 m² ;
- Bureau A4 : **32 m²** ;
- Comptoir pour deux personnes : **45m²**.

b) Bureaux de l'ADEMA

L'ADEMA a 5 personnels dont quatre sont des contrôleurs et une, caissière. Ils auront donc une surface de **12 m²** pouvant accueillir deux personnes.

c) Bureaux du Samada

Quant au Samada, ils ont 14 employé dont 12 travaillent dans le magasin et 2 dans un bureau. Ainsi, ils auront besoin d'une surface de **12m²**.

d) Bureaux de la douane

Ils ont 60 personnels qui se répartissent sur:

- Un bureau d'un inspecteur de douanes ou receveur : **15 m²** ;
- Un bureau d'une coordinatrice : **10m²** ;
- Un bureau du chef commercial : **10m²** ;
- Un bureau D1 : **30m²** ;
- Un bureau D2 : **45m²** ;
- Un comptoir D3 : **70m²** ;
- Un bureau D4 : **40m²** ;
- Un bureau D5 : **47,84m²** ;
- Un bureau D6 : **47,84m²** ;
- Un bureau D7 : **52,5m²**.

e) Bureaux des transitaires

Actuellement, il y a **11 transitaires**, en moyenne un transitaire dispose 20 personnels mais à cause de l'infrastructure insuffisante certains de leurs personnels sont obligés de travailler ailleurs.

- Chef Transit : le chef aura un seul bureau de 15 m²
- Bureau : le reste des personnels seront mis dans une pièce de 80 m².
- Magasin : chaque transitaire dispose d'un magasin de stockage d'une surface de 52 m² environ.

Un transitaire occupera donc une surface de 150m² à peu près. On évaluera une trentaine de transitaires à l'horizon de 2035 donc les bureaux des transitaires sera de **3750 m²**.

6.3 Une salle de réunion

Selon la norme *AFNOR NF X 35-102* Dimension des espaces de travail en bureau, voici deux modèles de dimension d'une salle de réunion :

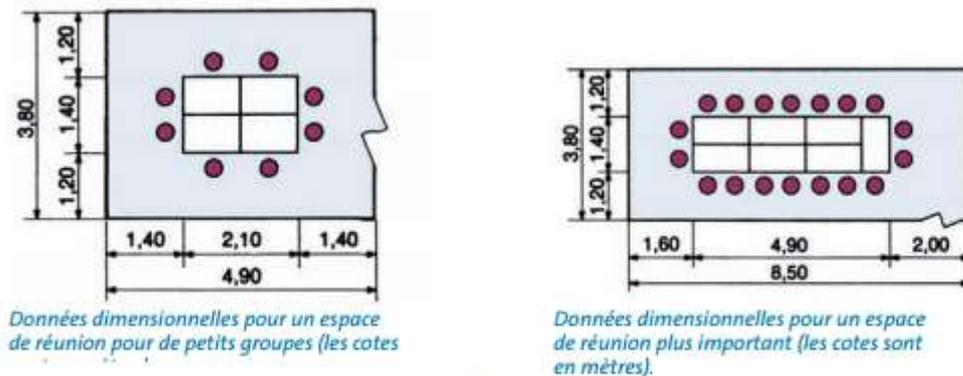


Figure 18: Norme de dimension

Donc, en se référant aux deux modèles, on aura besoin d'une salle de **36 m²** (3,8 x 9,5) pour accueillir une vingtaine de personnes à peu près.

6.4 Un local de groupe électrogène

Un groupe électrogène sera installé dans l'enceinte en cas de coupure d'électricité. Cette pièce ne doit abriter que les générateurs, son accès sera interdit au public et réservé au personnel autorisé par les responsables du site. Le volume de la zone réservée à un groupe électrogène doit être défini en fonction des valeurs suivantes :

Tableau 2: Groupe électrogène

Puissances en kVA	Dimensions en mètre	Dimensions du volume utile en m.	Volume utile en m ³ .	Volume minimum en m ³ en
40	Long : 2 Larg : 0,8 Haut : 1,20	Long : 4 Larg : 2,8 Haut : 3	33,6	20
60	Long : 2,50 Larg : 0,8 Haut : 1,50	Long : 5 Larg : 3 Haut : 3	45	30
100	Long : 3 Larg : 1 Haut : 1,60	Long : 6 Larg : 4 Haut : 4	96	50
120	Long : 3,50 Larg : 1 Haut : 1,7	Long : 7 Larg : 4 Haut : 4	112	60

Mais comme la valeur de puissances consommée n'est pas encore définie, prenons une surface de **30 m²** (7,5x4) pour recevoir ce groupe électrogène.

6.5 Un local pour caméra de surveillance

Il nous faut deux personnes pour assurer ce rôle de surveillance. On établira donc une pièce pouvant accueillir deux bureaux et les matériels correspondant à cela c'est-à-dire d'une surface de **40 m²**.

6.6 Les toilettes

Des toilettes seront aménagées pour les Personnels et les Clients.

Tableau 3: Dimension toilette

	WC (0,9X1, 60)		Pissoir (1,02X1, 60)	
	RDC	ETAGE	RDC	ETAGE
DAME	8	7	0	0
HOMME	6	5	2	2
	20,16	17,28	3,26	3,26
	43,97 m²			

6.7 Cage d'ascenseur

Pour faire monter les marchandises au 1er étage, on aura deux monte-charge de **10,77 m²** (3 x 3,59) chacun pour pouvoir recevoir une palette. Donc on aura une surface totale de **21,54 m²**.

6.8 Quai de Livraison

Il s'agit d'un dégagement à la sortie de chaque magasin dont le public a accès, pour déposer et recevoir leurs marchandises. Il faut donc prévoir le bâtiment entier au niveau du seuil de chargement du camion (environ 1200 ou 1300 mm).

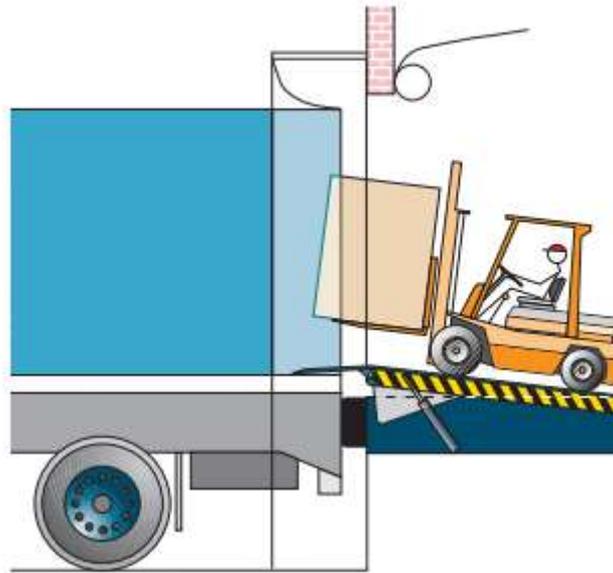


Figure 19: *Quai de livraison*

L'utilisation de l'espace autour du bâtiment pour la mise à quai des camions doit tenir compte des points suivants :

- zone d'accès des camions;
- zone d'attente pour un camion qui ne peut être chargé ou déchargé directement;
- sens de rotation.

Lors de la conception d'un nouveau quai, il est important de tenir compte aussi des dimensions des camions ainsi que de la distance nécessaire entre les quais.

a) Distance entre camions

La distance minimale d'axe en axe est de 3,5 m. La distance recommandée est de 4 m.

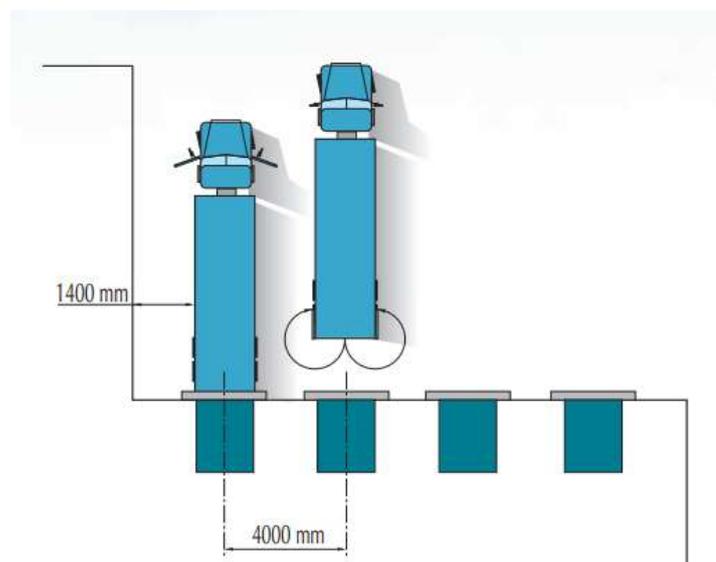


Figure 20: *Distance entraxe des camions*

b) La hauteur des quais

Elle se dimensionne en fonction des types de camions et des appareils de manutention à utiliser. Mais, la hauteur optimale est de **3m**.

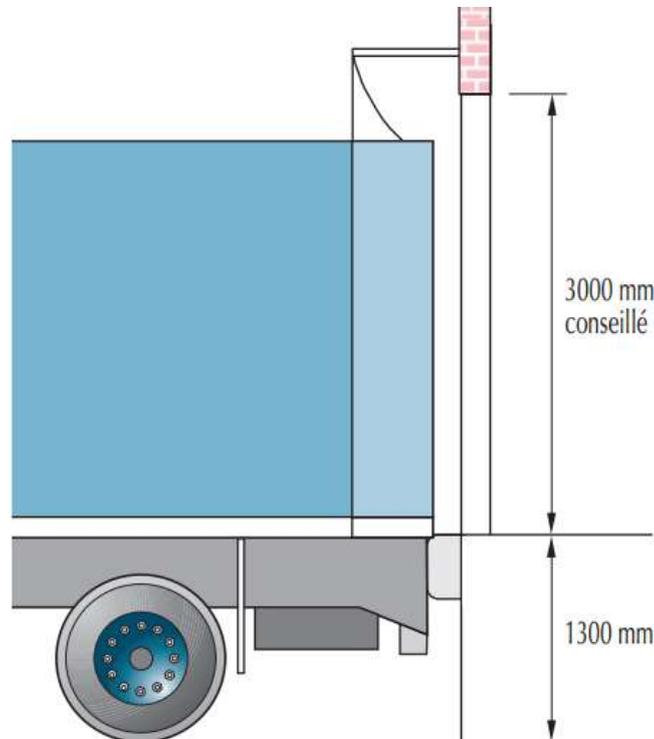


Figure 21: *Hauteur d'un quai*

c) La largeur des quais

Pour pouvoir manutentionner les marchandises, il nous faut une ouverture de quai de **6m** de largeur et une longueur de **15 m**.

6.9 Vestiaires

On exige des tenues spéciales pour certains personnels, deux pièces d'une surface totale de **26 m²** seront réservées pour cela.

7. Hauteur sous plafond

7.1 Magasin

La hauteur sous plafond des magasins est de 6,2 m.

7.2 Bureau

La hauteur sous plafond des autres pièces est fixé à 3,2 m en RDC et 3 m à l'étage.

PARTIE II:
ETUDE TECHNIQUES

Chapitre IV:

Prédimensionnement de la Superstructure

Le prédimensionnement consiste à dimensionner préalablement les dimensions des éléments de la structure du bâtiment. Ce calcul est indispensable pour effectuer la descente des charges. Notons qu'il y a des cas où l'aspect architectural nous oblige à imposer a priori certaines dimensions. En outre, il est préférable de donner à un type d'élément porteur les mêmes dimensions pour réduire le coût du montage et du démontage.

1. Les Planchers

Un plancher est une partie horizontale de la construction séparant deux niveaux d'un bâtiment, capable de supporter des charges et de les transmettre aux éléments porteurs horizontaux et/ou verticaux de l'ossature.

1.1 Types de planchers :

Il y a plusieurs variétés de plancher selon les matériaux : en bois, bois-béton, acier-béton, béton armé, etc.

En béton armé seulement, on peut citer :

- Les planchers avec prédalle ;
- Les planchers à entrevous ;
- Les planchers nervurés ;
- Les planchers à poutres croisées et planchers-caissons ;
- Les planchers dalles pleines en béton armé coulé sur place ;
- Les planchers alvéolés.

1.2 Dimensionnement du plancher

Dans ce projet, nous choisissons le Plancher à hourdis pour des raisons économiques et techniques. Son utilisation permet d'une part, d'économiser énormément de béton grâce à l'utilisation des hourdis servant de coffrage pour le plancher et de réduire le volume de bois de coffrage, et d'autre part, le poids propre du plancher est plus léger. Ce type de Plancher est aussi idéal pour une bonne isolation phonique et thermique.

L'épaisseur e du plancher est donnée par la relation :

$$\frac{l_x}{25} \leq e \leq \frac{l_x}{20}$$

Donc $0,19 \leq e \leq 0,23$.

→ L'épaisseur du plancher sera prise égale à **$e = 0,20\text{m} = 20\text{cm}$**

Ces planchers sont surmontés d'une dalle de béton armé appelée « Dalle de compression » d'au moins 4 cm d'épaisseur au droit des entrevous et 3 cm au droit des poutrelles. L'épaisseur de l'Hourdis est de **16 cm**. Donc, nous avons une Dalle de compression de **4 cm** d'épaisseur.

2. Les poutres

Une poutre est un élément qui assure une transmission horizontale, soit à une poutre, soit à un élément porteur vertical, des charges qui lui sont appliquées. Par conséquent, elle est soumise à des sollicitations de moment de flexion et d'effort tranchant. Nous allons prendre comme section droite de notre poutre une section rectangulaire ; c'est la forme la plus courante. La hauteur totale h d'une poutre quelconque est déterminée par la condition de rigidité ou non déformabilité des poutres.

2.1 Hauteurs des poutres

La hauteur des poutres est définie par : $\frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10}$.

Pour des raisons d'esthétique et de facilité de mise en œuvre la hauteur des poutres sera uniformisée pour les poutres transversales comme celle des poutres longitudinales. Le dimensionnement se porte donc sur les poutres de grandes portées.

→ Poutres longitudinales : $\frac{4,65}{15} \leq h \leq \frac{4,65}{10}$ [m] ; on trouve **$0,31 \leq h \leq 0,46$** [m],

soit $h = 40$ cm

→ Poutres transversales : $\frac{4,77}{15} \leq h \leq \frac{4,77}{10}$ [m] ; on trouve **$0,32 \leq h \leq 0,48$** [m],

soit $h = 45$ cm

2.2 Largeurs des poutres

La largeur b doit vérifier la règle de bonne construction suivante : $0,3h \leq b \leq 0,4h$.

Nous déduisons : $0,14 \leq b_0 \leq 0,18$ [cm].

Afin de faciliter la mise en œuvre et de garder la conformité avec le mur, nous fixons la base de toutes les poutres à **$b = 22\text{cm}$** dans les sens transversal et longitudinal du bâtiment.

Tableau 4: Prédimensionnement des poutres

Poutres	Section (cm ²)
Longitudinale	22X40
transversale	22X45

3. Les poteaux

Pour le prédimensionnement du poteau, on pose les hypothèses suivantes :

- les poteaux travaillent en compression centrée ;
- les efforts verticaux sont équilibrés par la section réduite du béton ;
- la durée d'application des charges est plus de 24h : $\Theta = 1$;
- la caractéristique du béton : dosé à 350Kg/m³ de CEM I 42.5, alors $f_{c28} = 25\text{MPa}$.

La section du poteau est déterminée par la relation suivante :

$$B = a \times b \geq \frac{N}{0.9 \times \sigma_{bc}}$$

Avec B : section du poteau.

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

γ_b : Coefficient de sécurité partiel pour les combinaisons fondamentales qui est égale à 1.5

σ_{bc} : Contrainte de compression admissible par le béton

On a : $\sigma_{bc} = 14.17 \text{ MPa}$

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

Avec :

N : effort normal de compression ;

n : nombre de niveaux supportés par le poteau ;

q : surcharge au m² supporté par le plancher, elle est comprise entre 1T/m² et 1.5T/m² ;

S : la plus grande surface d'influence sur le poteau en m².

Prenons comme valeur de q la charge maximal, on a donc $q = 1.5\text{T/m}^2$.

$$S = 4.14 \times 3.71$$

$$S = 15.36 \text{ m}^2$$

Comme les poteaux doivent remplir la condition de non flambement, il faut que :

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

Où : l_f est la longueur de flambement du poteau

Et $l_f = 0.7 \times l_0$ car le poteau est encastré à ses extrémités

l_0 : Longueur libre du poteau ($l_0 = 3\text{m}$)

On a : $l_f = 2.10\text{ m}$

→ Calcul de a

Pour les poteaux à section rectangulaire a x b ; avec $a \leq b$

$$a \geq \frac{\sqrt{12}}{35} * l_f$$

On a : $a \geq 20\text{ cm}$.

Prenons a = 0.20 m

→ Vérification au flambement

Donc la condition de non flambement est vérifiée : $\frac{l_f}{a} = 10.5 \leq 14.4$.

Tableau 5: Predimensionnement des poteaux

Etage	n	S [m ²]	Nu [MN]	B= ax b [m ²]	b [cm]
RDC	2	15,36	0,61	0,05	22

4. Escalier

Il s'agit d'un escalier à deux volets. La hauteur plancher à plancher est égale à 3,2 m.

Soient :

H : la hauteur à franchir ;

h : la hauteur du contre marche ;

G : la largeur des marches ;

L : l'emmarchement ;

N : le nombre de la contremarche ;

e : l'épaisseur de la paillasse.

Pour un escalier d'étage :

→ h doit être comprise entre **16,5** et **17,5** cm ;

→ G entre **27** à **30** cm.

A part cela, la *Formule de Blondel* doit être aussi vérifiée : $2H + G = 60$ à 64 cm .

→ Hauteur à franchir :

$H = \text{Hauteur sous plafond} + \text{épaisseur du plancher}$

$$H = 3 + 0,2 = \mathbf{3,2 \text{ m}}$$

→ Nombre de la contremarche

Posons $h = 17 \text{ cm}$, alors :

$$N = \frac{H}{h}$$

$$N = \frac{H}{h} = \frac{3,20}{0,17} = 19,41 \approx 20$$

→ Largeur des marches

$$2h + G = 62$$

$$G = 62 - (2 \times 16)$$

$$G = 32 \text{ cm}$$

→ Emmarchement

Il s'agit d'un bâtiment public donc le nombre d'utilisateurs est estimé à plus de 100, on aura donc trois escaliers avec $L = 1,40 \text{ m}$.

→ Largeur du palier

Elle doit être $1,2 \times L$ donc elle est égale à $2,35 \text{ m}$.

→ Epaisseur de la paillasse

Elle doit être comprise entre 8 et 12 cm, prenons $e = 0,12 \text{ m}$

Tableau 6: Predimensionnement escalier

H	h	N	G	L	e	
3,20	0,16	20	0,32	1,4	0,12	en mètre

Chapitre V:

Evaluations des Actions

1. Les charges permanentes G

Les charges permanentes sont obtenues à partir des dimensions géométriques des éléments et des ouvrages, déduites des plans et des poids volumiques des matériaux constituant.

1.1 Poids des matériaux

- Béton armé: 2500 daN/m³ ;
- Béton ordinaire: 2200 daN/m³ ;
- Brique de verre 190x190x80 : 57,5 daN/m² ;
- Chape et revêtement: 100 daN/m² ;
- Enduit en mortier de liant hydraulique par cm: 18 daN/m² ;
- Fer à vitrage : 6 daN/m² ;
- Lierne en IPE 80: 6 daN/ml ;
- Panne en IPE 220: 26,2 daN/ml ;
- Tôle galvanisée :10 daN/m² ;
- Verre 2500 : daN/m².

1.2 Poids des éléments de construction

Tableau 7: Inventaire des charges permanentes

Eléments de structures	Désignations	Charges	Unités
toiture	couverture: tôle galvanisée galvabac	10	daN/m ²
	structure de couverture (Pannes, Liernes)	12	daN/m ²
	Ferme Métallique	15	daN/m ²
	Sous-total	37	daN/m²
Planchers en BA	Plancher avec entrevous en terre cuite	300	daN/m ²
	carrelage	33	daN/m ²
	enduit de ciment 1,5cm	30	daN/m ²
	faux plafond et accessoires	10	daN/m ²
	Sous-total	373	daN/m²
Murs	briques pleines 22cm d'ép.	400	daN/m ²
	enduit au mortier de ciment 1cm sur les 2 faces	60	daN/m ²
	Sous-total	460	daN/m²

Cloisons	briques pleines enduites sur les 2 faces 11cm d'ép.	200	daN/m ²
	enduit au mortier de ciment 1cm sur les 2 faces	60	daN/m ²
	Sous-total	260	daN/m²
escalier RDC	béton armé	585	daN/m ²
	enduit de ciment 1,5cm	30	daN/m ²
	Sous-total	615	daN/m²
Poutres	béton armé	2500	daN/m³
Poteaux	béton armé	2500	daN/m³

2. Les Surcharges d'exploitation Q

Les charges d'exploitation sont définies en fonction des futures utilisations des locaux. Selon la nature des locaux, la norme NF P 06-001 nous donne les valeurs suivantes :

Tableau 8: Inventaire des Charges d'exploitation

Type		Charges	Unités
toiture	poussière	20	daN/m ²
	entretien	100	daN/m ²
sous-total toiture		120	daN/m²
Escaliers et corridors		400	daN/m²
Salles d'eau		250	daN/m²
Bureaux		250	daN/m²
Magasins		800	daN/m²

3. Les Surcharges climatiques

Ces surcharges regroupent les effets de la neige, les effets du vent, et les effets des séismes.

3.1 Les effets de la neige

Les effets de la neige et du vent sont codifiés dans la Documentation Technique Unifiée « Règles N V 65 », le texte a été modifié et complété par des annexes en 1967. Heureusement la neige n'existe pas chez nous à Madagascar.

3.2 Les effets du vent W

La direction du vent est supposée horizontale. L'action exercée sur les parois d'une construction fermée s'applique normalement sur le côté extérieur, et en raison de la porosité de ces parois, elle agit indirectement sur les parois intérieures. Elle est fonction :

- de la vitesse du vent;
- de la catégorie de la construction et de ses proportions d'ensemble;

- de l'emplacement de l'élément considéré dans la construction et de son orientation par rapport au vent;
- des dimensions de l'élément considéré;
- de la forme de la paroi (plane ou courbe) à laquelle appartient l'élément considéré.

a) Les pressions dynamiques

Ce sont les pressions qui s'exercent à une hauteur de 10m au-dessus du sol pour un site normal. Par définition, la pression dynamique q en daN/m² est donnée en fonction de la vitesse v en m/s par la formule :

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

Cette pression dépend des zones d'implantation de la construction. Elle est donnée par les nouvelles Règles pour Construction Paracyclonique. Le site, se trouvant dans la région d'Analamanga fait partie de la zone 3. Les pressions dynamiques correspondantes sont :

- 124 daN/m², valeur normale ;
- 217 daN/m², valeur extrême.

b) Les pressions dynamiques de base corrigées :

Les pressions dynamiques de base subissent des variations à cause des effets citées ci-après : la nature du site d'implantation, de la hauteur, des dimensions et l'entourage de l'ouvrage. Ainsi, Elles seront affectées des coefficients dues à ces effets. Elles s'obtiennent par la formule :

$$q_d = q_b \times c_s \times c_h \times c_m \times \delta$$

Avec :

- q_b : Pression dynamique de base ;
- c_s : effet de site ;
- c_h : effet de hauteur ;
- c_m : effet de masque ;
- δ : effet de dimension.

c) Effet du site C_s

En tenant compte de la nature du site d'implantation. Les valeurs des pressions dynamiques de base normale et extrême doivent être multipliées par un coefficient de site C_s . Notre site se trouve à Ivato, il ne présente pas de dénivellation importante, nous supposons alors qu'il s'agit d'un site normal. D'où $C_s = 1$.

d) Effet de hauteur C_h

Le coefficient correcteur apporté par l'effet de la hauteur sur la pression dynamique de base est donné par la formule suivante selon NV 65 RIII 1241, pour une construction de hauteur inférieure à 500 m.

$$C_h = \frac{q_H}{q_{10}} = 2.5 \frac{H + 18}{H + 60}$$

Où :

- q_H : Pression dynamique à la hauteur H ;
- q_{10} : Pression dynamique à une hauteur de 10m ;
- Ici, H= 6 m, hauteur du bâtiment ;
- $C_h = 0,91$.

e) Effet de masque C_m

Pour notre sécurité nous supposons qu'aucun bâtiment ne masque partiellement ou totalement notre construction, donc il n'y a pas d'effet de masque. D'où, **$C_m = 1$** .

f) Effet de dimension δ

C'est un coefficient qui réduit les pressions dynamiques de base. Il dépend de la hauteur et de la plus grande surface du bâtiment offert au vent. Selon le diagramme NV 65-RIII.2, on peut prendre pour Antananarivo, une valeur moyenne de **$\delta = 0,71$** .

Nous avons alors :

- $q_d = 80,04 \text{ daN/m}^2$, valeur normale ;
- $q_d = 140,06 \text{ daN/m}^2$, valeur extrême.

3.3 Effet des séismes

Les secousses sismiques imposent aux constructions des accélérations particulières pouvant atteindre l'ordre de grandeur de la gravité : $9,81 \text{ m/s}^2$. Les efforts qui en résultent peuvent s'exercer en plan selon une direction quelconque qui peut être oblique sur la verticale. On peut donc concevoir deux composantes, l'une verticale, l'autre horizontale. On ne tient compte, en général pour les calculs de construction que de la composante horizontale.

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

G : charges permanentes

Chapitre VI:

Descente des Charges

1. Objectifs

La Descente des charges a pour but l'évaluation des actions de pesanteur permanente et variable, les charges climatiques et l'effet du séisme permettant le calcul

- des poteaux ou des appuis ;
- et de leurs fondations.

C'est-à-dire calculer pour chaque élément vertical les charges reprises, en partant de l'étage le plus haut et les cumuler jusqu'à la fondation.

2. Démarche de calcul

- Faire l'inventaire des charges qui s'appliquent sur la superstructure ;
- Calculer la surface d'influence supportée par chaque poteau ;
- Evaluer les charges sur chaque surface et pour chaque niveau, les cumuler ;
- Se baser sur la norme en vigueur pour le calcul des charges :
 - Les poids volumiques, surfaciques et unitaires des matériaux ;
 - Les surcharges d'exploitation des locaux.

3. Schéma de Calcul

Prenons par exemple la file E. Dans la pratique il faut effectuer la descente des charges de tous les poteaux afin de bien dimensionner la fondation.

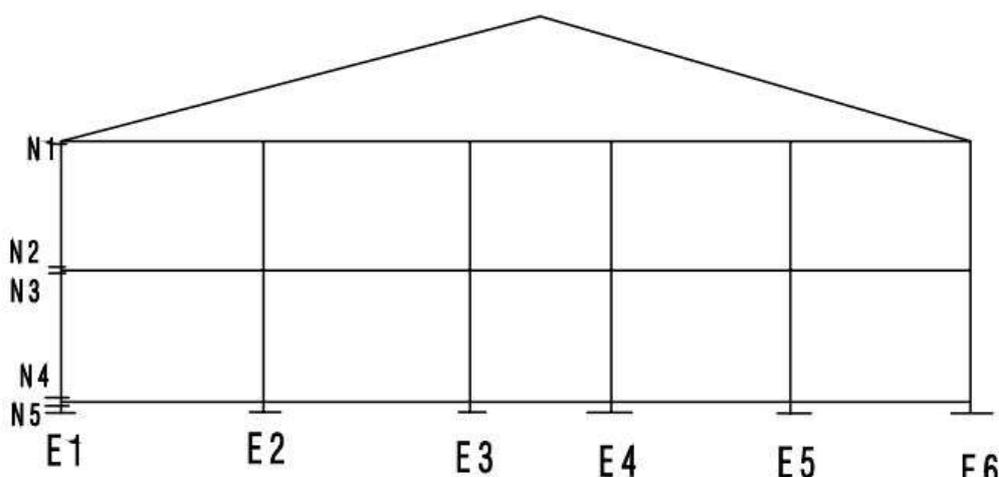


Figure 22: Coupe

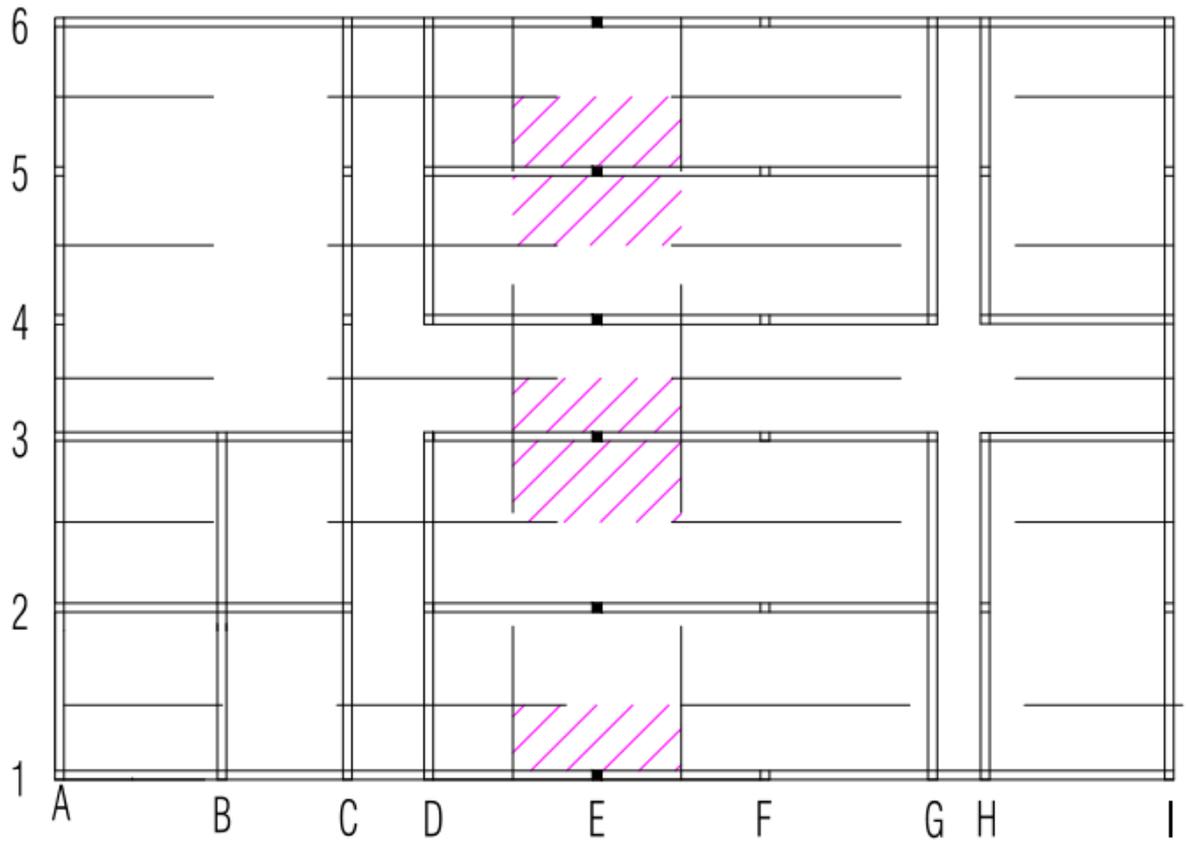


Figure 23: *Surface d'influence*

4. Descente des Charges

4.1 Descente des charges dues aux charges verticales

a) Charges permanentes G:

Tableau 9: Descente des charges permanentes

Poteau	Niveau	Désignation	L(m)	l(m)	h(m)	Poids unitaire (daN/m ² ou daN/m ³)	Poids total (daN)
E2	N1	toiture	4,66	5,11		32	762
		poutre long	4,66	0,22	0,4	2500	1025
		poutre trans	5,11	0,22	0,45	2500	1265
						N1=	3052
	N2	venant de N1					3052
		poteau	0,22	0,2	3	2500	330
						N2=	3382
	N3	venant de N2					3382
		Plancher	4,66	5,11		340	8096,284
		poutre long	4,66	0,22	0,4	2500	1025
		poutre trans	5,11	0,22	0,45	2500	1265
		mur de remplissage	4,66		3,15	460	6752,34
						N3=	20520
	N4	venant de N3					20520
		poteau	0,22	0,2	3	2500	330
						N4=	20850
	N5	venant de N4					20850
		Plancher	4,66	5,11		340	8096,284
		Longrines	4,66	0,4	0,4	2500	1864
		poutre trans	5,11	0,22	0,5	2500	1405
		mur de remplissage	4,66		3,15	460	6752,34
						N5=	38968

b) Récapitulation par niveau

Tableau 10: Récapitulation de la valeur de G

Niveau	E1	E2	E3	E4	E5	E6
1	1751	3052	2616	2497	2667	1799
2	2501	4402	3966	3847	4017	2549
3	13631	21540	19089	18421	19379	13898
4	13796	21810	19359	18691	19649	14063
5	25815	39928	35432	34205	35963	26306

c) Charges d'exploitation

Tableau 11: Charges d'exploitation

POTEAU E2				
Niveau	désignation	Surface	Poids (daN)	TOTAL
N1 et N2	Toiture	23,81	120	2857,51
	Total			2857,51
N3 et N4	venant de N1 et N2			2857,51
	bureau	23,81	250	5953,15
	Total			8810,66
N5	venant de N3 et N4			8810,66
	bureau	23,81	250	5953,15
	Total			14764

d) Récapitulation par niveau

Tableau 12: Récapitulation de la valeur de Q

Niveau	E1	E2	E3	E4	E5	E6
N1 et N2	1023,34	2857,51	2242,392	2074,63	2315,09	1090,44
N3 et N4	3155,29	8810,66	7671,292	7142,38	7138,19	3362,19
N5	5287	14764	13548	12657	11961	5634

4.2 Descente des charges dues aux charges Horizontales

a) Détermination du centre de gravité des poteaux pour chaque niveau

Le centre de gravité se détermine par : $X_G = \frac{\sum x_i S_i}{\sum S_i}$.

Pour le calcul, on va considérer le cas du niveau du R+1.

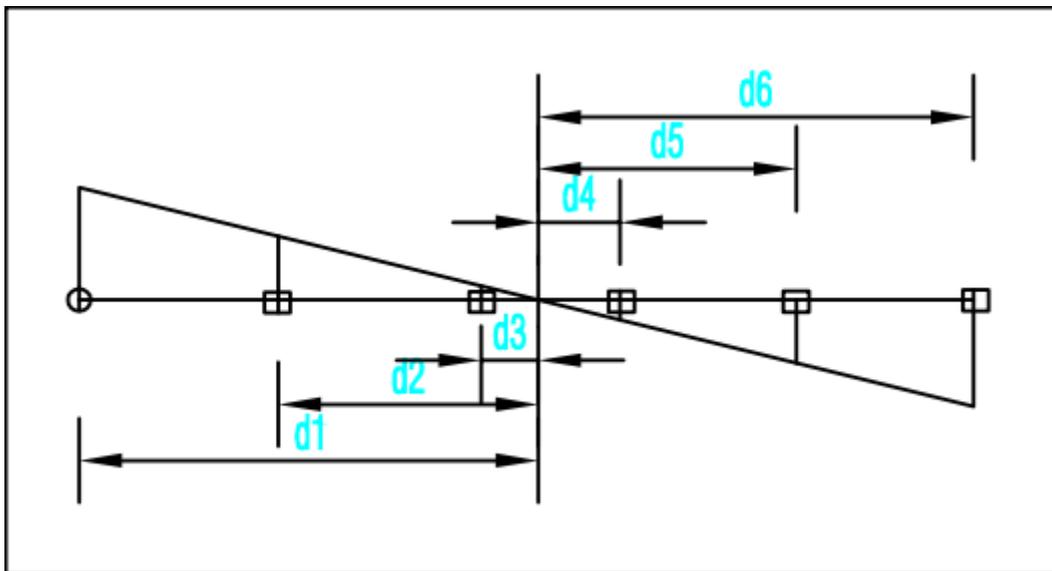
Le calcul de la position du centre de gravité par rapport à D1 est résumé dans le tableau suivant :

Tableau 13: Valeur de di

	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Si	0,02	0,04	0,04	0,04	0,04	0,02
OGi	0,00	4,67	9,44	12,70	16,84	21
OG(m)	10,78					

D'où la position du centre de gravité $X_G = \frac{\sum x_i S_i}{\sum S_i} = 10,78 \text{ m}$.

b) Les distances di entre poteaux et G et Calcul du moment d'inertie

Figure 24: Distance des poteaux par rapport à G**Tableau 14:** Valeur du moment d'inertie

	si [m ²]	di [m]	Sidi	Si di ² [m ⁴]
E1	0,04	10,78	0,47	5,11
E2	0,04	6,11	0,27	1,64
E3	0,04	1,34	0,06	0,08
E4	0,04	1,92	0,08	0,16
E5	0,04	6,06	0,27	1,62
E6	0,04	10,22	0,45	4,60
Somme Si	0,26		I=	13,21

c) Descente des charges

Tableau 15: Effet du vent par niveau

Niveaux	H [m]	$M = L q$ $h^2/2$	F1 [daN]	F2 [daN]	F3 [daN]	F4 [daN]	F5 [daN]	F6 [daN]
N1	3	2937	105	60	13	19	59	100
N2 et N3	6	11748	422	239	52	75	237	400
N4 et N5	9	26434	949	538	118	169	534	900

4.3 Descente des charges totale

Selon les règles BAEL91 révisées 99, il faut tenir compte de deux combinaisons d'actions :

- A l'ELU (Etat Limite Ultime) : $1,35G + 1,5Q + W$;
- À l'ELS (Etat Limite de Service): $G + Q + 0,77W$.

Ces deux combinaisons obtenues, elles devront être minorées de 10% pour les poteaux près de ceux de rive et majorées de 15% pour les poteaux centraux.

Tableau 16: Combinaison d'action à L'ELU et ELS

E1	G	Q	W	ELU	ELS	0,9ELU	0,9ELS
N1	1751	1023,34	105	4004	2856	3604	2570
N2	2081			3231	2406	2908	2165
N3	13211	3155,29	422	22568	16366	20311	14730
N4	13541			19229	14272	17307	12845
N5	25560	5287	949	42437	30847	38193	27762

E2	G	Q	W	ELU	ELS	1,1ELU	1,1ELS
N1	3052	2857,512	105	8512	5991	9363	6590
N2	3382			4805	3621	5285	3983
N3	20520	8810,662	239	40919	29331	45011	32264
N4	20850			28686	21388	31555	23527
N5	38968	14764	538	74753	53732	82228	59105

E3	G	Q	W	ELU	ELS	1,1ELU	1,1ELS
N1	2616	2242,392	13	6908	4868	7599	5355
N2	2946			4029	2986	4432	3285
N3	18069	7671,292	52	35900	25740	39490	28314
N4	18399			24957	18490	27452	20339
N5	34472	13548	118	66858	48019	73544	52821

E4	G	Q	W	ELU	ELS	1,1ELU	1,1ELS
N1	2497	2074,63	19	6501	4586	7151	5044
N2	2827		75	3891	2885	4280	3173
N3	17401	7142,38		34204	24543	37625	26997
N4	17731		12657	36594	27477	40253	30224
N5	33245	12657		63867	45903	70254	50493

E5	G	Q	W	ELU	ELS	1,1ELU	1,1ELS
N1	2667	2315,09	59	7133	5028	7846	5531
N2	2997		237	4283	3180	4712	3498
N3	18359	7138,19		35492	25497	39041	28047
N4	18689		534	25764	19100	28340	21010
N5	35003	11961		65196	46964	71716	51661

E6	G	Q	W	ELU	ELS	0,9ELU	0,9ELS
N1	1799	1090,44	100	4164	2966	3747	2669
N2	2129		400	3274	2437	2946	2193
N3	13478	3362,19		23239	16841	20915	15156
N4	13808		900	19541	14501	17587	13051
N5	26051	5634		43619	31684	39257	28516

Chapitre VII:

Etude de la Superstructure

L'étude de la superstructure est indispensable dans une construction c'est-à-dire calculer les sollicitations agissant sur la construction. Dans ce chapitre, notre but est de déterminer les actions qui agissent sur notre structure. Ainsi nous pourrions trouver les armatures exactes de chaque élément de la structure du bâtiment pour qu'il y ait équilibre au sein de notre ossature.

1. Détermination des sollicitations

1.1 Hypothèse de calcul :

Dans la détermination des sollicitations, les hypothèses suivantes sont importantes alors il faut les tenir en compte :

- Toutes les charges et les surcharges agissant sur le plancher se répartissent sur la surface par l'existence de la dalle pleine ;
- Les charges des cloisons sont considérées réparties uniformément suivant la dalle.

Pour le calcul des sollicitations de notre structure nous avons divers méthodes :

- Méthode de CROSS ;
- Méthode forfaitaire combinée avec celle de CAQUOT ;
- Méthode de rotation ;
- Etc.

Nous allons choisir la méthode de CROSS car elle est basée sur la théorie des poutres.

1.2 Principe de calcul

La méthode de HARDY CROSS permet de calculer les moments fléchissant et les efforts tranchants aux appuis et en travée exercée dans un système hyperstatique à nœuds rigide sous l'action des forces extérieures. Selon la méthode, nous commençons par déterminer les moments sur les appuis par les équations des trois moments. Puis au moyen d'approximations successives, on détermine les moments fléchissant aux extrémités qui sont donnés par la formule suivante :

$$M(x) = \mu(x) - M_{AB} + \frac{M_{AB} + M_{BA}}{l} x$$

Avec :

- $M(x)$: Moment fléchissant au point d'abscisse x ;

- $\mu(x)$: Moment fléchissant lorsque cette barre est supposée sur des appuis simples à ses deux extrémités ;
- M_{AB} : Moment transmis par le nœud A à la barre AB ;
- M_{BA} : Moment transmis par le nœud B à la barre AB.

Les efforts tranchants dans une section quelconque de la poutre en fonction des moments transmis par les nœuds sont donnés par la formule suivante :

$$T(x) = \Theta + \frac{M_{AB} + M_{BA}}{l}$$

Avec :

Θ : Effort tranchant dans la poutre droite de même portée reposant sur deux appuis simples et supportant les mêmes charges. Ou :

$$\Theta = \frac{d\mu}{dx}$$

Dans le cas où la barre est soumise à des charges permanentes réparties, la formule précédente devient comme suit :

- Effort tranchant à droite de A :

$$T_{AB} = \frac{ql}{2} + \frac{M_{AB} - M_{BA}}{l}$$

- Effort tranchant à gauche de B :

$$T_{AB} = -\frac{ql}{2} + \frac{M_{AB} + M_{BA}}{l}$$

Avec q: charges uniformes réparties sur la travée AB.

1.3 Paramètre de base :

a) Moment d'inertie

Elle est donnée par la formule suivante :

- Pour une section rectangulaire : $I = \frac{bh^3}{12}$;

- Pour une section circulaire : $I = \frac{\pi D^4}{128}$.

b) La raideur de la poutre

La raideur d'une poutre est définie par :

- Si la poutre est encastree à ses extrémités : $R = \frac{I}{L}$;

→ Si la poutre est encadrée à une extrémité et articulée à l'autre : $R = \frac{3I}{4L}$;

→ Si la poutre est en console: $R = 0$.

Avec l : longueur de la poutre.

c) La raideur de la poutre

Elle est donnée par la formule suivante :

$$I = \frac{R_{ij}}{\sum R_{ij}}$$

Avec R_{ij} : Raideur des poutres aboutissant sur le nœud ij .

d) Moment réel

Le moment réel est déterminé à partir de la formule suivante :

$$M_r = M_0 + \sum_{i=1}^n k_i M_i$$

Avec :

- M_r : Moment réel dans la barre ;
- M_i : Moment dû au déplacement dans arbitraire du niveau i ;
- k_i : Coefficient obtenu en appliquant le principe de superposition des effets des forces, et la condition d'équilibre statique de la structure est la suivante :

$$H_0^j = T_0^j + \sum k_i \times T_i$$

- H_0^j : Somme des efforts horizontaux au-dessus du niveau j ;
- T_0^j : Somme des efforts tranchants des barres verticales au droit du niveau j ;
- T_i : Somme des efforts tranchants des barres verticales au droit du niveau j , dus au déplacement arbitraire du niveau i .

2. Evaluation des charges

2.1 La charge q

Tableau 17: Valeur de q

q (kN/ml)					
Travée	1	2	3	4	5
Etage	10,83	10,73	12,92	11,45	11,43
RDC	10,51	10,41	12,44	11,08	11,05

2.2 La charge due au vent

$$W = q_d * l$$

l est la largeur d'impact du vent : ici l= 4.66 m

$$q_d = 140.06 \text{ daN/m}^2$$

$$D'où W = 140.06 * 4.66 = \mathbf{6.53 \text{ KN/m}}$$

Chapitre VIII :

Dimensionnement des éléments en Béton armé

Les calculs seront conduits suivant les règles de calcul et de conception BAEL 91 modifiées 99.

1. Les états-limites de calcul :

- **Les états-limites ultimes (ELU)** : Ils correspondent à l'atteinte de la capacité portante maximale de la structure qui se manifeste par une perte d'équilibre statique. Ils mettent en jeu la sécurité des biens et des personnes.
- **Les états-limites de service (ELS)** : Ils sont liés aux conditions normales d'exploitation et de durabilité. Ils se concentrent à la condition de stabilité, fissuration excessive et la déformation excessive.

2. Etat limite d'ouverture des fissures

- La fissuration est considérée comme *Peu Préjudiciable* lorsque :
 - Les éléments en cause sont situés dans des locaux couverts et clos, non soumis (sauf exceptionnellement et pour de courtes durées) à des condensations ;
 - Les parements susceptibles d'être fissurés ne sont pas visibles ou ne font pas l'objet de conditions spécifiques concernant l'ouverture des fissures.
- La fissuration est considérée comme *Préjudiciable* lorsque les éléments en cause sont exposés aux intempéries ou à des condensations, ou peuvent être alternativement émergés ou noyés en eau douce (condition acceptée en accord avec le Maître de l'ouvrage) ;
- La fissuration est considérée comme *Très Préjudiciable* lorsque les éléments en cause sont exposés à un milieu agressif ou doivent assurer une étanchéité.

3. Dimensionnement de poutre :

Les poutres sont hyperstatiques. Etant donné que les efforts normaux sont assez minimes par rapport aux moments fléchissant et les efforts tranchants, alors on peut supposer qu'ils sont soumis à la flexion simple.

3.1 Choix de la poutre à étudier

Soit à étudier la poutre continue la plus sollicitée, celle du 1^{er} étage

3.2 Hypothèse de calcul

a) Caractéristiques du béton

- Ciment CEM I 42.5 ;
- Dosage 350 Kg /m³ ;
- Granulats : 5/15 et 15/25 ;
- Quantité d'eau 180 [L/ m³] ;
- Résistance à la compression à 28 jours d'âge environ $f_{c28} = 25$ MPa ;
- Résistance à la traction à 28 jours d'âge avec $f_{t28} = 0.6 + 0.06 f_{c28}$;
- D'où $f_{t28} = 2.1$ MPa ;
- Contrainte admissible de compression du béton $\overline{\sigma}_{bc} = 0.6 f_{c28} = 15$ MPa ;
- Résistance de calcul en compression à l'ELU f_{bu} donnée par la formule suivante:

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

- γ_b est le coefficient de sécurité partielle du béton dont la valeur est :
 - 1.5 pour une combinaison fondamentale comme dans ce cas;
 - 1.15 pour une combinaison accidentelle.
- Θ est un coefficient dépendant de la durée t d'application des charges dont la valeur est :
 - 0.85 si $t \leq 1$ h ;
 - 0.90 si $1 \text{ h} \leq t \leq 24$ h ;
 - 1 si $t \geq 24$ h.

Dans ce cas, $\Theta = 1$

D'où $f_{bu} = 14.17$ MPa.

b) Caractéristiques des aciers :

- Barres à haute adhérence Fe E 500 ;
- Limite d'élasticité $f_e = 500$ MPa ;
- $\gamma_s = 1.15$;
- $f_{cd} = \frac{500}{1.15} = 435$ MPa ;
- Fissuration peu préjudiciable ;
- Enrobage : 3 cm.

c) Données sur la section:

La section considérée est rectangulaire, elle est soumise à une flexion simple. Avec une fissuration considérée peu préjudiciable, le calcul des armatures sera conduit à l'ELU.

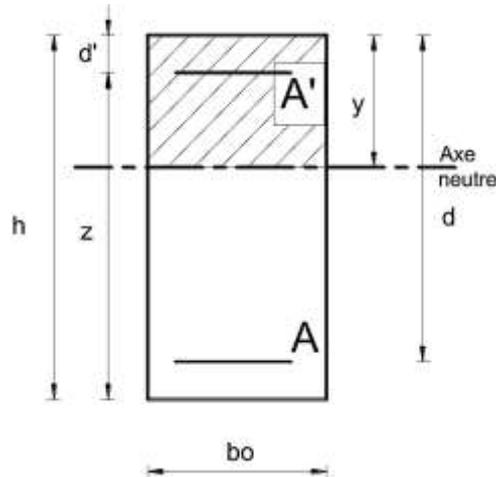


Figure 25: Donnée sur la section

Tableau 18: Caractéristique du béton et acier

Béton		Aciers	
ft28 [MN]	2,1	fe [MN]	500
fc28 [MN]	25	fed [MN]	435
h [m]	0,45		
bo [m]	0,22	Amin1[cm ²]	0,99
d [m]	0,405	Amin2[cm ²]	0,86
Θ	1		
fbu [MN]	14,17	Amin[cm ²]	0,99
d'[m]	0,023		

3.3 Principe de calcul

Les calculs seront déterminés à l'Etat Limite Ultime (ELU).

a) Armatures longitudinales

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

→ Si $\mu_{bu} < \mu_{lu}$, on a une Section à Simple Armature (SSA).

→ Si $\mu_{bu} > \mu_{lu}$, alors on a une Section à Double Armature (SDA).

Si on a :

→ Une Section à Simple Armature

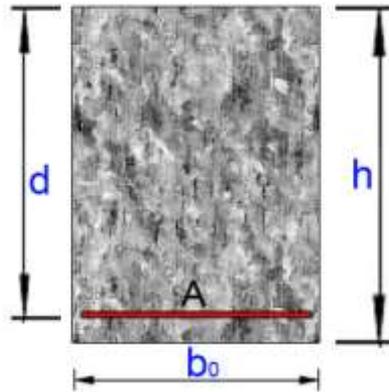


Figure 26: Section à simple armature

On a :

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

Avec :

$$\rightarrow f_{ed} = \frac{f_e}{\gamma_s} ;$$

$$\rightarrow z_b = d(1 - 0.4\alpha) ;$$

Alors, $\alpha = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_{bu}})$.

Condition de non-fragilité

$$A = \text{Max}\{A_u ; A_{min}\}$$

Avec :

$$A_{min} = \text{Sup} \left\{ \frac{b_0 h}{1000} ; 0.23 b_0 d \frac{f_{t28}}{f_e} \right\}$$

→ Une Section a Double Armature

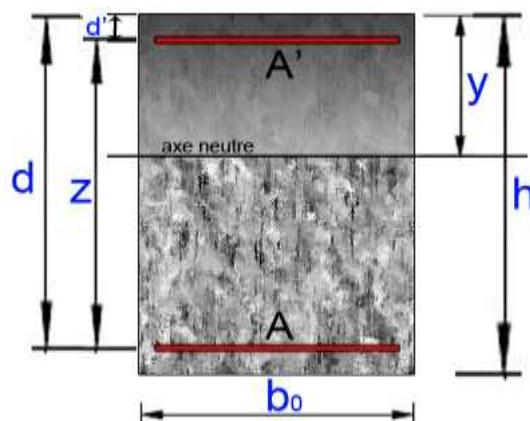


Figure 27: Section à double armature

On a :

$$\rightarrow A' = \frac{M_u - M_{lu}}{\sigma_{sce}(d - d')} ;$$

$$\rightarrow A = \frac{M_{lu}}{z_{bl} f_{ed}} + A' \frac{\sigma_{sce}}{f_{ed}}.$$

Avec :

$$\rightarrow M_{lu} = \mu_{lu} \times b_0 \times d^2 f_{bu} ;$$

$$\rightarrow z_{bl} = d(1 - 0.4\alpha_1).$$

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

$$\alpha_1 = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_{lu}})$$

$$\rightarrow \sigma_{sce} = 9\gamma \times f_{c28} - \frac{d'}{d}(13f_{c28} + 415)$$

$$\gamma = \frac{M_u}{M_{ser}}$$

b) Section des armatures

b-1) Armatures sur les appuis :

Nous avons 6 appuis, alors nous allons déterminer la section des armatures dans chacun d'eux.

En fonction des moments obtenus auparavant.

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

Tableau 19: Calcul des armatures sur appuis de la poutre

Appuis	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Mu [MN/m]	0,0182	0,04644	0,0409	0,02615	0,03591	0,01668
Mser	0,01398	0,03457	0,02306	0,01946	0,02898	0,0116
γ	1,302	1,343	1,774	1,344	1,239	1,438
μbu	0,036	0,091	0,080	0,051	0,070	0,033
μlu	0,237	0,250	0,389	0,250	0,217	0,281
(μbu ≤ μlu)?	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA

Section Simple Armature (SSA)						
α	0,045	0,119	0,104	0,066	0,091	0,041
Zb [m]	0,398	0,386	0,388	0,394	0,390	0,398
Au [cm ²]	1,05	2,77	2,42	1,53	2,12	0,96
A[cm ²]	1,05	2,77	2,42	1,53	2,12	0,99
choix	3HA8	3HA12	3HA12	3HA10	3HA10	3HA8
Sections A[cm ²]	1,5	3,39	3,39	3,39	3,39	1,5

b-2) Armatures en travées

Tableau 20: Calcul des armatures en travée de la poutre

Travées	E1E2	E2E3	E3E4	E4E5	E5E6
Mu [MN]	0,02767	0,01807	0,00615	0,014	0,02411
Mser	0,02056	0,01356	0,00441	0,011	0,01793
γ	1,346	1,333	1,395	1,341	1,345
μ_{bu}	0,054	0,035	0,012	0,028	0,047
μ_{lu}	0,251	0,247	0,267	0,249	0,25
	SSA	SSA	SSA	SSA	SSA
α	0,069	0,045	0,015	0,036	0,060
Zb [m]	0,394	0,398	0,403	0,399	0,395
Au [cm ²]	1,62	1,04	0,35	0,81	1,40
A[cm ²]	1,62	1,04	0,99	0,99	1,40
choix	3 HA10	3 HA10	3HA8	3HA8	3 HA10
Sections A[cm ²]	2,35	2,35	1,5	1,5	2,35

c) Armatures d'âme:

La dimension des armatures d'âme est déterminée par la relation suivante pour les Aciers hauts adhérence (HA):

$$\phi_t \leq \text{Min} \left(\phi_i; \frac{h}{35}; 12 \right) [\text{mm}]$$

Soit $\phi_t = 6$ mm

Avec un cadre et un étrier, on a $A_t = 4HA6 = 1.13$ cm²

c-1) Calcul de la contrainte tangente conventionnelle τ_{u0} :

$$\tau_{u0} = \frac{V_{u0}}{b_0 \cdot d}$$

Où :

- b_0 : Largeur de la nervure;
- d : Hauteur utile.
- $V_{u0} = V_{\max} - \frac{5h}{6} p_u$
- p_u : charge répartie sur la travée
- V_{\max} : Effort tranchant maximal

c-2) Calcul de τ_{u0}

Tableau 21: Calcul de τ_{u0}

Travées	E1E2	E2E3	E3E4	E4E5	E5E6
V_{\max} [MN]	0,045	0,046	0,039	0,039	0,048
p_u [MN]	0,015	0,015	0,018	0,016	0,016
V_{u0} [MN]	0,039	0,041	0,032	0,033	0,042
τ_{u0} [MN]	0,440	0,457	0,359	0,370	0,475

c-3) Nécessité et nature des armatures d'âme :

Soient X_1 , X_2 et X_3 tels que :

$$X_1 \text{ [MPa]} = \text{Min} \left(\frac{0.07 f_{c28}}{\gamma_b}; 1.5 \right);$$

$$X_2 \text{ [MPa]} = \text{Min} \left(\frac{0.20 f_{c28}}{\gamma_b}; 5 \right);$$

$$X_3 \text{ [MPa]} = \text{Min} \left(\frac{0.27 f_{c28}}{\gamma_b}; 7 \right)$$

Au cas où :

$\tau_{u0} < X_1$, On mettra des armatures transversales régulièrement espacées, juste pour maintenir les armatures longitudinales.

$X_1 \leq \tau_{u0} < X_2$, les armatures d'âme sont nécessaires : elles seront droites.

$X_2 \leq \tau_{u0} < X_3$, les armatures d'âme sont nécessaires : elles seront inclinées de 45° .

$X_3 \leq \tau_{u0}$, les armatures d'âme sont nécessaires : elles seront verticales et obliques.

Tableau 22: Tableau de calcul de X_1 , X_2 et X_3

x_1 [MPa]	1,17
x_2 [MPa]	3,33
x_3 [MPa]	4,5

Sur toutes les travées : $\tau_{u0} < X_1$ alors on mettra des armatures transversales régulièrement espacés

c-4) Espacement des armatures d'âme :

L'étude de la répartition des armatures d'âme se fait sur une distance l_0 , distance à partir du nu d'appui jusqu'à la section où l'effort tranchant s'annule ou change de signe

Pour les positionner, on va utiliser la méthode de Caquot. Les démarches à suivre sont les suivantes :

Calculer d'abord l'espacement initial S_{t0} à l'appui ;

Placer le premier cadre à $\frac{1}{2}S_{t0}$ du nu de l'appui ;

Répéter n fois S_{t0} pour couvrir $\frac{5h}{6}$, voisinage de l'appui

Répéter n fois les espacements à la suite des valeurs de série 7-8-9-10-11-13-16-20-25-35-40 [cm], à partir de la valeur de S_{t0} , sans dépasser S_{tmax}

→ **Espacement initial S_{t0} des armatures transversales aux appuis:**

Il s'obtient par l'équation qui suit :

$$S_{t0} = \frac{A_t 0,9\sigma_s}{b_0(\tau_{u0} - 0,3 \cdot f_{t28} \cdot k)}$$

S_{t0} : espacement initial des armatures ;

A_t : Section globale d'armatures transversales ;

σ_s : Contrainte de l'acier en service. $\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s}$

τ_{u0} : Contrainte tangente ;

b_0 : Largeur de la poutre ;

Les calculs sont résumés dans le tableau suivant:

Tableau 23: Espacement des armatures transversales aux appuis

Appuis	E1	E2	E3	E4	E5	E6
Tuo [MN]	0,363	0,457	0,359	0,362	0,475	0,260
At [cm²]	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
Sto [cm]	48	38	49	48	42	77
Sto [cm]	30	30	30	30	30	30

→ **Calcul de S_{tmax} en travée :**

$$S_t \leq \text{Min} [0.9 \times d ; 40\text{cm} ; \frac{f_e \cdot A_t}{0.4 \cdot b_0}]$$

Selon Caquot, il faut que

On a $S_{tmax} = \text{Min} [36.45\text{cm} ; 40\text{cm} ; 70.625\text{cm}]$

Il faut alors que

$$S_{tmax} = 35\text{cm}$$

4. Dimensionnement de poteau:

Soit à dimensionner le poteau E2.

4.1 Hypothèses

→ Caractéristiques du béton :

- Ciment CEM I 42.5 ;
- Dosage 350 Kg /m³ ;
- Granulats : 5/15 et 5/25 ;
- Quantité d'eau entre 180 [L/ m³] ;
- Résistance à la compression à 28 jours d'âge environ $f_{c28} = 25$ MPa ;
- Résistance à la traction à 28 jours d'âge $f_{t28} = 2.1$ MPa ;
- Contrainte admissible de compression du béton $\overline{\sigma}_{bc} = 0.6 \cdot f_{c28} = 15$ MPa ;
- $f_{bu} = 14.17$ MPa.

→ Caractéristiques des aciers :

- Barres à haute adhérence Fe E 500 ;
- Limite d'élasticité $f_e = 500$ MPa ;
- $\gamma_s = 1.15$;
- $f_{ed} = \frac{500}{1.15} = 435$ MPa ;
- Fissuration peu préjudiciable ;
- Enrobage : 3 cm.

4.2 Elancement λ du poteau

L'élancement définit la susceptibilité au flambement. Pour un poteau rectangulaire, elle est obtenue par la relation suivante :

$$\lambda = \frac{\sqrt{12} \cdot l_f}{a}$$

Où :

- a: le petit côté de la section de poteau $B = a \times b$; donc $a \leq b$;
- l_f : Longueur de flambement. $l_f = \nu \cdot l_0$;
- ν : Coefficient dépendant de la nature de liaison d'extrémité du poteau ;
- $\nu = 0.7$ pour un poteau encasturé à la base et articulé à la tête
- l_0 : Longueur libre du poteau.

Tableau de calcul des élancements pour chaque niveau :

Tableau 24: Valeur de λ

	a [m]	lf [m]	λ
RDC	0,2	2,1	36
étage	0,2	2,1	36

4.3 Calcul des armatures longitudinales:

Le calcul du poteau sera conduit à l'ELU.

$$A = \frac{1}{0.85 f_{ed}} \left[\beta N_u - \frac{B_r f_{bu}}{0.9} \right]$$

- β est en fonction de l'élancement : $\beta = 1 + 0,2 \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2$ pour $\lambda \leq 50$;
- B_r est la section réduite obtenue en enlevant 1cm d'épaisseur sur toute la périphérie du poteau.

a) Section minimale des armatures :

$$A_{\min} = \text{Max}[4u; 0.2/100 * B]$$

u : est le périmètre de la section droite du poteau.

b) Section maximale des armatures :

$$A_{\max} = 5 \frac{B}{100}$$

c) Effort maximum ultime : N_u ; lim

$$N_{u; \text{lim}} = \alpha \left[\frac{B_r f_{c28}}{0.9 \gamma_b} + A \frac{f_e}{\gamma_s} \right]$$

d) Tableau de calcul

Tableau 25: Calcul des armatures du poteau

	λ	β	α	Nu [MN]	Ath [cm ²]	Amin [cm ²]	Amax [cm ²]	A ≥ Amin [cm ²]		Nulim [MN]	Nu ≤ Nulim ?
RDC	36	1,216	0,699	0,316	-4,95	3,36	22,00	4,71	6 HA 10	0,609	oui
1ère étage	36	1,216	0,699	0,053	-13,59	3,36	22,00	4,71	6HA 10	0,609	oui

4.4 Les armatures transversales

a) Dimensions

La dimension des aciers doit respecter la relation suivante :

$$\frac{1}{3} \phi_{lmax} \leq \phi_t \leq 12 \text{ mm}$$

En pratique ϕ_t est prise égale à $\phi_t = 0.3 \phi_{lmax}$.

D'où $\phi_t = 0.3 \times 14 = 4.2$ soit $\phi_t = 6\text{mm}$.

b) Espacement S_t

b-1) Dans la zone courante

$$S_t \leq \text{Min}[40 \text{ cm} ; a + 10 \text{ cm} ; 15\phi_{l,min}]$$

ϕ_{lmin} est le diamètre minimal de l'armature longitudinale.

b-2) Dans la zone de recouvrement :

On a

$$S_t = \frac{l'_r - 4\phi}{x - 1}$$

$x \geq 3$ nappes d'armatures de couture

où:

→ l'_r : Longueur de recouvrement: $l'_r = 0,6l_s$;

→ l_s : Longueur de scellement $l_s = \frac{\phi_{lmax} f_e}{4\tau_{su}}$;

→ τ_{su} : La contrainte d'adhérence des armatures ;

$$\tau_{su} = 0,6\psi_s^2 \cdot f_{t28} = 2.84 \text{ MPa}$$

Avec :

- τ_{su} : contrainte ultime d'adhérence ;
- ψ_s : Coefficient de scellement, HA : $\psi_s = 1,5$.

b-3) Tableau de calcul

Tableau 26: Calcul des espacements des armatures transversal du poteau

	$\varnothing l$, max [mm]	$\varnothing t$ [mm]	a+10 [cm]	$\varnothing l$, min [mm]	15 $\varnothing l$, min [cm]	ls [m]	l'r	St courant [cm]	St recouvrement [cm]
RDC	10	6	30	10	15	0,44	0,26	15	11,23
R+1	10	6	30	10	15	0,44	0,26	15	11,23

5. PLANCHER

5.1 Description

Le plancher est constitué par :

- Le revêtement qui résiste à l'usure ;
- Une dalle de compression d'épaisseur 4cm coulée sur place sur les hourdis creux en béton de 16cm de hauteur. Les hourdis ne constituent pas d'éléments porteurs ;
- Des nervures d'épaisseur qui varie de 4 à 8cm coulées sur place avec la dalle de compression, portant une zone des charges et les transmettant aux poutres principales ;
- De poutres principales reposant sur des murs ou sur des piliers.

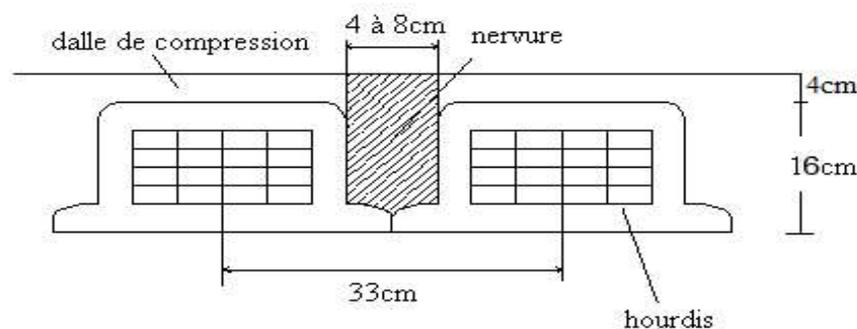


Figure 28: Dimensions du Plancher

5.2 Calcul de la dalle de compression

a) Règles de conception

La dalle sur hourdis creux doit avoir une épaisseur minimale de 4cm ; et être armé d'un quadrillage de barres dont les dimensions des mailles ne doivent pas dépasser :

- 20 cm pour les armatures perpendiculaires aux nervures ;
- 33 cm pour les armatures parallèles aux nervures.

Nous devons avoir :

- Si $l \leq 50cm$

$$A \geq \frac{200}{f_e}$$

- Si $80 \geq l \geq 50cm$

$$A \geq \frac{4l}{f_e}$$

Avec :

- l : Écartement entre axes des nervures ;
- A : Section des armatures perpendiculaires aux nervures (A en cm^2 par mètre de nervure)
- f_e : Limite d'élasticité des Aciers (en MPa)

Les armatures parallèles aux nervures, autres que les armatures supérieures des poutrelles, doivent avoir une section par mètre linéaire, au moins égale à $A/2$. Le fait de fixer une section minimale pour les armatures perpendiculaire aux nervures ne dispense pas de vérifier l'état limite ultime de résistance du hourdis dans le cas particulier d'application de charges localisées d'intensité notable.

b) Armatures

Nous avons pris la valeur de $h_0 = 4cm$ pour satisfaire les règles de construction.

Soit A : armatures perpendiculaires aux nervures.

- $S_t \leq 20 cm$

l_0 : Entraxes des nervures est égale à 33cm.

Alors,

$$A \geq \frac{200}{f_e}$$

Avec

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

D'où :

$$A \geq 0.50 \text{ cm}^2/\text{m.l}$$

Pour $s_t = 20 \text{ cm}$, alors il existe 5 \emptyset par mètre linéaire

D'où $A = 5 \emptyset 6 \text{ p.m}$

$$A = 1.414 \text{ cm}^2/\text{m de nervure}$$

Soit $A_p \geq \frac{A}{2}$

$$A_p = 0.707 \text{ cm}^2/\text{m.l}$$

A_p : Armatures parallèles aux nervures

$$\rightarrow s_t \leq 33 \text{ cm}$$

Pour $s_t = 33 \text{ cm}$, alors il existe 3 \emptyset mètre linéaire

$$A = 3 \emptyset 6 \text{ p.m}$$

$$A = 0.848 \text{ cm}^2/\text{m de nervure}$$

Le calcul se fera comme ce d'une poutre en T, où la dalle de compression sera considérée comme la table de compression et les poutrelles comme les nervures.

\rightarrow Dimensions du panneau

$$l_x = 5.00 \text{ m} ;$$

$$l_y = 6.00 \text{ m} .$$

\rightarrow Conditions à remplir pour la largeur du débord b_1

$$b_1 = \text{Min} \left\{ \frac{33-5}{2} ; \frac{l}{10} ; 6h_0 \text{ à } 8h_0 \right\}$$

Où

- $\frac{33-5}{2}$: Moitié de la distance entre faces voisines de deux nervures consécutives ;
- $\frac{l}{10}$: Dixième de la portée de la travée.

\rightarrow Dimensions des Poutrelles

$$b = 0.33 \text{ m} ;$$

$$b_0 = 0.05m ;$$

$$b_1 = 0.14m ;$$

$$h = 0.18m ;$$

$$h_0 = 0.04m.$$

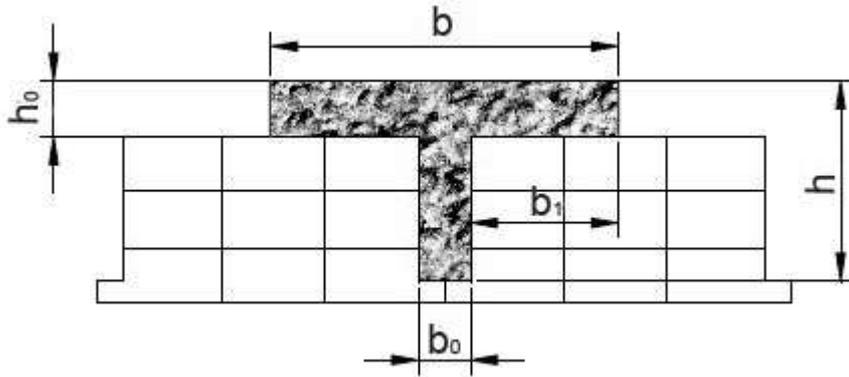


Figure 29: Dimension des poutrelles

D'où, nous avons B (section) = $0.0202m^2$.

→ Hypothèses de calcul

- Fissuration : Peu préjudiciable ;
- Armatures : HA Fe E 400 alors f_c (résistance caractéristique de l'acier) = 400MPa ;
- Coefficient de sécurité partielle $\gamma_s = 1.15$;
- Résistance caractéristique du béton (avec Autocontrôle Surveillé ou AS) :
 - $f_{c28} = 25 MPa$;
 - $f_{bu} = 14.2MPa$;
 - $f_{t28} = 2.1MPa$.

→ Charges

- Poids propres

$$378 \times 0,33 = 124,74 daN/m$$
- Surcharges d'exploitation

$$400 \times 0,33 = 132 daN/m$$

$$G = 0,0012 MN/m$$

$$Q = 0,0013 MN/m$$

Le calcul se fera à l'ELU

→ Moment

- $M = \frac{pl^2}{8}$

$$MG = 0.0038MNm$$

$$MQ = 0.0041MNm$$

$$M_u = 0.011 MNm$$

- $M_{tu} = bh_0 \left(d - \frac{h_0}{2} \right) f_{bu}$

$$\text{Avec } d = 0.9h = 0.16m$$

d : Position du centre de gravité de l'armature tendue

On a:

$$M_{tu} = 0.026 MNm$$

$$M_u < M_{tu}$$

Alors le calcul se fera comme ce d'une poutre à section rectangulaire avec une largeur b égale à la largeur de la table de compression.

5.3 Section des armatures

a) Armatures longitudinales

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

μ_{bu} : Moment réduit

$$\mu_{bu} = 0.092$$

Or on a, pour les armatures Fe E 400, $\mu_{lu} = 0.392$

$$\mu_{bu} < 0.30 < \mu_{lu}$$

Alors on a une section à simple armature et la méthode à utiliser est le calcul simplifié

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

Avec :

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

$$z_b = 0.151$$

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

$$f_{ed} = 348 MPa$$

Ainsi, on a :

$$A_u = 0.000209 m^2$$

$$A_u = 2.09 \text{ cm}^2$$

Condition de non-fragilité

$$A = \text{Max}\{A_u ; A_{min}\}$$

Avec :

$$A_{min} = \text{Sup} \left\{ \frac{B}{1000} ; 0.23b_0d \frac{f_{t28}}{f_e} \right\}$$

$$A_{min} = 0.20 \text{ cm}^2$$

Alors, nous avons : $A = 2.09 \text{ cm}^2$

$$\phi_l = 2HA12$$

b) Armatures transversales

$$\phi_t = \text{Min} \left\{ \phi_l ; \frac{h}{35} ; \frac{b_0}{10} \right\}$$

$$\frac{h}{35} = 5 \text{ mm}$$

$$\frac{b_0}{10} = 5 \text{ mm}$$

Donc, on prend $\phi_t = HA6$.

PARTIE III:
MODE D'EXECUTION DES
TRAVAUX

Chapitre IX:

Les matériaux utilisés:

1. Les granulats

Ce sont des matériaux inertes à savoir le sable; le gravillon et le gravier.

On distingue les granulats concassés obtenus par concassage, après abattage de roche massive et les granulats roulés qui sont de forme arrondie et sont obtenus par des concassages suivis d'un criblage des roches. Ils sont dits :

- naturels lorsqu'ils sont issus de roches meubles ou massives et qu'ils ne subissent aucun traitement autre que mécanique ;
- artificiels lorsqu'ils proviennent de la transformation à la fois thermique et mécanique des roches ou des minerais ;
- recyclés lorsqu'ils proviennent de la démolition d'ouvrage ou lorsqu'ils sont réutilisés ;
- courants lorsque leur masse volumique est supérieure ou égale à 2T/m^3 ;
- légers lorsque leur masse volumique est inférieure à 2T/m^3 .

1.1 Sable pour mortier et béton

Le sable devra être exempt d'impuretés, d'éléments coquilliers, de mica et notamment d'argile. Le pourcentage d'impuretés ne peut excéder 3 %. Sur chantier, les essais de pureté de sable peuvent se faire par :

- étalage du sable en le frottant sur un linge propre afin qu'il ne crée pas de souillure ;
- frottement du sable entre les doigts, il doit crisser dans la main et il ne peut y avoir des particules d'argile ou de boue collant aux doigts.

La désignation des sables correspondant à la norme NF P 18-101 est la suivante:

- Fin : tamis 0,080/0,315 mm ;
- Moyen : tamis 0,315/1,25 mm ;
- Gros : tamis 1,25/5 mm.

Les sables ne devront pas renfermer de grains dont la plus grande dimension dépasse:

- Sable pour crépis et enduits : 2,5 mm ;
- Sable pour béton armé : 5 mm ;
- Sable pour béton de fondation : 10 mm.

1.2 Gravillon

Les gravillons pour béton proviennent du concassage extrait de carrière et dont le **Los Angeles**

devra être ≤ 35 . Les gravillons devront être propres, dur et exempts de corps étrangers, de matière organique, de poussières, vases et argiles adhérent ou non aux grains. Ils seront purgés de terre, passés à la claie et lavés si on reconnaît la nécessité. La granulométrie adoptée des gravillons pour la confection des bétons sera de **5/15 et 15/25**. Ils devront être stockés sur des aires parfaitement nettoyés et drainés et ne doivent pas présenter des effets d'alcali réaction avec le ciment.

2. Ciment

C'est un liant hydraulique qui sert à lier les matériaux inertes entre eux. Ces liants sont des produits ayant la propriété de durcir au contact de l'eau, et qui, après durcissement, conservent leur résistance et leur stabilité. Le ciment le plus utilisé est le **CEM I 42.5** pour les ouvrages en béton armé et le **CEM II 32.5** pour les autres ouvrages comme la maçonnerie. Le ciment sera livré en sacs d'origine et stockés dans un local bien ventilé et parfaitement protégé du soleil et de l'humidité. Tout ciment ré ensaché est interdit et non utilisable. Dans l'éventualité de plusieurs catégories de ciment sur le site, chaque catégorie sera placée dans un local bien séparé de façon à éviter tout risque de mélange lors de l'utilisation.

3. L'eau de gâchage

Elle sert à:

- l'hydratation du liant et au mouillage des granulats ;
- la plasticité requise du béton pour sa mise en œuvre.

L'eau utilisée pour la préparation des mortiers et du béton devra être propre, pratiquement exempt d'impuretés, de matières organiques, de produits chimiques notamment les sulfates et le chlorure qui affecteraient la durée de prise, la résistance ou l'apparence du béton. Un manque d'eau conduira à un béton trop sec difficile à mettre en place c'est à dire peu maniable ou peu ouvrable, un excès d'eau laissera par évaporation des vides dans le béton.

4. Les adjuvants

L'adjuvant est un produit ajouté au béton en faible quantité environ 5% du ciment, permet d'améliorer certaines propriétés ou qualités souhaité soit sur béton frais soit sur béton durci.

Parmi les adjuvants, on distingue:

- Les plastifiants (fonction P);
- Les fluidifiants (fonction R) pour augmenter la résistance en compression;
- Les entraîneurs d'air (E) pour répartir uniformément dans le béton de très fines bulles d'air et diminuer ainsi le risque de ségrégation en augmentant la cohésion du béton;

- Accélérateurs (A) qui accélèrent l'hydratation du ciment (on utilise pour le réservoir, chauffe-eau, plancher, ...);
- Retardateurs pour augmenter la résistance finale;
- Hydrofuges pour imperméabiliser les mortiers et béton dans la masse;
- Antigels ou antigélifs.

5. Les aciers

On utilise des barres à haute adhérence et auront les qualifications suivantes:

- Nuance FeE500 ;
- Coefficient de scellement égal à 1.5 ;
- Coefficient de fissuration égal à 1.6 ;

Les caractéristiques mécaniques et géométriques, ainsi que les conditions de réception sont celles fixées par les normes NFP 35-015. Les aciers seront propres et sans rouilles ; toutes barres présentant un défaut d'homogénéité apparent seront refusées. Les fils de ligatures seront en fil de fer souple ou en acier doux recuit. La soudure des barres est interdite. Les armatures devront être fixées de telle façon qu'elles ne peuvent pas se déplacer pendant le bétonnage et la vibration. D'où l'utilisation des étriers destinés à maintenir ces armatures.

6. Briques

Tous les murs et cloisons de remplissage sont en briques pleines en terres cuites de dimensions : 10x10x220. En aucun cas, les murs en briques pleines ne devront supporter des charges autres que leur poids propre. Tous les murs n'assureront que le rôle de remplissage.

7. Métallerie

Les métaux devront avoir les qualités suivantes :

- Planéité des profilés à froid, des tôles laminées à froid et à chaud ;
- Tôle acier galvanisé en continu ;
- Laminés à chaud, acier de construction d'usage général, nuances et qualités ;
- Galvanisation à chaud (Immersion dans le zinc fondu) ;
- Métallisation au pistolet.

8. Matériaux en céramiques

Un échantillon de chaque variété (faïence, grès cérame) qualité et teinte doivent être soumis à l'agrément de l'Ingénieur avant utilisation. En l'absence de normalisation, les fournitures devront être de fabrication courante, suivies, de bonne qualité et être soumise à l'agrément du Maître d'œuvre.

9. Faux plafond

Les plafonds sont de type plafonds suspendus. Ils ne sont pas destinés à supporter les éléments d'équipement et leurs accessoires. S'il en est autrement, les surcharges apportées par ces éléments d'équipement doivent être spécifiées afin de prévoir les renforcements nécessaires, sans modifier les plafonds suspendus. En l'absence de normalisation, les fournitures devront être de fabrication courante, suivies, de bonne qualité et être soumise à l'agrément du Maître d'œuvre. Les conditions de stockage et de manutention seront particulièrement surveillées, et tous plafonds abimés ou mouillés seront écartés.

10. Menuiserie bois

Toutes les menuiseries sont soigneusement poncées. Tous les bois seront préalablement traités aux produits fongicides et insecticides, classe4 pour les bois tendre. Les bois des menuiseries extérieures sont destinés à être peints.

Chapitre X:

Méthode d'exécution des travaux

1. Les matériels pour l'exécution

1.1 Les engins de terrassement

Les engins de chantier ou engin de génie civil sont les engins utilisés sur le chantier pour effectuer différents travaux de terrassement. Il en existe de différentes sortes :

- la **grue** pour soulever et maintenir en suspension des matériaux extrêmement lourds ;
- la **bétonnière** pour faire préparer du béton de ciment ;
- le **bulldozer** pour araser une surface non plate ;
- la **pelle mécanique hydraulique** pour creuser des tranchées et charger des matériaux ;
- la **décapeuse**, aussi appelée *scraper* ou *motor-scraper* ;
- la **niveleuse**, aussi appelée *grader* ;
- le **camion de chantier** ou **tombereau** utilisé pour transporter sur routes les fournitures nécessaires au chantier.



Figure 30: *Engins de terrassement*

1.2 Matériels collectifs

Grue, bétonnière, pervibrateurs, brouette, bêche, Pelles, pioches, masse, barre à mine, dame, râteau, arrosoir, etc.



Figure 31: *Matériels collectifs*

1.3 Outils de base des maçons

Double mètre pliant, crayon, fil à plomb, cordeau, niveau à bulle, taloche, truelle, gratte joints, marteau, arrache clous, massette, burin, auge, sceau, houe, hachette, balai ou brousse.



Figure 32: *Outils des maçons*

1.4 Pour les ferrailleurs

Cisaille (à main ou à levier), griffe, tenaille, cintreuse à main.

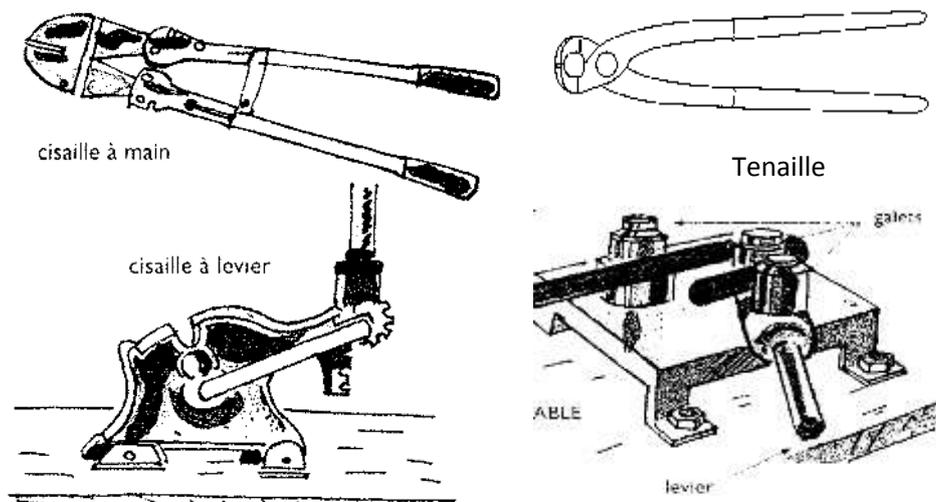


Figure 33: *Outils pour les ferrailleurs*

1. Outils de coffrage

Scie, serre joints, chevillettes, pince à décoffrer, marteau, tiges filetées et écrous.

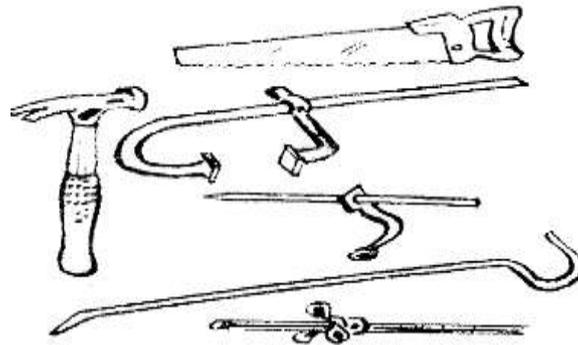


Figure 34: Outils de coffrage

2. Mise en œuvre des matériaux composés

2.1 Béton

a) Composition du béton

Les proportions de granulats pierreux, de sable, de ciment et d'eau à utiliser pour la fabrication des bétons de qualité doivent procéder d'une étude de laboratoire agréé.

a-1) Respect de la composition fixée

Les proportions des divers granulats entrant dans le béton sont mesurées à l'aide de caisses dont leur capacité est bien connue et remplies à ras bords. Les dimensions de la caisse servant de gabarit sont déterminées de façon que le mélange obtenu contienne d'un nombre entier de sacs de ciment et de caisses de granulat de chaque.

a-2) Respect du dosage en eau :

Le respect du dosage en eau est très important puisqu'un béton qui contient trop d'eau est moins résistant, et en contrepartie, un béton qui ne contient pas assez d'eau se met difficilement en place, on risque d'y trouver des zones sans mortier (nids de cailloux) et des cavernes.

Dosage pratique de béton:

Tableau 27: Dosage en eau

ciment [Kg/m ³]	Sables [L]	Gravillons [L]	Eau [L]
200	400	800	110
300	400	800	160
350	450	850	180
400	450	850	210

En pratique, pour 1m³ de béton Q350, nous avons la composition suivante :

- 7 sacs de ciment ;
- 450 l de sable ;
- 850 l de gravillon ;
- 180 l d'eau.

b) Préparation du béton

Petite quantité :

- Préparer une surface plane et propre ;
- Verser le gravier puis le sable ;
- Mélanger jusqu'à obtenir un mélange homogène ;
- Reconstituer le tas et verser le ciment au milieu ;
- Mélanger ;
- Creuser au centre un cratère ;
- Verser un peu d'eau dans le cratère ;
- Ramener le mélange dans le cratère avec la pelle ;
- Mélanger en ajoutant peu à peu de l'eau jusqu'à obtenir une pâte épaisse ;
- Tout le mélange doit avoir la même consistance de pâte épaisse et le même aspect homogène, huileux, brillant.

Grande quantité :

- Faire tourner la bétonnière orienter la cuve à 45° avec la verticale et verser une partie de l'eau nécessaire et une partie du gravier dans la cuve ;
- Verser le ciment, de l'eau et le sable ;
- Verser tous les graviers qui restent ;
- Assemblées par ligatures ou par soudures technologiques ;
- par point. Laisser tourner 2 à 3 minutes. Ensuite vider le béton dans la brouette en basculant la cuve avec le volant.

Gâchage :

- Manuellement : nous avons intérêt à faire le gâchage à la main si la quantité du béton à réaliser est moins importante. L'aire de fabrication doit être propre.
- Mécaniquement : dans les petites et moyennes entreprises, le gâchage mécanique se fait par utilisation de la bétonnière. Par contre, dans la grande entreprise, l'opération de gâchage mécanique est réalisée par des camions toupies dont la cuve peut atteindre de 4 à 8m³.

2.2 Mortier

Les mortiers sont utilisés comme mortier de montage des maçonneries ainsi que pour la réalisation des enduits et chapes. Leurs caractéristiques sont différentes suivant leur destination.

a) Mortier de montage

Le mortier de montage des maçonneries en briques dont le rôle est de liaisonner les blocs entre eux en assurant la résistance du mur sera adhérent et résistant. L'adhérence sera obtenue par l'utilisation de mortier retenti ne cédant que difficilement son eau de gâchage.

Ce mortier sera constitué de:

- Sable 0/5 ;
- 20 % d'éléments fins ;
- (< 0.5 mm) 30 % d'éléments moyens ;
- (< 1.5 mm) et 45 % de gros éléments ;
- (1.5 < ϕ < 5 mm) ;
- Liant de performance mécanique pas trop élevé : CEM II 22.5 à 300Kg/m³.

b) Enduits sur murs maçonneries

Les enduits au mortier de ciment destinés à revêtir les maçonneries devront posséder les qualités suivantes : adhérence, souplesse, imperméabilité et esthétique. On utilise alors du ciment de performance mécanique moyenne: CEM II 32.5. Les supports qui devront être âgés d'au minimum un mois devront permettre un bon accrochage de l'enduit et seront pour cela nettoyés, brossés et éventuellement repiqués. Avant application de la première couche d'enduit ils seront humidifiés à refus et "ressuyés" en surface. Les enduits d'une épaisseur de 15 mm peuvent être réalisés sur nus et repères **en 3 couches** :

- Gobetis de 3mm : Couche d'accrochage fouettée vigoureusement sur le support et mortier gras dosé à 600 kg de ciment par mètre cube de sable sec avec peu d'éléments fins.

- Corps d'enduits de 8mm: Mortier dosé à 450 kg de ciment par mètre cube de sable sec 0/4 avec au moins 5 % de fines.
- Finition de 4mm : Mortier dosé à 350 kg de ciment par mètre cube de sable sec 0/2 riche en éléments fins.

Ou en 2 couches :

- Une couche de 10mm : Mortier dosé à 500 kg de ciment par mètre cube de sable avec peu d'éléments fins.
- Finition de 5mm : Mortier dosé à 350 kg de ciment par mètre cube de sable sec 0/2 riche en éléments fins.

c) Mortier de pose de revêtement de sol.

Avant la pose des carrelages, on réalise une chape de 4 à 5cm. C'est un mortier de forme dont le rôle est d'assurer la mise à niveau de la dalle et la régularité de sa surface. Elle doit aussi présenter une résistance suffisante pour assurer la transmission des charges au support. C'est un mortier dosé à 350 kg de ciment de classe CEM II 32.5 par mètre cube de sable.

2.3 Façonnage des armatures

a) a. Le façonnage :

Le façonnage des armatures constitue les pliures et les crochets des barres. Le façonnage des armatures est exécuté sur un banc de ferrailage à l'aide d'une agriffe ou d'un tuyau. Les barres seront coupées à la longueur voulue à la cisaille ou à la scie à métaux. Le cintrage se fera, soit manuellement, soit mécaniquement, à froid du premier coup selon les dimensions, conformément aux plans d'exécution.

b) b. L'assemblage :

L'assemblage des barres se fera par ligature. Sauf autorisation de l'ingénieur, il sera interdit d'employer des armatures de nuances différentes dans un même élément. Le soudage des barres est interdit. Toute armature déformée par les manipulations devra être remplacée et non redressée.

c) Enrobage :

Pour la protection des armatures, l'enrobage doit être bien respecté afin d'éviter le phénomène d'oxydation et celui-ci est fonction du site de projet. En pratique, l'enrobage de toute armature est au moins égal à :

- 5 cm pour les ouvrages à la mer, ou exposés aux embruns, aux brouillards salins, ainsi que pour les ouvrages exposés à des atmosphères très agressives ;
- 3 cm pour les parois qui sont soumises à des actions agressives, ou à des intempéries, ou à des condensations, etc ;
- 2 cm pour des parois qui seraient situées dans des locaux couverts et clos.

3. Préparation du terrain

La préparation du terrain est à la charge du maître d'ouvrage et comprenant :

- Des travaux DEMOLITIONS

Les démolitions éventuelles des ouvrages existant :

- démolition d'immeubles : la démolition d'un immeuble comporte la démolition du bâtiment principal et de ses annexes, et clôtures ;
- démolition de revêtements de voirie : les travaux de démolition complète de revêtements de voirie, d'égouts, et de tous autres accessoires de voirie.

- Des nettoyages

Nettoyages, évacuation des débris, dépôts, décharges éventuels, débroussaillages avec évacuation des produits en décharge. Déboisages avec dessouchage et évacuation des produits.

Le bois provenant des arbres est débité et évacué à l'extérieur du chantier.

4. Installation de chantier

En général, il s'agit tout aménagement des bases et camps du Titulaire.

Le plan d'installation de chantier définit :

- **L'accès au chantier** doit permettre la livraison des matériaux dans de bonnes conditions: à défaut de bonne accès au chantier, il va falloir en construire ;
- **L'implantation des équipements** ;
- **Installation voiries et réseaux divers** (eau, gaz, électricité, assainissement, accès, clôtures, volumes terrassés...) ;
- **Installation infrastructures collectives** de chantier (cantonnements, moyens fixes de levage...) ;
- **L'amenée et le repli** de tous les matériels, concerne tous les frais d'amenée, de mise à poste, de fonctionnement et de gardiennage de tous les matériels et le repliement en fin de travaux des matériels de chantier fixes et mobiles de toutes natures nécessaires à la réalisation de l'ensemble des travaux, y compris toutes autres sujétions ;
- La mise à disposition, la maintenance et **le gardiennage** du local et de l'équipement ;
- **bureau du titulaire** à ouvrir à proximité du lieu des travaux ;

- **Clôture de chantier** : Réalisation d'une clôture provisoire autour du site pendant la durée de l'exécution des travaux pour la protection des accès, la sécurité générale et la réduction de nuisances dues au bruit ;
- **Alimentations provisoires de chantier** : concernent les travaux provisoires de branchements aux réseaux d'eau, d'électricité et de téléphone, nécessaires au chantier ainsi que le repliement de ces installations à la fin des travaux.
- **Panneaux de chantier** : Ce panneau, comportera, outre les renseignements réglementaires en matière d'affichage du permis de construire, la liste, la qualité et les coordonnées de l'ensemble des intervenants de l'opération.

5. Terrassement et implantation

5.1 Décapage terres végétales et profilage

Une épaisseur de 20cm de terres végétales dans les zones de terrassement et l'emprise du bâtiment doit être décapée. Le terrain doit avoir le profil défini dans le plan, par déblai ou remblai et son exécution sera à la main.

5.2 L'implantation

a) Documentation nécessaire à l'établissement d'une implantation

Pour pouvoir établir une implantation, il est impératif de disposer de documents graphiques et écrits.

- Pièces graphiques :
 - Le plan de situation : Ce plan permet de **localiser le terrain** à bâtir par rapport à des repères fixes tels que rues, boulevards ;
 - Le plan de masse : Ce plan permet de localiser la **construction projetée** et ses abords immédiats :
 - Propriétés non bâties ;
 - Constructions voisines et limites mitoyenne ;
 - Zone de recul par rapport à la limite de la propriété publique ou privée.
 - Le plan d'implantation : C'est en réalité un de masse reporté sur un relevé topographique. Le plan topographique étant un plan donnant l'allure altimétrique du terrain, ce dernier nous permet d'apprécier si le terrain est plat ou accidenté.
- Pièces écrites :
 - Le devis descriptif et quantitatif ;
 - Les documents techniques ;

- Les cahiers de prescriptions communes et spéciales (CPC, CPS).

b) Outils pour les implantations et les traçages

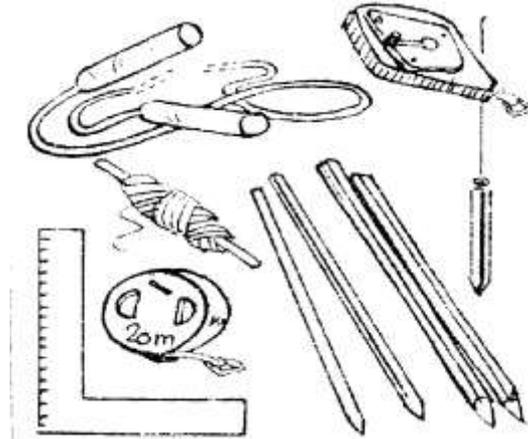


Figure 35: Outils pour implantation

c) Mise en œuvre de l'implantation

- Alignement de référence

Toutes construction doit impérativement s'intégrer dans le bâti existant. Ceci est souvent caractérisé par un choix préalable d'un alignement particulier. Cet alignement pouvant être par rapport à un axe de voirie, bordure de trottoir, alignement par rapport à des édifices existants.

- Repères de nivellement

Il existe aussi une exigence altimétrique ou de nivellement. Cette dernière pourra être effectuée grâce à un point déterminé d'un niveau supérieur de la bordure d'un trottoir ou d'un tampon d'une bouche d'égout.

- Le piquetage

Cette opération vise à matérialiser au moins deux axes généralement orthogonaux. Ces deux axes sont généralement reportés hors de l'emprise de la construction dont l'un est parallèle à l'axe longitudinal de l'ouvrage. Ces deux axes serviront ensuite de base pour tracer un ensemble de lignes directrices secondaires situées cette fois à l'intérieur de l'emprise du bâtiment. Il faut les conserver jusqu'à la fin des travaux de terrassement et des fondations.

- Mise en place des chaises d'implantation

Les chaises sont des planches en bois placées en équerre juste derrière l'emprise de l'ouvrage. Il faut que les planches chaises soient horizontaux et au même niveau. Pour ce faire, à défaut de théodolite, on utilise le niveau à eau souple.

- Placer des repères sur les chaises :

A partir des piquets d'implantation et du plan de la construction, on marque sur chaque chaise l'épaisseur des fondations. C'est à dire qu'une fois l'implantation terminée on repère au moyen de plâtre ou craie la position des différentes fouilles à exécuter.

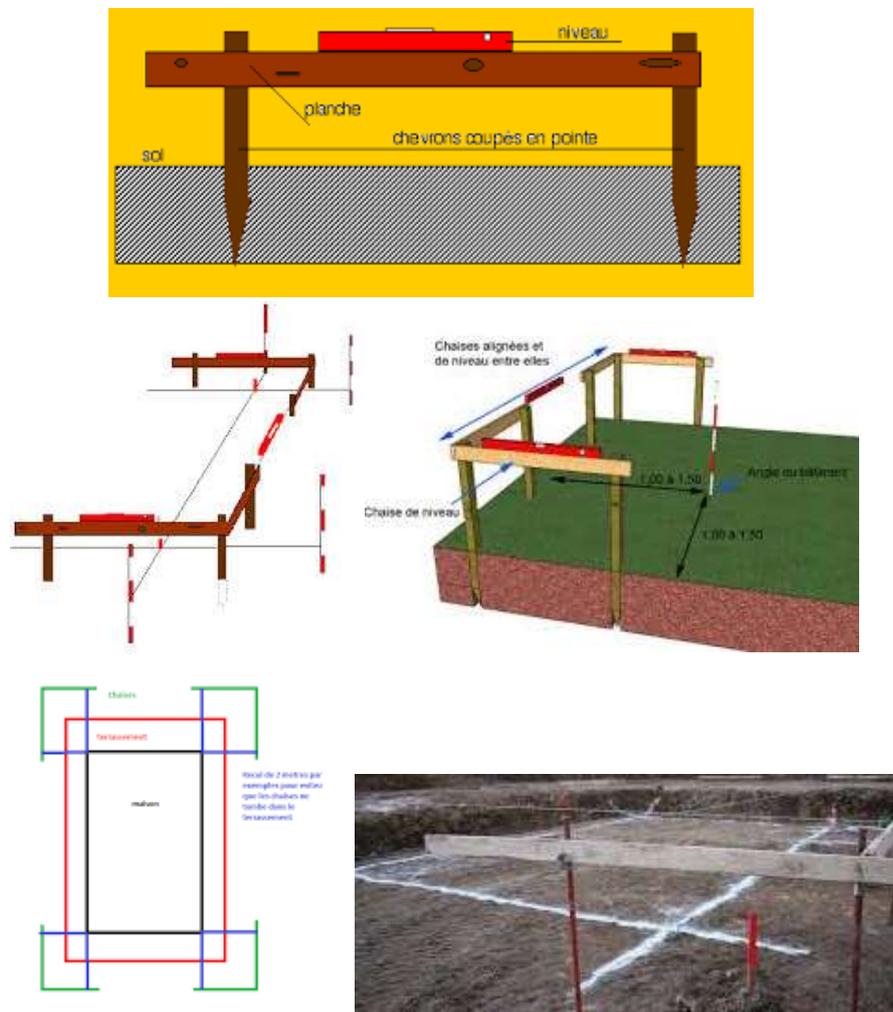


Figure 36: Mise en œuvre de l'alignement

5.3 Excavation des tranchés

- Traçage des axes et les limites de la fouille avec un Théodolite ;
- Terrassement manuel jusqu'à la cote de fond de fouille avec des Pelles ;
- Réglage de niveau et de profondeur de fouille avec un Appareil de niveau ;
- Vérification d'alignement et niveau par rapport au niveau de référence ;
- Nivellement de finition ;
- Compactage du fond de fouille avec une Dame sauteuse, arrose un peu le fond de fouille jusqu'à ce qu'il soit propre (plus de boulette de terre), prête à recevoir la fondation ;
- Mise en stock des produits de fouille.

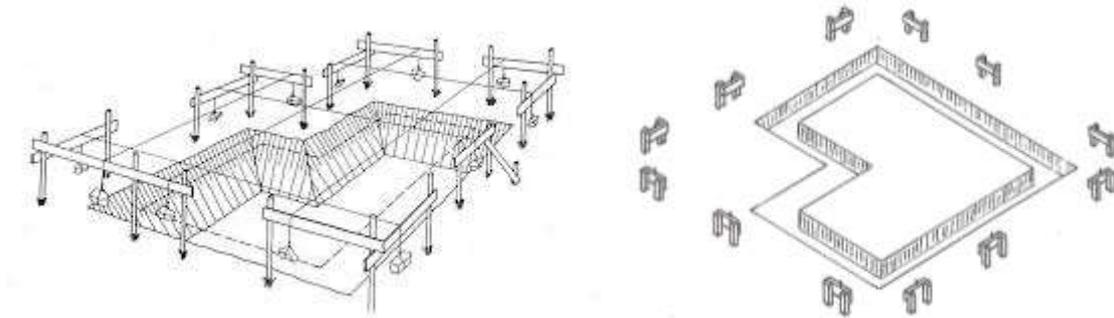


Figure 37: fouille

5.4 Ouvrages en superstructure

Ces ouvrages sont les éléments porteurs de la structure. Leur mise en œuvre se fait en général par les étapes suivantes:

- Les poteaux sont réalisés en premier ;
- Les poutres en second ;
- Les planchers après ;
- Enfin les escaliers, et le reste.

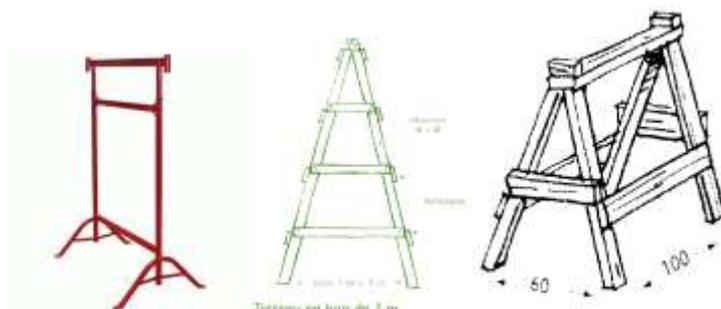
A partir d'une certaine hauteur, des matériels vont être nécessaires pour mieux travailler dans une meilleure condition de sécurité.

a) Matériels de travaux en hauteur

a-1) Les échafaudages :

Ce sont des supports de circulation en hauteur, on peut choisir entre:

- **Des tréteaux métalliques** : à hauteur réglable ;
- **Des tréteaux en bois** fabriqués à la demande, par exemple, de hauteur de 1m, de 1.50, etc ;
- **Des échelles d'échafaudage** pour monter plus en haut ;
- **Des échafaudages métalliques.**



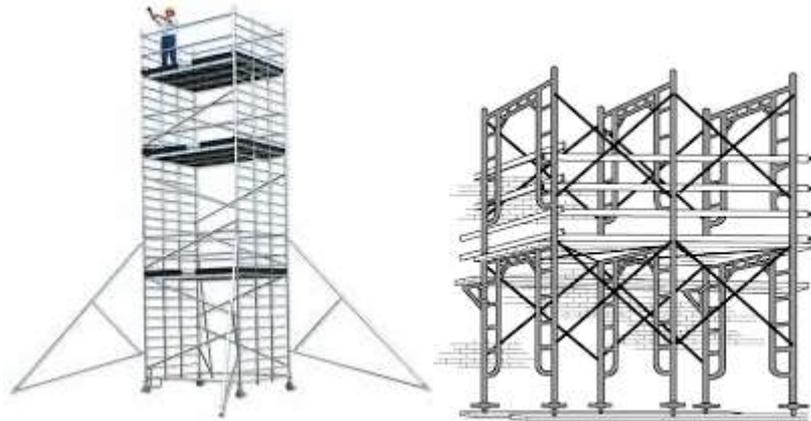


Figure 38: *échafaudages*

a-2) Les gardes corps:

Les gardes corps peuvent être nécessaires pour empêcher les chutes.



Figure 39: *Garde de corps*

a-3) Les échelles:

Les échelles permettent d'accéder facilement au poste de travail.



Figure 40: *Echelle*

b) Poteaux

Les poteaux en BA sont des éléments porteurs verticaux en béton avec armature incorporée. Ils ont pour rôles de :

- supporter les charges verticales (Permanentés et d'exploitation) transmises par les appuis de poutre en tête de poteau ;
- servir de chaînage verticaux ;
- contribuer à la stabilité transversale du bâtiment par le système poteau-poutre pour combattre les efforts horizontaux dus aux effets du vent, effet de variation de température, effet de charges.

- *Coffrer et couler le talon*

On coffre avec des chevrons sur une hauteur de quelques centimètres. Avant le coulage, préparer soigneusement la surface de reprise: elle doit être rugueuse, propre et humidifiée ;

- *Préparer de ferrailage*
- *Enrobage et écartement des barres*

La mise en place correcte des aciers d'armature nécessite une couverture minimale de béton qui doit être respectée rigoureusement. L'espace entre le coffrage et l'armature doit être conforme aux plans. Un enrobage de 3 cm est nécessaire et suffisant pour garantir une bonne adhérence entre le béton et l'acier pour protéger l'armature de façon durable contre la corrosion et pour améliorer la résistance au feu et éviter une fissuration parallèle aux barres.

Cependant, une couche superficielle trop épaisse rend l'armature trop sensible aux effets du retrait du béton et des variations des températures. Par conséquent, il convient de rester dans la limite raisonnable, d'autant plus que des enrobages importants réduisent la hauteur utile de la section.

- *Préparer le coffrage*

Les coffrages se fait en planche de 4 m et d'épaisseur au moins égale à 1,5 cm.

Pour réaliser un coffrage :

- Découper les planches selon les mesures prévues dans les plans de coffrage ;
- Assembler les planches avec des raidisseurs pour avoir des panneaux, avec le respect des dimensions données c'est-à-dire les dimensions intérieures de coffrages devront être égales aux dimensions extérieures des bétons finis après décoffrage ;
- La mise en place de coffrage et les buttages, Bien vérifier l'horizontalité et la verticalité et l'équerrage du coffrage.

- *Décoffrer le talon* lorsque le béton est dur ;
- *Mettre en place l'armature*, la lier aux attentes et attacher les cales sur toute la hauteur ;

- *Lever les panneaux de coffrage*, caler leurs pieds contre le talon et les positionner à peu près verticalement d'étais et de quelques serre-joints ;
- *régler la verticalité* de l'ensemble à l'aide du fil à plomb ;
- *Placer et serrer à fond les serre-joints*, sur tous les 40 cm à partir du cadre en bois qui serre le pied du coffrage;
- *Vérifier* enfin que le coffrage n' a pas bougé, qu'il est toujours vertical et que le calage des armatures est correct ;
- *Couler le béton*, puis vibrer avec un pervibrateur jusqu'au niveau utile couche par couche à l'aide d'une aiguille vibrante ;
- *Décoffrer* après début de durcissement 24h pour un ciment de classe 32.5 en faisant attention aux arrête des angles.

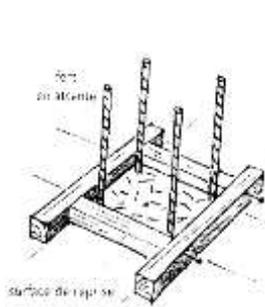


Figure 41: Mise en œuvre d'un poteau

c) Réalisation des Poutres

Procéder de la façon suivante :

- *Tracer le niveau de fond* de la poutre sur le poteau ;
- *Poser le fond de coffrage* de la poutre coupé à la longueur correspondant à la distance entre les poteaux (mesurer sur place la distance exacte). Ce fond doit être très rigide ;
- *Mettre en place des étais* en forme de T tous les mètre en les calant juste sous le fond de poutre avec. Au pied, placer un patin et des cales;
- *Mettre en place les armatures* après les avoir calés et huiler le fond du coffrage. Il faut aussi prendre soins de bien disposer les armatures selon le plan de ferrailage ;
- *Coffrer la poutre* en laissant une attente pour recevoir les poutrelles. Régler l'alignement, la verticalité et serrer à l'aide d'un serre-joint en maintenant l'écartement, etc ;
- *Couler* jusqu'au niveau du dessous du plancher en tassant bien le béton puis griffer sa surface qui doit rester rugueuse ;
- *Décoffrer* les joues le lendemain. Le fond doit rester en place 28 jours.



Figure 42: *Mise en œuvre des poutres*

d) Les planchers :

Les plancher de type poutrelles et entrevous sont pratique, plus léger par rapport à la dalle pleine, moins couteux et facile à mettre en œuvre. La réalisation de ce type de plancher se fait en deux étapes:

d-1) Pose des poutrelles et hourdis

- D'abord, **mettre en place un échafaudage** pour accéder au niveau du plancher ;
- **Repérer le niveau** de pose des poutrelles ;
- **Lever et poser la première poutrelle** sur la poutre porteuse. Veiller à ce que l'appui des poutrelles sur les poutres soit suffisant;
- **Poser les autres poutrelles:** tracer sur chaque appui la distance entre les poutrelles: on peut utiliser un gabarit aillé à la dimension voulue. Poser toutes les poutrelles ainsi que le premier hourdis (à chaque extrémité) qui doit rentrer sans forcer. On peut ainsi ajuster tout de suite l'écartement entre les poutrelles ; Sur des surfaces du plancher prévus pour supporter des charges permanentes importantes, on **mettra deux ou trois poutrelles côte à côte** ;
- **Poser tous les hourdis.** Les hourdis utilisés ici sont en terre cuite préfabriqués, qui constituent le coffrage du plancher entre les poutrelles; ils vont supporter le béton de la

dalle de compression. Pour placer les hourdis, il faut marcher sur le plancher en construction : poser des planches entre les poutrelles pour ne pas tomber entre elles ou passer à travers des hourdis fragiles ;

- **Étayer** : Avant de poser tous les hourdis et de couler le béton, il faut soutenir le plancher en construction avec une ligne d'appui, placée tous les 2.0 m. La méthode d'étayement est similaire à celle des poutres.

d-2) Réalisation de la dalle de compression

- **Coffrer l'extérieur du plancher** : préparer des panneaux de planches assemblés avec des rablettes qui dépassent le bas du panneau de 20 à 30 cm. mettre en place et régler le haut des panneaux au niveau du plancher fini ;
- **Ferrailler** : Après avoir nettoyé toute la surface (poutres, poutrelles et hourdis), poser un treillis soudé sur l'ensemble de la surface; à défaut de treillis soudé, on posera des barres $\varnothing 6$ tous les 25 cm dans les deux sens. terminer par les chapeaux: aciers posés au-dessus de chaque extrémité de poutrelle liés à la poutre ;
- **Couler la dalle de compression** : d'abord, humidifier abondamment les supports, les hourdis en particulier, qui absorbent beaucoup d'eau ;

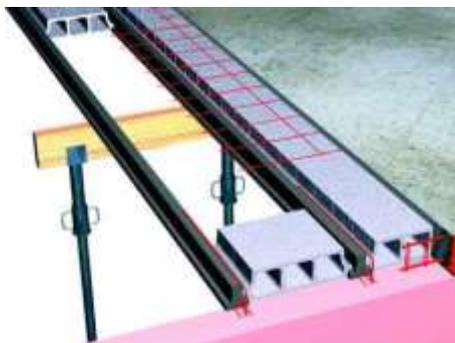


Figure 43: Mise en œuvre d'un plancher à hourdis

e) L'escalier

L'escalier n'est autre qu'une dalle en béton armé inclinée. Il s'appuie, en haut, sur un chevêtre encastré dans le plancher. Le procédé de mise en œuvre est classique:

- **Repérer** l'emplacement de l'escalier conformément au plan d'exécution ;
- **Préparer l'armature de l'escalier;**
- **Préparer et installer le coffrage:** le coffrage est constituée de planches longues, renforcé par un basting filant, de la même longueur après huilage des planches de coffrage;

- **Mettre en place les armatures**, la lier au chevêtre et attacher les cales;
- **coffrer les nez de marche** avec des planches ou des bastings dont le niveau supérieur est réglé à l'arase souhaitée ;
- **Couler le béton** : Remplir le coffrage d'un béton assez sec et bien le tasser, en commençant par le haut de l'escalier, puis lisser la surface à la taloche ;
- **Étayer** : Soutenir le coffrage par des étais tous les 1.50 m pour éviter la flexion.



Figure 44: *Mise en œuvre d'un escalier*

f) Maçonnerie

La construction des éléments porteurs achevés, on passe au montage des murs de remplissage. La maçonnerie est un assemblage d'éléments (briques, blocs de pierres) en général liés par un mortier. Il existe plusieurs types de briques : briques pleines, briques perforées, etc.



Figure 45: *Différentes sorte de brique*

f-2) Briques en terre

- **délimiter** à l'aide du niveau à bulle, un cordeau et un piquet les lignes horizontale et verticale de montage des briques, qui seront les points de repère ;
- **appliquez** ensuite sur cette zone **un lit de mortier** ;

- **mouiller les briques** afin qu'elles n'absorbent pas toute l'eau du mortier ;
- **poser la première rangée de briques** situées dans les coins. La première brique doit être posée directement sur le lit de mortier, tassez bien jusqu'à ce que ce dernier ne fasse plus qu'1 cm d'épaisseur;
- **poser la deuxième rangée de briques**. Les joints doivent être 1 cm d'épaisseur;
- à chaque rangée, **enlevez le surplus de mortier** à l'aide de la truelle et **vérifiez** avec le niveau à bulle l'ajustement vertical des briques.

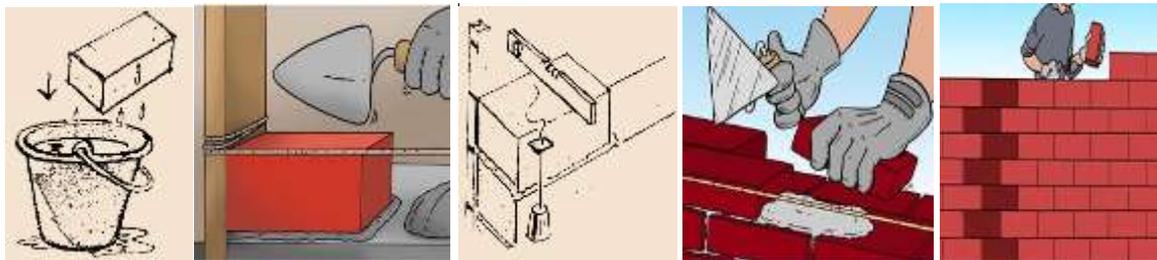


Figure 46: *mise en œuvre d'une maçonnerie de briques*

f-3) Briques de verre

- **Vérifiez les niveaux** du mur et du sol qui doit être bien droit ;
- **Positionnez et fixez** sur le sol un **profil U** à partir du mur ;
- **Placez un joint de dilatation** dans le profil ;
- **Préparez le mortier** et étendez **une première couche** dans le profil ;
- **Posez deux tiges métalliques** dans le mortier et sur toute la longueur du profil ;
- **Installez les croisillons** en se servant de la longueur d'une brique en verre ;
- **Placez les briques une à une** et remplissez l'espace vide entre les briques avec du mortier.



Figure 47: *Echantillon de brique de verre*

g) Les linteaux

La charge de la maçonnerie qui se trouve au-dessus des ouvertures est supportée par le linteau. Il doit reposer sur un appui de 20 cm minimum sur chaque mur. C'est une poutre constituée soit d'une seule pièce soit en béton armé.

La construction d'un linteau en béton armé se fait sur place de la façon suivante:

- **Coffrer le fond** avec une planche de la largeur du mur et la soutenir avec des étais ;
- **Placer les joues** du coffrage et les serrer contre la maçonnerie ;
- **Poser les armatures** et les caler entre les parois du coffrage ;
- **Poser les écarteurs** et serrer le coffrage ;
- **Couler et tasser** le béton ;
- **Décoffrer** les joues le lendemain, mais le fond doit attendre au moins deux semaines.

Les linteaux peuvent être aussi préfabriqués, à l'usine ou sur chantier. Leur mise en œuvre est plus facile

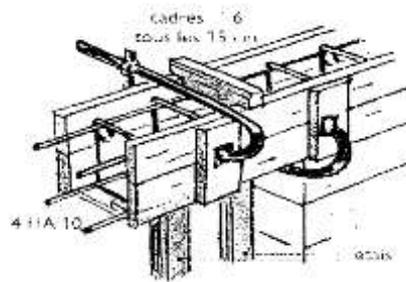


Figure 48: Mise en œuvre d'un linteau

h) Enduits

Pour empêcher l'eau de pénétrer dans les parois, pour limiter l'usure des murs sous l'action de la pluie et du vent, on recouvre la surface externe d'un enduit réalisé en mortier. L'enduit en trois couches permet d'obtenir une finition de bonne qualité

Pour l'exécuter, il faut successivement :

- i. préparer le support :** celui-ci doit être : rugueux, propre et humide ;
- ii. mettre en œuvre la couche d'accrochage :** préparer un mortier gras et assez fluide; le projeter violemment avec la truelle (il faut fouetter) pour qu'il accroche et pénètre au maximum; il faut obtenir une surface rugueuse ;
- iii. mettre en œuvre le corps d'enduit :** jeter le mortier sur le mur humidifié, serrer à la taloche et dresser la surface avec la règle; enfin strier la surface avec la truelle pour faciliter l'accrochage de la couche de finition ;

- iv. mettre en œuvre la couche de finition :** préparer un mortier moyen avec un sable fin (0-2 mm), étaler le mortier sur une faible épaisseur et talocher avec des mouvements circulaires.

i) Couverture

La mise en œuvre de la couverture est un réalisée par des ouvriers spécialisés appelés couvreur :
La couverture est sur charpente métallique

j) Chape et revêtements sols

La chape est exécutée après achèvement des murs, planchers et enduits verticaux et pourra recevoir un revêtement de sol : carrelage, revêtement plastique.

Couler une chape :

- repérer le niveau supérieur de la chape à l'aide d'un niveau à bulle d'un mètre.
- Placer quelques piquets contre les murs pour repérer ce niveau et les relier à des cordons qui va servir de guide;
- nettoyer soigneusement le support et l'humidifier ;
- mettre en place le mortier et dresser la surface à la règle et à la taloche en suivant les guides ;
- Enlever les guides.



Figure 49: *Couler une chape*

Traiter la surface et pose des revêtements :

- Lorsque la chape doit être revêtue d'un carrelage, laisser la surface légèrement rugueuse. La pose des carrelages se fait en coulant un mortier très gras (barbotine un peu sableuse) servant de colle. Les carreaux façonnés et humidifiés seront posés à l'immédiat pour éviter que la colle se sèche.
- Lorsque la chape est le sol fini ou doit être revêtue de plastique ou de moquette, lisser avec la truelle;

→ la surface peut être aussi rendue antidérapante avec la **boucharde** pour la chape sol fini.

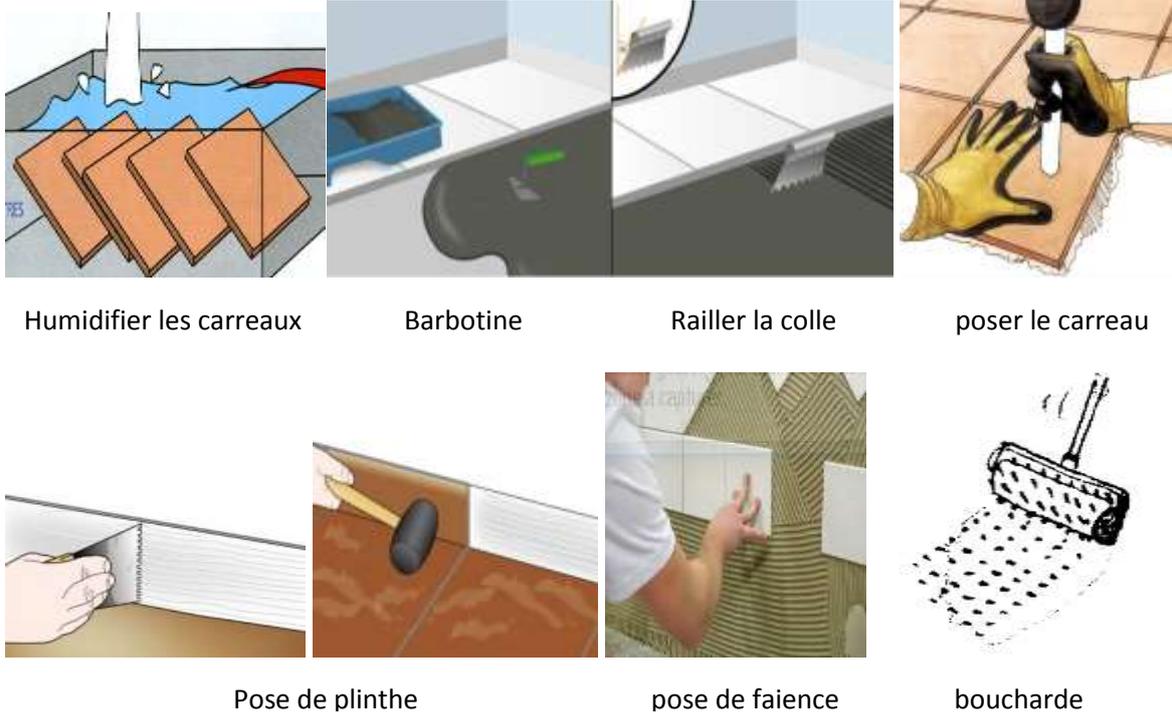


Figure 50: *mise en œuvre d'un carrelage*

**PARTIE IV:
EVALUATION DU COÛT DU
PROJET**

Chapitre XI:

DEVIS DESCRIPTIF

Le devis descriptif est un document établi par le maître d'œuvre donnant la description détaillée par poste et par corps d'état de l'ensemble des travaux à effectuer. Indissociable des plans auxquels il se réfère, il indique tout ce que ces derniers ne peuvent préciser : dosage des bétons, type de carrelage, nombre de couche de peinture, etc.... Il mentionne aussi, quelquefois, la marque commerciale et les références des composants préconisés.

Les travaux seront exécutés conformément aux différentes qualités énumérées dans le devis descriptif. Ce document sera donc exposé dans le tableau ci-après :

Tableau 28: Devis descriptif

N °	DESIGNATION DES TRAVAUX	CONCERNE	UNITE
1- INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER			
1.01	Installation de chantier: Amenée des matériels nécessaires ou exigés Clôture de chantier Mise en place du panneau d'indication du chantier Préparation des surfaces Aménagement des baraques (logement gardien, bureau de chantier, etc.) Les sujétions de maintien de la circulation durant les travaux	Le chantier	Fft
1.02	Repli de chantier: Démontage et repli des installations Enlèvement des matériels et des matériaux excédentaires Remise en état des lieux	Le chantier	Fft
2- TERRASSEMENT			
2.01	Décapage et nettoyage du sol Décapage et nettoyage préalable du terrain, y compris enlèvement des monticules, déchets et autres ordures	Toute la surface à bâtir jusqu'à la limite de la propriété	m ²
2.02	Fouille en rigole Fouille en rigole sur terre franche, y compris dressage des parois et des fonds	Travaux de fondation et assainissement (canalisation)	m ³
2.03	Fouille en excavation Fouille en excavation avec jet de pelle sur berge, dressage et blindage des parois	Assainissement (fosse septique)	m ³

2.04	Déblaiement de terre Enlèvement de terre et gravois extraits des fouilles, de terres en excès après nivellement et des décombres	Travaux de fondation	m ³
3- OUVRAGE EN INFRASTRUCTURE			
3.01	Béton dosé à 200kg de ciment Béton ordinaire de dosage 200kg, y compris toutes sujétions de mise en œuvre	Forme de propreté sous fondation, sous fosses septiques	m ³
3.02	Béton dosé à 350kg de ciment Fourniture et mise en œuvre de béton dosé à 350kg/m ³ de CEM I 42,5 coulé entre coffrage, y compris pervibration et toutes sujétions de mise en œuvre	Fondation, souche de poteau, mis en œuvre fosses septiques	m ³
3.03	Coffrage en bois ordinaire Fourniture et mise en œuvre de coffrage horizontal et vertical en bois ordinaire du pays; étaielement, buttage et toutes sujétions de mise en œuvre inclus	Les ouvrages énumérés à l'article 3-02	m ²
3.04	Armature en acier rond Fourniture et mise œuvre d'armatures en acier TOR, tout diamètre; façonnage, cintrage, montage par ligature en fil de fer recuit et toutes sujétions inclus	Les ouvrages énumérés à l'article 3-02	kg
3.05	Dallage Hérissonnage d'épaisseur 20cm, y compris compactage et réglage couche de forme en sable de 5cm d'épaisseur Béton de forme dosé à 350kg/m ³ , d'épaisseur 16cm Chape de 2cm d'épaisseur	Surface extérieur	m ²
4- OUVRAGE EN SUPERSTRUCTURE			
4.01	Béton dosé à 350Kg de ciment Fourniture et mise en œuvre de béton dosé à 350kg/m ³ de CEM I 42,5 coulé entre coffrage, y compris pervibration et toutes sujétions de mise en œuvre	Chaînages, linteaux, poteaux, poutres, dalles, voiles escaliers, chéneaux, etc....	m ³
4.02	Coffrage en bois dur du pays Fourniture et mise en œuvre de coffrage horizontal et vertical en bois ordinaire du pays; étaielement, buttage et toutes sujétions de mise en œuvre inclus	Les ouvrages concernés à l'article 4-01	m ²

4.03	Armature de béton en acier rond Fourniture et mise œuvre d'armatures en acier TOR, tout diamètre; façonnage, cintrage, montage par ligature en fil de fer recuit et toutes sujétions inclus	Les ouvrages concernés à l'article 4-01	kg
4.04	Mur de brique pleine en terre cuite de 25cm Mur de brique pleine en terre cuite de 25cm d'épaisseur fini maçonné au mortier de ciment CEM I dosé à 350 kg/m ³	Mur de façade du bâtiment	m ²
4.05	Cloison de 15cm Cloison légère de 15cm d'épaisseur	Mur de refend du bâtiment	m ²
4.06	Plancher à hourdis : Réalisation de plancher à hourdis creux avec façon de poutrelle, dalle de compression dosé à 350Kg de Ciment CEM I 42,5 , y compris armatures, coffrages, vibrage de sujétions de mise en œuvre.	Plancher du 1 ^{er} étage	m ²
5- ENDUITS - CHAPES – REVETEMENT			
5.01	Enduit ordinaire dosé à 350kg Fourniture et mise en œuvre d'enduit au mortier de ciment dosé à 350kg/m ³ , exécuté en 2 couches de 1,5cm d'épaisseur, toutes sujétions de mise en œuvre comprises	Murs de remplissage intérieur, extérieur	m ²
5.02	Enduit de plâtre Fourniture et mise en œuvre d'enduit de plâtre d'épaisseur 1,5cm, toutes sujétions comprises	Face inférieure des planchers, murs intérieurs	m ²
5.03	Carreaux murales Revêtement de mur en carreaux de faïence 15x15, posé au mortier de ciment sur crépi de fond préparé à l'avance, les joints garnis au ciment blanc	Revêtement vertical des sanitaires sur une hauteur de 1,50m	m ²
5.04	Grès cérame 30x30 antidérapant Revêtement en carreaux grès de qualité 30 x 30, posé à bain soufflant de mortier dosé à 500kg/m ³ , y compris toutes sujétions de mise en œuvre	Plancher de chaque étage, escalier, sanitaire	m ²
5.05	Plinthe en grès cérame Plinthe en grès cérame de 10cm de hauteur	Pourtour des surfaces revêtues en grès cérame	m ²
5.06	Chape dosé à 350kg/m³ Chape au mortier de ciment dosé à 350kg/m ³ , de 2cm d'épaisseur	Plancher d'étage	m ²
6- COUVERTURE - PLAFONNAGE – ETANCHEITE			
6.01	Panne métallique en IPE 220 Panne métallique en IPE 220, y compris coupe, mise en place, ancrages, fixations et toutes sujétions de mise en œuvre	Panne	ml

6.02	Charpente métallique Structure métallique en profilé scellement avec les structures en béton avec chevilles, compris coupe, mise en place, ancrages, fixations, traitement avant application de peinture antirouille et toutes sujétions de mise en œuvre	Charpente métallique de la toiture	ml
6.03	Couverture en tôles Galvabacs prelaqués 63/100è Fourniture et pose de couverture en tôles Galvabac prelaqués d'épaisseur 63/100è, fixées sur pannes métalliques avec des tirs fonds, pontets en plastique, cavaliers galvanisés, rondelles d'étanchéité (plomb, plastique), y compris toutes sujétions	Couverture des bâtiments	m ²
6.04	Faîtière Fourniture et pose de faîtière spéciale tôle Galvabac, de 60cm de développement et de longueur utile de 2 m, fixées sur pannes métalliques avec des tirs fonds, cales tôle en plastique, cavaliers galvanisés, rondelles d'étanchéité (plomb, plastique), y compris toutes sujétions	Faîtage de toiture du bâtiment	ml
6.05	Chéneaux rectangulaire de 25 cm de large Chéneaux rectangulaire de 25 cm de large, en fourniture et pose, y compris toutes sujétions	Collecte d'eaux pluviales	ml
6.06	Plafond suspendu Fourniture et pose de plafond en plaques minérales de 60x60, y compris toutes sujétions fixations et de mise en œuvre	Plafonnage des différents locaux	m ²
6.07	Etanchéité de la toiture Fourniture et mise en œuvre relevé d'étanchéité	Chéneaux	m ²
6.08	Descente d'eau pluviale Descente cylindrique de 80 mm de diamètre en tôle plane galvanisée, en fourniture et pose, y compris toutes sujétions	Evacuation d'eaux pluviales	ml
7- MENUISERIE – VITRERIE			
7.01	Porte pleine 0,90 x 2,10 Porte pleine en bois à 1 vantail de dimension 0,90 x 2,10 ouvrant vers l'intérieure	Porte des bureaux transits	U

7.02	Porte isoplane de 0,70 x 2,10 Fourniture et pose de portes isoplanes à un vantail de dimension 0,70 x 2,10 ouvrant vers l'intérieur avec cadre en bois dur du pays de 54/54 ou huisserie-habillage du contour par chambranles de 13/40, y compris serrurerie et toutes sujétions	Locaux sanitaires	U
7.03	Porte va et vient simple Fourniture et pose de porte va et vient à 2 vantaux, de dimension 0,80 x 2,10, y compris toutes sujétions de fixation	Urinoir	U
7.04	Porte vitrée 1,50 x 2,10 à 2 vantaux va et vient Fourniture et pose de porte vitrée à deux vantaux de dimension 1,50 x 2,10 y compris serrurerie et toutes sujétions	Entrée principale	U
7.05	Volet roulant 2 x 2,10 Fenêtre métallique à enroulement de 2 x 2,10, y compris toutes sujétions de mécanisme et de fixation	Ouverture RDC et R+1	U
7.06	Baies vitrées Fourniture et pose de châssis vitré métallique, y compris toutes sujétions de fixation	Devanture des façades	U
8- ELECTRICITE			
8.01	Disjoncteur de branchement Fourniture et installation de disjoncteur de branchement 4P30/60 - 500mA, y compris bloc de commande et tous les éléments de connexion	Installation électrique de l'aérogare	Fft
8.02	Tableau général pour la commande et la protection des équipements Fourniture et installation complète de tableau de distribution d'électricité comprenant: coffret VEGA D 3R à compléter H 850 Porte transparente pour VEGA D Ensemble de disjoncteur sans différentiel Ensemble de disjoncteur différentiel avec relais de protection thermique Ensemble d'interrupteur de commande 01 disjoncteur de départ pour le tableau secondaire	Tableau compteur général	Fft
8.03	Tableau de répartition Fourniture et installation complète de tableaux de répartition, y compris disjoncteurs divisionnaires et toutes sujétions	Répartition d'électricité à chaque niveau, à chaque local	Fft

8.04	Câblage en fil VGV 2 x 1,5 Installation de fil conducteur VGV 2 x 1,5 protégé à l'intérieur des tuyaux oranges et terminé par des boîtes de dérivation à chaque angle de murs, y compris tous accessoires de raccordement couvert	Interrupteur simple allumage- tout point lumineux à allumage	ml
8.05	Câblage en fil VGV 3 x 2,5 Installation de fil conducteur VGV 3 x 2,5 protégé à l'intérieur des tuyaux oranges et terminé par des boîtes de dérivation à chaque angle de murs, y compris tous accessoires de raccordement couvert	Tout câblage servant de source partant du compteur vers les prises de courant	ml
8.06	Prise de courant bipolaire Fourniture et pose de prise de courant, y compris mise à la terre et toutes sujétions	Ensemble de la construction	U
8.07	Installation de lampe fluorescente monotube de 1,50m/65w Installation de réglette complète monotube de 1,50m ; avec lampe 220v;65w installé à simple allumage, tous accessoires inclus	Eclairage intérieur des locaux et dégagement	U
8.08	Installation de lampe fluorescente monotube de 1,20m/40w Installation de réglette complète monotube de 1,20m; avec lampe 220v;40w installé à simple allumage, tous accessoires inclus	Locaux sanitaires	U
8.09	Installation de lampes ordinaires 60w Fourniture et installation de lampes ordinaires 60W ; y compris tous accessoires	Toilettes	U
8.10	Installation de lampe à réflexion incorporé de 150w Fourniture et installation de lampes à réflexion incorporé de 150W ; y compris tous accessoires et sujétions d'installation	Bureaux	U
8.11	Installation d'interrupteur simple allumage Fourniture et installation d'interrupteur à simple allumage encastré ou pas dans le mur, selon le cas et y compris tous accessoires et sujétions	Tout point lumineux à simple allumage	U
8.12	Sèche-mains Fourniture et pose de sèche-mains électriques, y compris branchement et toutes sujétions	Toilette	U
9- PLOMBERIE – SANITAIRE			

9.01	Tuyau d'adduction PVC Fourniture et installation de tuyau PVC pour adduction depuis le compteur vers les robinets et appareils sanitaires, y compris toutes sujétions de coupes et de raccordement ainsi que tous les accessoires de raccordement	Toutes les canalisations d'alimentation en eau	MI
9.02	Canalisation d'évacuation en PVC Canalisation d'évacuation en PVC de différents diamètres, y compris tous les accessoires de raccordement et toutes sujétions de mise en œuvre	Ensemble des canalisations d'évacuation	MI
9.03	Lave-main Fourniture de pose de lave-mains en porcelaine émaillée	Toilettes	U
9.04	WC à l'anglaise Fourniture et pose d'appareil de WC à l'anglaise, avec chasse d'eau dorsale à poussoir, muni de tous ses accessoires avec robinet d'arrêt, y compris toutes sujétions de pose et de bon fonctionnement	WC	U
9.05	Urinoir avec séparateur y compris Urinoir en grès porcelaine complet avec : Robinet Presto 12 Douille Arrivée-Départ Siphon bouteille Effet d'eau	Toilettes	U
9.06	Accessoires sanitaires Fourniture et pose de l'ensemble d'accessoires sanitaires: glace de 100cm x 50cm, sèche main, porte savon liquide, distributeur de papier hygiénique et toutes sujétions de pose	Toilettes	U
9.07	Bouche d'incendie Bouche d'incendie en fonte, à poser au sol avec boîtier, couvercle et raccordement pour les appareils sanitaires	Sécurité incendie	U
10- ASSAINISSEMENT			
10.1	Tuyau de chute pour EV et EU Fourniture et pose de tuyau de chute en polyvinyle de Chlore(PVC) des eaux domestiques, y compris les coudes, les colliers, les accessoires et toutes sujétions	Ensemble des canalisations d'évacuation des eaux domestiques de l'appareil jusqu' au regard et du regard jusqu' à l'égout public	ml

10.02	Regard en BA Regard en BA d'épaisseur 10cm dosé à 350 kg de ciment; avec dalle de couverture de 6cm d'épaisseur posée en feuillure avec anneau de levage de 6cm de diamètre	Regards d'assainissement	U
10.03	Fosse septique en BA 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	U
11- PEINTURE			
11.01	Badigeonnage Badigeonnage à chaux grasse alunée à 2 couches avant la peinture définitive, y compris toutes sujétions.	Toutes les surfaces enduites intérieures et extérieures sauf les parties revêtues en carrelage de faïence	m ²
11.02	Peinture pour murs intérieurs Peinture acrylique satinée lavable appliquée en couches suffisantes.	Surfaces enduites intérieures sauf les parties revêtues de carreaux murales (toilettes)	m ²
11.03	Peinture sur murs extérieurs Peinture vinylique pour l'extérieur, appliquée en 2 couches croisées, y compris toutes sujétions	Les surfaces enduites extérieures de l'aérogare	m ²
11.04	Peinture à l'huile glycérophtalique peinture à l'huile glycérophtalique, appliquée en 2 couches croisées, y compris toutes sujétions de mise en œuvre	Murs des locaux sanitaires sauf les surfaces revêtues de carrelage	m ²
12- EQUIPEMENTS SPECIAUX			
12.01	Climatiseur Fourniture de pose du climatiseur y compris toutes les sujétions de mise en œuvre	Tous les locaux	U
12.02	Extincteurs Fourniture et pose d'extincteur CO2 5 kg, y compris tous les accessoires de fixation et toutes sujétions	Dispositif de sécurité	U
12.03	Paratonnerre Fourniture et installation du paratonnerre y compris toutes les sujétions de mise en œuvre	Ensemble de l'aérogare	U

Chapitre XII:

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

1. Coefficient de majoration de déboursés K

Le coefficient de majoration de déboursés K permet de classer l'envergure du projet et du maître d'œuvre. Il permet alors le classement des entreprises aptes à la réalisation du projet. Les valeurs de K peuvent se présenter comme suit :

- $\leq K \leq 1.40 \Rightarrow$ Correspond à un projet de petite envergure réalisé par les petites Entreprises ;
- $1.40 \leq K \leq 1.70 \Rightarrow$ correspond à un projet d'envergure moyenne réalisée par les moyennes Entreprises ;
- $1.70 \leq K \leq 2 \Rightarrow$ Projet de grande envergure réalisé par les grandes entreprises.

On note que si le coefficient K est exclu de ces intervalles de valeurs, il ne convient pas au projet d'être soumis à un appel d'offre.

Le coefficient de déboursé K est donné par la relation suivante :

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

Dans laquelle :

A_1 : Indique les frais généraux proportionnels aux déboursés

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

A_2 : Bénéfice brut et frais financier proportionnel au prix de revient de l'Entreprise

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

A_3 : Frais proportionnel au TVA

$$A_3 = a_9 ;$$

L'Entreprise a son siège dans le pays $\Rightarrow a_9 = 0$

TVA = 20% pour tous les travaux. Dans le cas réel, les valeurs des indices a_i sont choisies forfaitairement par l'entreprise. Dans le cadre de ce projet, des valeurs approchées sont prises forfaitairement pour calculer les paramètres A_i . Les différentes valeurs et significations des termes a_i sont données dans le tableau suivant :

Tableau 29: Valeur des indices

Origine des frais	Decomposition a l'interieur de chaque categorie de frais	Indice de decomposition	
Frais généraux proportionnels aux déboursés	Frais d'agence et patente	a1	4,5
	Frais de chantier	a2	10
	Frais d'etude et de laboratoire	a3	3,5
	Assurance	a4	1,4
		A1	19,4
Bénéfice brut et frais financiers proportionnels au prix de revient	Benefice net et impot sur le benefice	a5	16
	Aleas technique	a6	3
	Aleas de revision de prix	a7	1,5
	Frais financiers	a8	12
		A2	32,5
Frais proportionnel au prix de règlement avec TVA	Frais de siège	a9	0
		A3	0

Ainsi, on a une valeur du coefficient de majoration des déboursés $K = 1,58$.

Sous-détail de prix :

Pour évaluer le prix unitaire (PU) d'une tâche quelconque, il faut considérer trois paramètres suivants :

- Matériels ;
- Matériaux ;
- Main d'œuvre.

Le sous détail de prix est établi en considérant les coûts de ces trois paramètres pour obtenir un total de sommes déboursées D. Les prix unitaires sont ensuite déterminés selon le rendement journalier R et le coefficient de déboursés K en suivant la relation suivante :

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

Les sous détails de prix sont utiles pour l'élaboration du DQE. Ainsi, quelques sous-détails de prix seront exposés ci-dessous :

Tableau 30: Exemple de sous détail de prix

Prix N °	Désignation					Unité	QUANTITE		
	Béton dosé à 350kg de ciment					m3			
Composition des prix			Coût direct			Montant (Ar)			Total
DESIGNATION	U	QTE	U	QTE	PRIX UNITAIRE (Ar)	Matériel	Main d'œuvre	Matériaux	
Matériel									
Outillage	Fft	1	Fft	1	75 000	75 000			75 000
Main d'œuvre									
Chef de chantier	Hj	1	h	2	2 000		4 000		
Chef d'équipe	Hj	1	h	3	1 500		4 500		
O.S	Hj	20	h	8	800		128 000		
Manœuvre	Hj	12	h	8	600		57 600		194 100
Matériaux									
Gravillons	m3	1	m3	3	42 000			107 100	
Sable	m3	0	m3	1	20 000			27 000	
Ciment	kg	350	kg	1 050	520			546 000	
Eau	L	170	L	510	5			2 550	682 650
K = 1,58						Total des déboursés D			951 750
R = 4,00 m3/j						PU			375 941
					Arrondi à			376 000	

Prix N °	Désignation					Unité	QUANTITE		
	Armature en acier TOR					kg			
Composition des prix			Coût direct			Montant (Ar)			Total
DESIGNATION	U	QTE	U	QTE	PRIX UNITAIRE (Ar)	Matériel	Main d'œuvre	Matériaux	
Matériel									
Outillage	Fft	1	Fft	1	6 000	6 000			6 000
Main d'œuvre									
Chef de chantier	Hj	1	h	2	2 000		4 000		
Chef d'équipe	Hj	1	h	3	1 500		4 500		
Ouvrier spécialisé	Hj	4	h	8	800		25 600		
Manœuvre	Hj	4	h	8	600		19 200		53 300
Matériaux									
Acier Tor de différents diamètres	kg	1	kg	70	2 500			175 000	
Fil de fer recuit	kg	0	kg	6	2 200			13 200	188 200
K = 1,58						Total des déboursés D			247 500
R = 70,00 kg/j						PU			5 586
					Arrondi à			5 600	

Prix N °	Désignation					Unité	QUANTITE		
	COFFRAGE EN BOIS					m2			
Composition des prix									
DESIGNATION	U	QTE	Coût direct			Montant (Ar)			Total
			U	QTE	PRIX UNITAIRE (Ar)	Matériel	Main d'œuvre	Matériaux	
Matériel									
Outillage	Fft	1	Fft	1	2 000	2 000			2 000
Main d'œuvre									
Chef de chantier	Hj	1	h	2	2 000		4 000		
Chef d'équipe	Hj	1	h	3	1 500		4 500		
O.S	Hj	4	h	8	800		25 600		
Manœuvre	Hj	6	h	8	600		28 800		62 900
Matériaux									
Planche 4m de long et 0,15m de large	U	2	U	120	3 000			360 000	
Bois carré de 4 x 4 cm2 de 4m de longueur	U	1	U	30	3 500			105 000	
Bois rond de 4m de long et de 8cm de diamètre	U	2	U	120	3 000			360 000	
Pointes 60-70-100 TP	kg	0	kg	12	5 000			60 000	885 000
K = 1,58						Total des déboursés D			947 900
R = 60,00 m2/j						PU			24 961
					Arrondi à			25 000	

Prix N °	Désignation					Unité	QUANTITE		
	Enduit ordinaire dosé à 350kg de ciment					m2			
Composition des prix									
DESIGNATION	U	QTE	Coût direct			Montant (Ar)			Total
			U	QTE	PRIX UNITAIRE (Ar)	Matériel	Main d'œuvre	Matériaux	
Matériel									
Outillage	Fft	1	Fft	1	10 000	10 000			10 000
Main d'œuvre									
Chef de chantier	Hj	1	h	2	2 000		4 000		
Chef d'équipe	Hj	1	h	3	1 500		4 500		
Ouvrier spécialisé	Hj	4	h	8	800		25 600		
Manœuvre	Hj	2	h	8	600		9 600		43 700
Matériaux									
Acier Tor de différents diamètres	kg	5	kg	79	520			43 992	
Fil de fer recuit	m3	0	kg	0	20 000			4 800	48 792
K = 1,58						Total des déboursés D			102 492
R = 15,00 m2/j						PU			10 796
					Arrondi à			10 800	

Prix N°	Désignation					Unité	QUANTITE		
	Revêtement en carrelage					m2			
Composition des prix			Coût direct			Montant (Ar)			
DESIGNATION	U	QTE	U	QTE	PRIX UNITAIRE (Ar)	Matériel	Main d'œuvre	Matériaux	Total
Matériel									
Outillage	Fft	1	Fft	1	15 000	15 000			15 000
Main d'œuvre									
Chef de chantier	Hj	1	h	2	2 000		4 000		
Chef d'équipe	Hj	1	h	3	1 500		4 500		
Ouvrier spécialisé	Hj	3	h	8	800		25 600		
Manœuvre	Hj	2	h	8	600		9 600		35 800
Matériaux									
Carreaux 30 x 30	kg	0	kg	80	8 000			640 000	
Mortier de pose	m3	0	kg	0	150 000			16 500	656 500
K = 1,58						Total des déboursés D			707 300
R = 15,00 m2/j						PU			74 502
					Arrondi à			74 500	

2. Détail quantitatif et estimatif (ou Bordereau Détail Estimatif (BDE))

C'est un document de classement rationnel et récapitulatif des différentes quantités d'ouvrage élémentaire résultant de l'avant-métré et donnant une évaluation chiffrée. C'est à partir du BDE que les Entreprises consultées établissent leur proposition de prix. Le devis quantitatif et estimatif du projet est présenté dans le tableau ci-après :

Tableau 31: Détail quantitatif et estimatif

N°	DESIGNATION	UNITE	QUANTITE	PU (Ar)	MONTANT (Ar)
1	INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER				
1.01	Installation de chantier	Fft	1,00	35 000 000,00	35 000 000,00
1.02	Repli de chantier	Fft	1,00	15 000 000,00	15 000 000,00
	Total installation et repli de chantier				50 000 000,00
2	TERRASSEMENT				
2.01	Décapage et nettoyage du sol	m2	11 430,00	1 000,00	11 430 000,00
2.02	Fouille en rigole	m3	450,00	6 000,00	2 700 000,00
2.03	Fouille en excavation	m3	20,00	9 000,00	180 000,00
2.04	Déblai de terre	m3	450,00	3 000,00	1 350 000,00
	Total terrassement				15 660 000,00

3	OUVRAGES EN INFRASTRUCTURE				
3.01	Béton dosé à 200kg de ciment	m3	45,00	260 403,50	11 718 157,50
3.02	Béton dosé à 350kg de ciment	m3	450,00	340 251,00	153 112 950,00
3.03	Coffrage en bois ordinaire	m2	500,00	25 000,00	12 500 000,00
3.04	Armature en acier rond	kg	16 168,05	5 100,00	82 457 055,00
3.05	Dallage	m3	5 715,00	109 000,00	622 935 000,00
	Total ouvrages en infrastructure				882 723 162,50
4	OUVRAGES EN SUPERSTRUCTURE				
4.01	Béton dosé à 350kg de ciment	m3	6 165,00	376 000,00	2 318 040 000,00
4.02	Coffrage en bois dur du pays	m2	5 633,55	22 600,00	127 318 230,00
4.03	Armature de béton en acier rond	kg	35 802,47	5 600,00	200 493 832,00
4.04	Mur en brique pleine	m2	868,00	24 896,00	21 609 728,00
4.05	Cloison légère	m2	540,00	8 333,00	4 499 820,00
	Total ouvrages en superstructure				2 671 961 610,00
5	ENDUITS - CHAPES - REVETEMENTS				
5.01	Enduit ordinaire dosé à 350kg	m2	868,00	10 800,00	9 374 400,00
5.02	Enduit de plâtre	m2	1 948,00	13 500,00	26 298 000,00
5.03	Carreaux murales	m2	140,70	41 000,00	5 768 700,00
5.04	Grès cérame 30x30 antidérapant	m2	2 090,00	67 429,00	140 926 610,00
5.05	Plinthe en grès cérame	ml	26,87	6 250,00	167 937,50
5.06	Chape dosé à 350kg/m3	m2	5 715,00	10 800,00	61 722 000,00
	Total enduits-chape-revêtement				244 257 647,50
6	COUVERTURE - PLAFONNAGE-ETANCHEITE				
6.01	Panne métallique en IPE 160	ml	395,20	33 000,00	13 041 600,00
6.02	Charpente métallique	ml	247,40	30 000,00	7 422 000,00
6.03	Couverture en tôles Galvabacs prélaquées 63/100è	m2	463,00	45 000,00	20 835 000,00
6.04	Faitière	ml	127,00	15 000,00	1 905 000,00
6.05	Chéneaux	ml	96,26	45 000,00	4 331 700,00
6.06	Plafond suspendu	m2	11 430,00	20 000,00	228 600 000,00
6.07	Étanchéité de la toiture	m2	68,05	75 000,00	5 103 750,00
6.08	Descente d'eau pluviale	ml	434,00	25 100,00	10 893 400,00
	Total couverture-plafonnage-étanchéité				292 132 450,00
7	MENUISERIE - VITRERIE				
7.01	Porte pleine 0,90 x 2,10	U	110,00	205 000,00	22 550 000,00
7.02	Porte isoplane de 0,70 x 2,10	U	28,00	200 000,00	5 600 000,00
7.03	Porte va et vient simple	U	12,00	200 000,00	2 400 000,00
7.04	Porte vitrée 1,50 x 2,10 à 2 vantaux va et vient	U	1,00	550 000,00	550 000,00

7.05	Volet roulant 2 x 2,10	U	110,00	550 000,00	60 500 000,00
7.06	Baies vitrées	U	25,00	71 200,00	1 780 000,00
	Total menuiserie et vitrerie				93 380 000,00
8	ELECTRICITE				
8.01	Disjoncteur de branchement	Fft	1,00	715 560,00	715 560,00
8.02	Tableau général pour la commande et la protection des équipements	Fft	1,00	3 035 525,00	3 035 525,00
8.03	Tableau de répartition	Fft	1,00	1 500,00	1 500,00
8.04	Câblage en fil VGV 2 x 1,5	ml	1 615,60	1 750,00	2 827 300,00
8.05	Câblage en fil VGV 3 x 2,5	ml	163,30	3 500,00	571 550,00
8.06	Prise de courant bipolaire	U	61,00	28 500,00	1 738 500,00
8.07	Installation de lampe fluorescente monotube de 1,50m/65w	U	212,00	21 300,00	4 515 600,00
8.08	Installation de lampe fluorescente monotube de 1,20m/40w	U	10,00	17 500,00	175 000,00
8.09	Installation de lampes ordinaires 60w	U	6,00	500,00	3 000,00
8.10	Installation de lampe à réflexion incorporé de 150w	U	74,00	12 000,00	888 000,00
8.11	Installation d'interrupteur simple allumage	U	123,50	14 500,00	1 790 750,00
8.12	Sèche-mains	U	12,00	50 000,00	600 000,00
	Total électricité				16 862 285,00
9	PLOMBERIE - SANITAIRE				
9.01	Tuyau d'adduction PVC	ml	236,74	6 500,00	1 538 810,00
9.02	Canalisation d'évacuation en PVC	ml	212,89	7 500,00	1 596 675,00
9.03	Lave-main	U	12,00	110 000,00	1 320 000,00
9.04	WC à l'anglaise	U	28,00	275 000,00	7 700 000,00
9.05	Urinoir avec séparateur y compris	U	6,00	136 800,00	820 800,00
9.06	Accessoires sanitaires	Fft	6,00	850 000,00	5 100 000,00
9.07	Bouche d'incendie	U	6,00	285 000,00	1 710 000,00
	Total plomberie-sanitaire				19 786 285,00
10	ASSAINISSEMENT				
10.01	Tuyau de chute pour EV et EU	ml	122,93	13 000,00	1 598 090,00
10.02	Regard en BA	U	3,00	95 000,00	285 000,00
10.03	Fosse septique en BA	U	3,00	5 500 000,00	16 500 000,00
	Total assainissement				18 383 090,00
11	PEINTURE				
11.01	Badigeonnage	m2	2 816,00	1 000,00	2 816 000,00
11.02	Peinture plastique pour murs intérieurs	m2	1 948,00	5 202,00	10 133 496,00
11.03	Peinture vinylique sur murs extérieurs	m2	868,00	5 750,00	4 991 000,00
11.04	Peinture à l'huile glycérophtalique	m2	252,00	6 203,00	1 563 156,00

	Total peinture				19 503 652,00
12	EQUIPEMENTS SPECIAUX				
12.01	Climatiseur	U	25,00	800 000,00	20 000 000,00
12.02	Extincteurs	U	12,00	550 000,00	6 600 000,00
12.03	Paratonnerre	Fft	1,00	8 500 000,00	8 500 000,00
	Total équipements spéciaux				35 100 000,00

Le tableau suivant expose la récapitulation de l'estimation de l'ouvrage :

Tableau 32: Récapitulation de l'estimation de l'ouvrage

N°	DESIGNATION	Montant (Ariary)
1	INSTALLATION ET REPLI DE CHANTIER	50 000 000,00
2	TERRASSEMENT	15 660 000,00
3	OUVRAGES EN INFRASTRUCTURE	882 723 162,50
4	OUVRAGES EN SUPERSTRUCTURE	2 671 961 610,00
5	ENDUITS - CHAPES - REVETEMENTS	244 257 647,50
6	COUVERTURE - PLAFONNAGE-ETANCHEITE	292 132 450,00
7	MENUISERIE - VITRERIE	93 380 000,00
8	ELECTRICITE	16 862 285,00
9	PLOMBERIE - SANITAIRE	19 786 285,00
10	ASSAINISSEMENT	18 383 090,00
11	PEINTURE	19 503 652,00
12	EQUIPEMENTS SPECIAUX	35 100 000,00
	TOTAL HORS TAXE	4 359 750 182,00
	TVA 20%	871 950 036,40
	TOTAL TTC	5 231 700 218,40

Arrêté le montant total estimé du projet à la somme de **CINQ MILLIARDS DEUX CENT TRENTE UN MILLIONS SEPT CENT MILLE DEUX CENT DIX HUIT ARIARY QUARANTE (Ar 5 231 700 218,40)**, y compris la Taxe sur la Valeur Ajoutée (TVA) au taux de VINGT POUR CENT (20%) pour un montant de **HUIT CENT SOIXANTE ONZE MILLIONS NEUF CENT CINQUANTE MILLE TRENTE SIX ARIARY QUARANTE (Ar 871 950 036,40)**.

Le coût au mètre carré de la construction est estimé à la somme de **QUATRE CENT CINQUANTE SEPT MILLE SEPT CENT QUINZE ARIARY CINQUANTE CINQ (457 715,55)**

CONCLUSION GENERALE

Ce présent mémoire se rapporte sur l'étude d'une Aérogare fret à l'aéroport d'Ivato. Sachant actuellement les besoins des habitants et l'importance du commerce dans le transport aérien, la réalisation de ce projet serait un atout majeur pour la ville d'Antananarivo et surtout pour Madagascar en entier. Le travail effectué dans le cadre de l'étude du présent projet nous a permis de consolider les connaissances en matière de projet de construction que nous avons acquises à l'Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo. Ce projet dans le cadre du Master Plan, étant prévu pour la restauration de l'Aéroport d'Ivato, a nécessité des études adéquates et profondes concernant le domaine. Entre autre, ce projet de construction d'une aérogare large en surface vise à respecter la norme environnementale, favorisera la modernisation de la ville et permettra aussi de faciliter les besoins de la population urbaine. Dans un premier temps, l'étude architecturale nous a permis de mettre en évidence les différents points qui particularisent la conception d'une vaste aérogare. Les études techniques relatives aux dimensionnements des éléments principaux (poteaux, poutres, planchers, etc.) ont été abordées en second lieu de ce présent travail et a permis d'avoir des ordres de grandeur sur les différentes dimensions des éléments. Une avant dernière partie se consacre sur la technologie de mise en œuvre. Et la dernière étape s'est reposée sur l'étude financière par laquelle nous avons pu évaluer le coût du projet.

Ainsi, nous espérons que notre travail apportera des innovations pouvant permettre l'amélioration de tous projets de construction future du pays en ce qui concerne une aérogare.

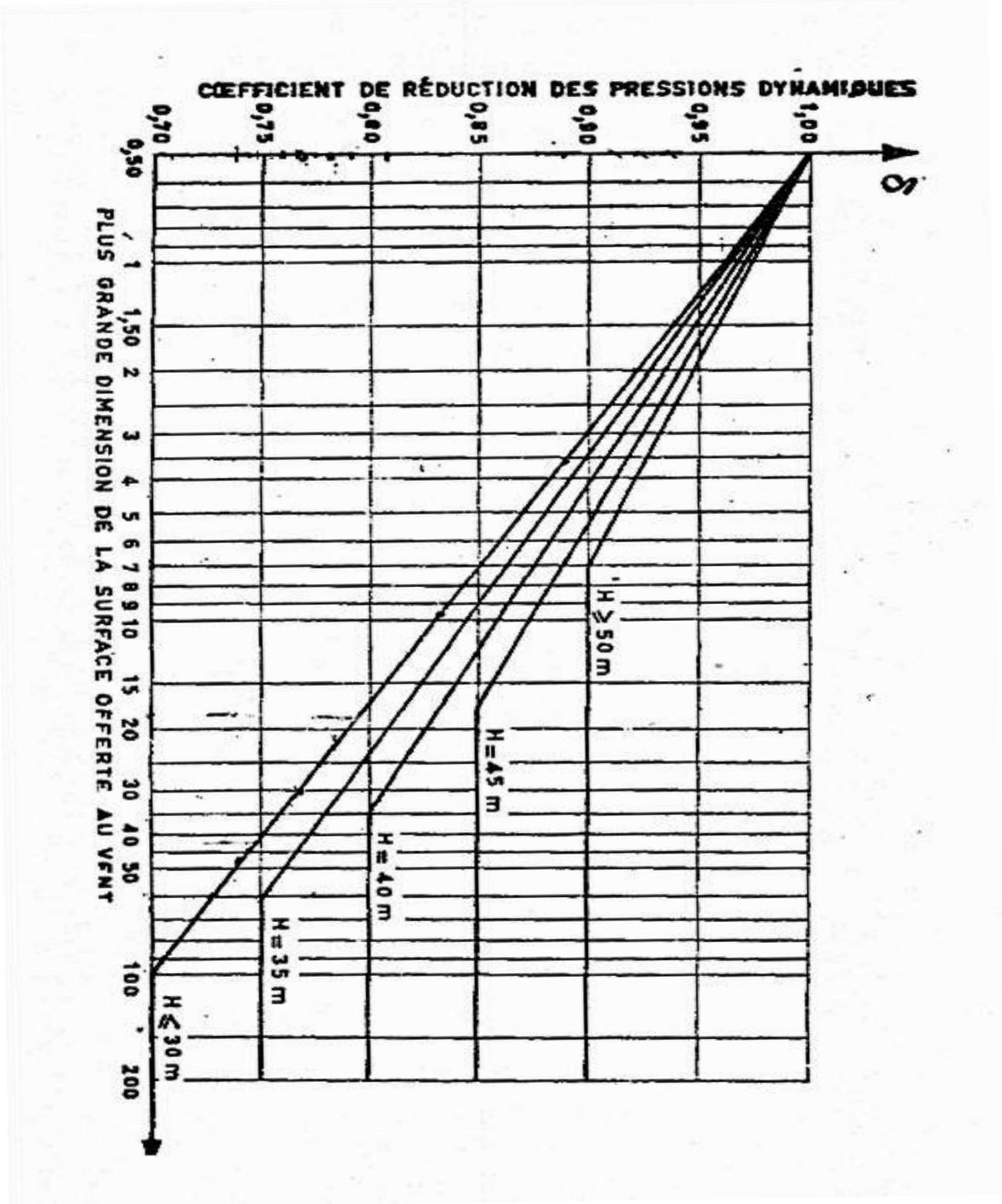
Bibliographie

- [1] SETRA, LES BATIMENTS LOGISTIQUES, fonctions et impact sur le territoire (2009).
- [2] FRITZ INSTITUTE, Entreposage Et Gestion Des Stocks, Définir Les Conditions requises pour un Entrepôt.
- [3] GÉRARD ERMISSE, Module 10, section 1 : Construire et/ou aménager des bâtiments et locaux d'archives (2011).
- [4] La CUSSTR, Aménagement général des postes de Travail (2013).
- [5] Michel ROUX, 4^{ème} édition, Entrepôts et magasins.
- [6] M. LANDIHERINDRAINNY, Mémoire de fin d'étude (2014).
- [7] M. RAZAFINJATO V. Cours de RDM, (2012), (2013) - Cours de calcul des structures (2014).
- [8] Mme. RAVAOHARISOA, L.– Cours de béton armé(2012), (2013).
- [9] LEMDANI, EPAU 2^{ème} année, modules de constructions, L'IMPLANTATION.
- [10] NEUFERT, E. (1996). LES ELEMENTS DES PROJETS DE CONSTRUCTION 7^è édition. DUNOD. Paris.
- [11] OPPBTP, Fiche prévention, Découpe, façonnage et assemblage des armatures sur le chantier du Bâtiment.
- [12] EGF.BTP , FFB, Guide Pratique du Béton.

ANNEXES

Annexe 1: EFFET DU VENT

Coefficient des pressions dynamiques



Le zonage des pressions dynamiques à Madagascar :

La carte suivante délimite les quatre zones qui comprennent les régions ci-après :

- **Zone 1** : Diana, Sava, Analanjiroro, Antsinanana, Alaotra Mangoro, Sofia, Boeny.
 - Vitesse des Vents :

Valeurs normales (1)	Valeurs extrêmes (1)
74m/s ou 266km/h	97m/s ou 350km/h
 - Les pressions dynamiques correspondantes sont :

Valeurs normales (1)	Valeurs extrêmes (1)
336 dan/m²	588 dan/m²

- **Zone 2** : Melaky, Menabe, Anosy, Atsimo atsinanana, Atsimo andrefana, Vatovavy fitovinany.
 - Vitesse des Vents :

Valeurs normales (1)	Valeurs extrêmes (1)
60 m/s ou 216 km/h	79 m/s ou 284 km/h
 - Les pressions dynamiques correspondantes sont :

Valeurs normales (1)	Valeurs extrêmes (1)
208 dan/m²	364 dan/m²

- **Zone 3** : Analamanga, Bongolava, Itasy, Vakinankaratra, Amoron'i Mania, Matsiatra Ambony, Betsiboka.
 - Vitesse des Vents :

Valeurs normales (1)	Valeurs extrêmes (1)
45 m/s ou 162 km/h	59 m/s ou 212 km/h
 - Les pressions dynamiques correspondantes sont :

Valeurs normales (1)	Valeurs extrêmes (1)
124 dan/m²	217 dan/m²

- **Zone 4** : Androy, Ihorombe.
 - Vitesse des Vents :

Valeurs normales (1)	Valeurs extrêmes (1)
35 m/s ou 126 km/h	46 m/s ou 165 km/h
 - Les pressions dynamiques correspondantes sont :

Valeurs normales (1)	Valeurs extrêmes (1)
75 dan/m²	131 dan/m²

L'effet prévisible du réchauffement climatique est déjà pris en compte dans ces valeurs



Annexe 2: DESCENTE DES
CHARGE

Calcul de la descente de charge sur E1 :

Poteau	Niveau	Désignation	L(m)	l(m)	h(m)	Poids unitaire (daN/m ² ou daN/m ³)	Poids total (daN)
E1	N1	toiture	4,66	1,83		32	273
		poutre long	4,66	0,22	0,4	2500	1025
		poutre transversale	1,83	0,22	0,45	2500	453
						N1=	1751
	N2	venant de N1					1751
		poteau	0,22	0,2	3	2500	330
						N2=	2081
	N3	venant de N2					2081
		Plancher	4,66	1,83		340	2899,452
		poutre long	4,66	0,22	0,4	2500	1025
		poutre transversale	1,83	0,22	0,45	2500	453
		mur de remplissage	4,66		3,15	460	6752,34
						N3=	13211
	N4	venant de N3					13211
		poteau	0,22	0,2	3	2500	330
						N4=	13541
	N5	venant de N4					13541
		Plancher	4,66	1,83		340	2899,452
		Longrines	4,66	0,4	0,4	2500	1864
		poutre transversale	1,83	0,22	0,5	2500	503
		mur de remplissage	4,66		3,15	460	6752,34
						N5=	25560

Calcul de la descente de charge sur E3 :

Poteau	Niveau	Désignation	L(m)	l(m)	h(m)	Poids unitaire (daN/m ² ou daN/m ³)	Poids total (daN)
E3	N1	toiture	4,66	4,00		32	596
		poutre long	4,66	0,22	0,4	2500	1025
		poutre trans	4,00	0,22	0,45	2500	990
						N1=	2612
	N2	venant de N1					2612
		poteau	0,22	0,2	3	2500	330
						N2=	2942
	N3	venant de N2					2942
		Plancher	4,66	4,00		340	6337,6
		poutre long	4,66	0,22	0,4	2500	1025
		poutre trans	4	0,22	0,45	2500	990
		mur de remplissage	4,66		3,15	460	6752,34
						N3=	18047
	N4	venant de N3					18047
		poteau	0,22	0,2	3	2500	330
						N4=	18377
	N5	venant de N4					18377
		Plancher	4,66	4,00		340	6337,6
		Longrines	4,66	0,4	0,4	2500	1864
		poutre trans	4,00	0,22	0,5	2500	1100
		mur de remplissage	4,66		3,15	460	6752,34
						N5=	34431

Calcul de la descente de charge sur E4 :

Poteau	Niveau	Désignation	L(m)	l(m)	h(m)	Poids unitaire (daN/m ² ou daN/m ³)	Poids total (daN)
E4	N1	toiture	4,66	3,71		32	553
		poutre long	4,66	0,22	0,4	2500	1025
		poutre transversale	3,71	0,22	0,45	2500	918
						N1=	2497
	N2	venant de N1					2497
		poteau	0,22	0,2	3	2500	330
						N2=	2827
	N3	venant de N2					2827
		Plancher	4,66	3,71		340	5878,124
		poutre long	4,66	0,22	0,4	2500	1025
		poutre transversale	3,71	0,22	0,45	2500	918
		mur de remplissage	4,66		3,15	460	6752,34
						N3=	17401
	N4	venant de N3					17401
		poteau	0,22	0,2	3	2500	330
						N4=	17731
	N5	venant de N4					17731
		Plancher	4,66	3,71		340	5878,124
		Longrines	4,66	0,4	0,4	2500	1864
		poutre transversale	3,71	0,22	0,5	2500	1020
		mur de remplissage	4,66		3,15	460	6752,34
						N5=	33245

Calcul de la descente de charge sur E5 :

Poteau	Niveau	Désignation	L(m)	l(m)	h(m)	Poids unitaire (daN/m ² ou daN/m ³)	Poids total (daN)
E5	N1	toiture	4,66	4,14		32	617
		poutre long	4,66	0,22	0,4	2500	1025
		poutre trans	4,14	0,22	0,45	2500	1025
						N1=	2667
	N2	venant de N1					2667
		poteau	0,22	0,2	3	2500	330
						N2=	2997
	N3	venant de N2					2997
		Plancher	4,66	4,14		340	6559,416
		poutre long	4,66	0,22	0,4	2500	1025
		poutre trans	4,14	0,22	0,45	2500	1025
		mur de remplissage	4,66		3,15	460	6752,34
						N3=	18359
	N4	venant de N3					18359
		poteau	0,22	0,2	3	2500	330
						N4=	18689
	N5	venant de N4					18689
		Plancher	4,66	4,14		340	6559,416
		Longrines	4,66	0,4	0,4	2500	1864
		poutre trans	4,14	0,22	0,5	2500	1139
		mur de remplissage	4,66		3,15	460	6752,34
						N5=	35003

Calcul de la descente de charge sur E6 :

Poteau	Niveau	Désignation	L(m)	l(m)	h(m)	Poids unitaire (daN/m ² ou daN/m ³)	Poids total (daN)
E6	N1	toiture	4,66	1,95		32	291
		poutre long	4,66	0,22	0,4	2500	1025
		poutre trans	1,95	0,22	0,45	2500	483
						N1=	1799
	N2	venant de N1					1799
		poteau	0,22	0,2	3	2500	330
						N2=	2129
	N3	venant de N2					2129
		Plancher	4,66	1,95		340	3089,58
		poutre long	4,66	0,22	0,4	2500	1025
		poutre trans	1,95	0,22	0,45	2500	483
		mur de remplissage	4,66		3,15	460	6752,34
						N3=	13478
	N4	venant de N3					13478
		poteau	0,22	0,2	3	2500	330
						N4=	13808
	N5	venant de N4					13808
		Plancher	4,66	1,95		340	3089,58
		Longrines	4,66	0,4	0,4	2500	1864
		poutre trans	1,95	0,22	0,5	2500	536
		mur de remplissage	4,66		3,15	460	6752,34
						N5=	26051

Annexe 3: CALCUL DES
STRUCTURES

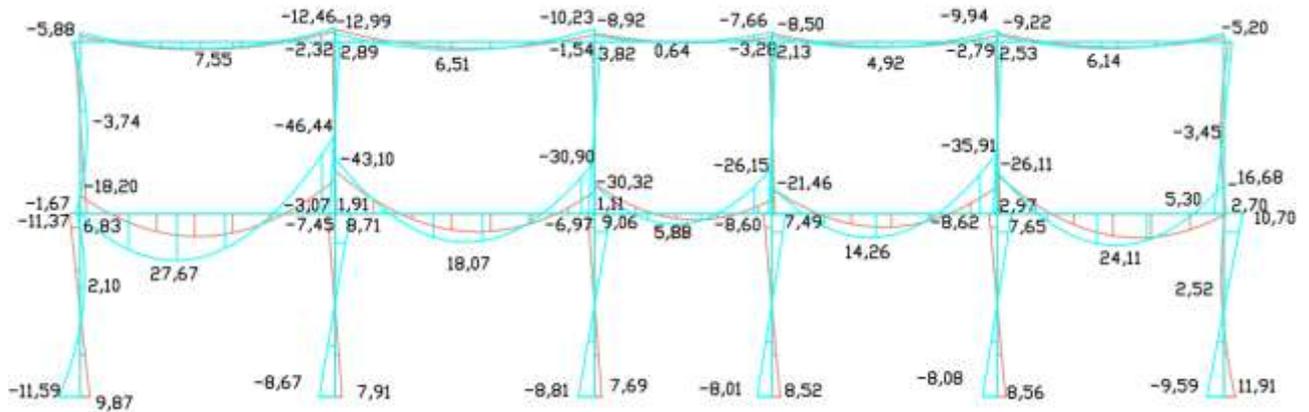


Figure 51: Courbe enveloppe des moments à l'ELU sur les poutres



Figure 52: Courbe enveloppe des moments à l'ELS sur les poutres

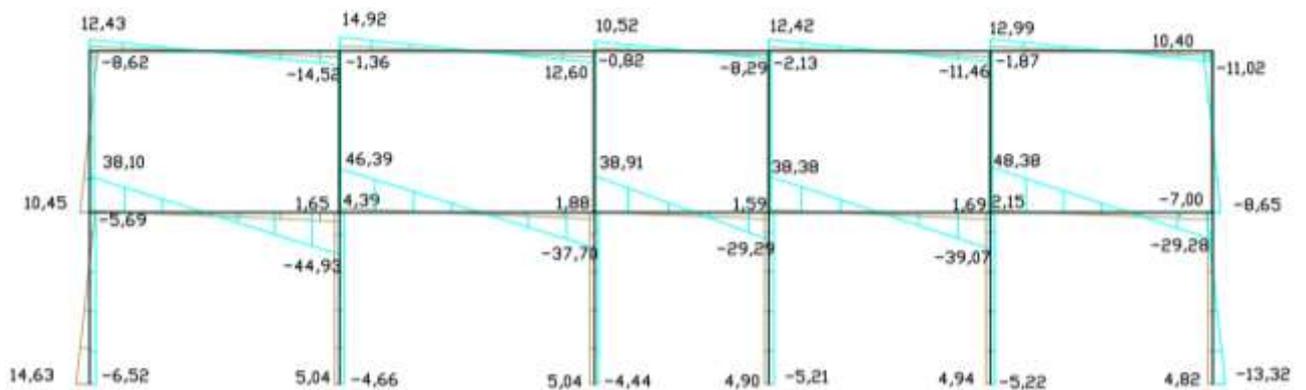


Figure 53: Courbe enveloppes des efforts tranchants à l'ELU sur les poteaux

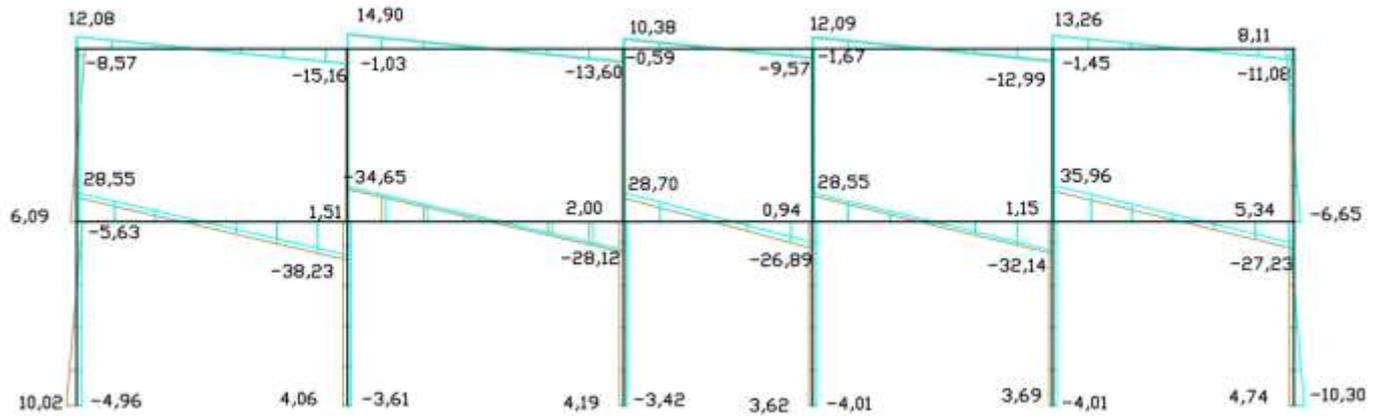
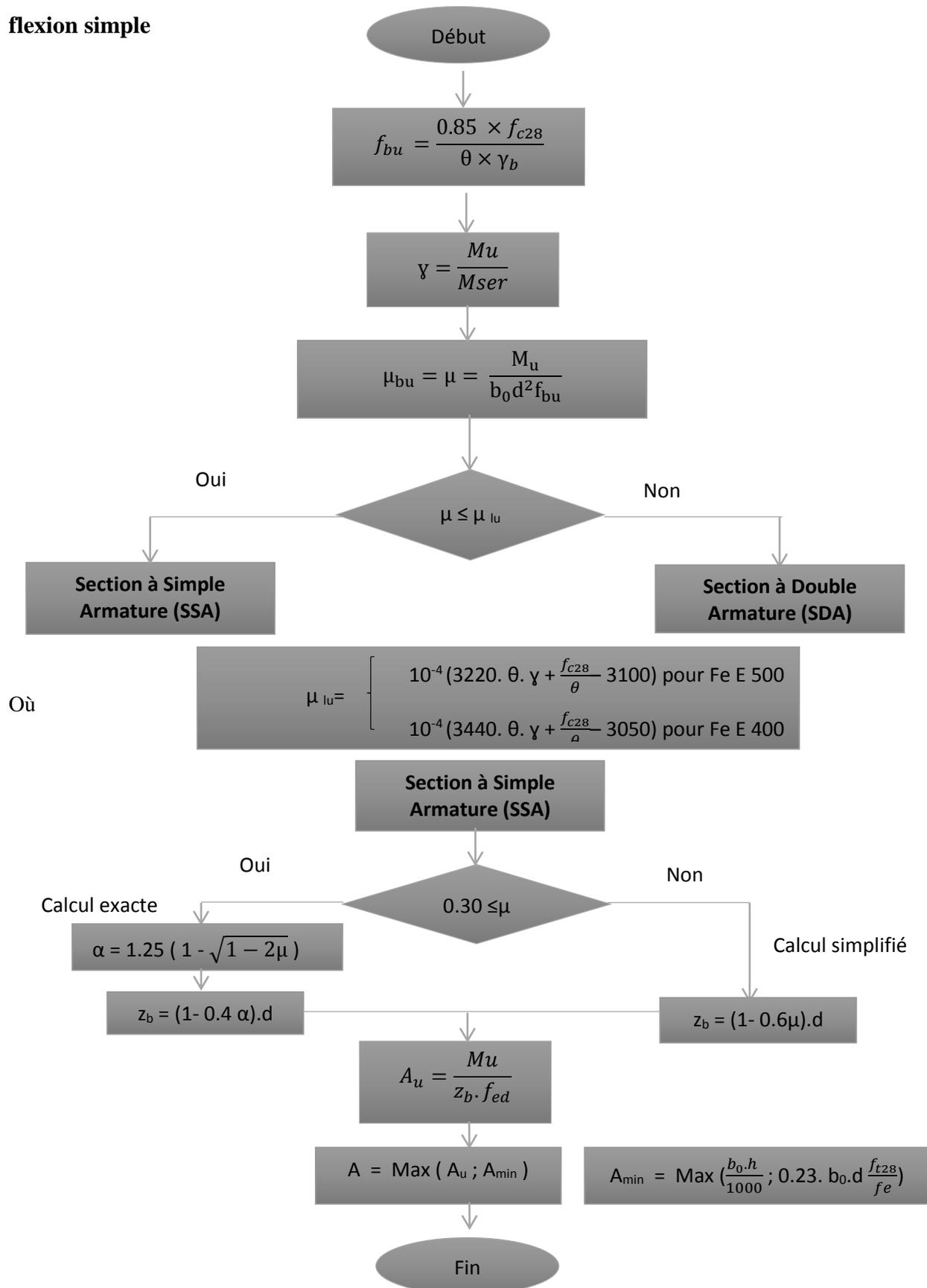


Figure 54: Courbe enveloppes des efforts tranchants à l'ELS sur les poteaux

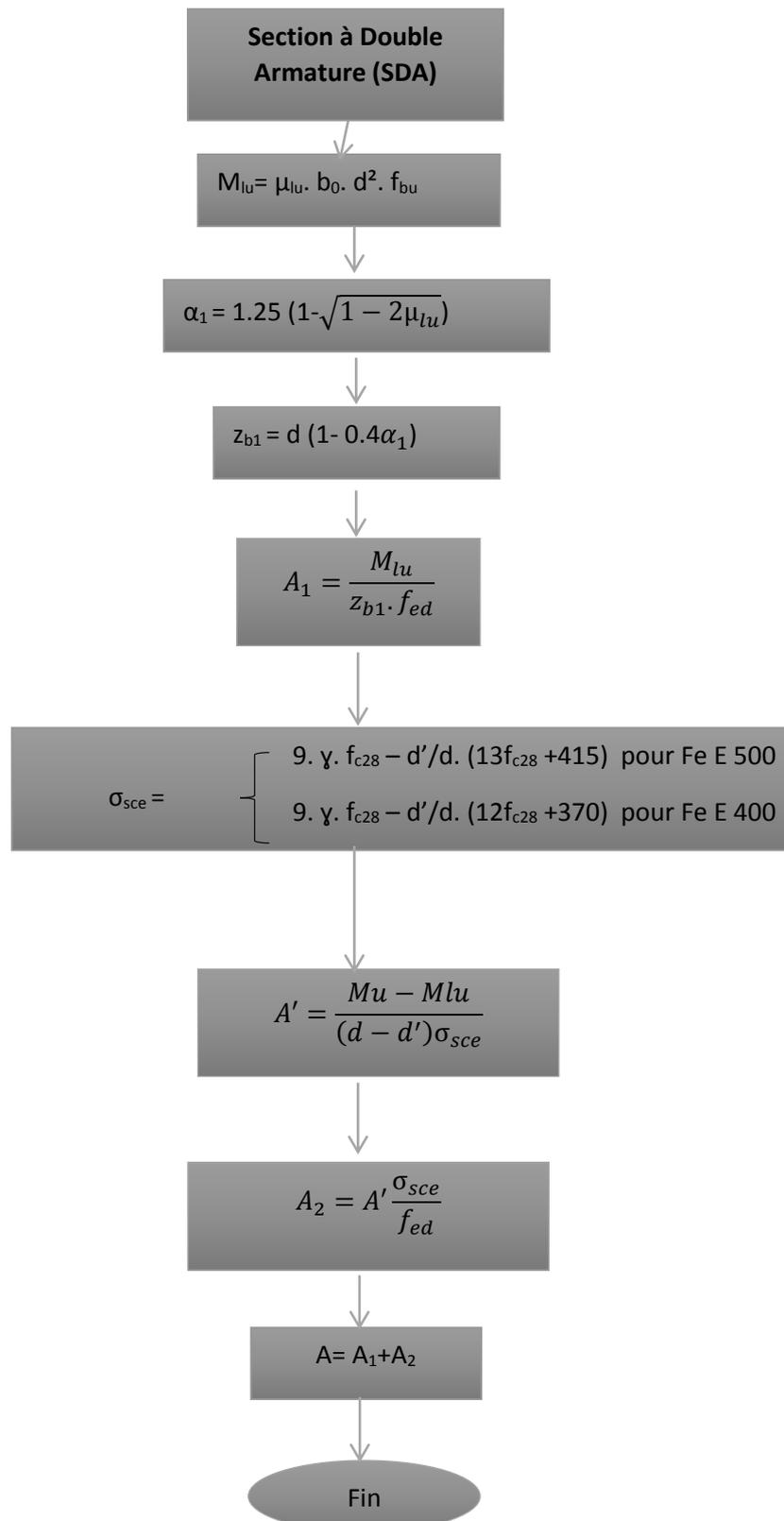


Annexe 4: BETON ARME

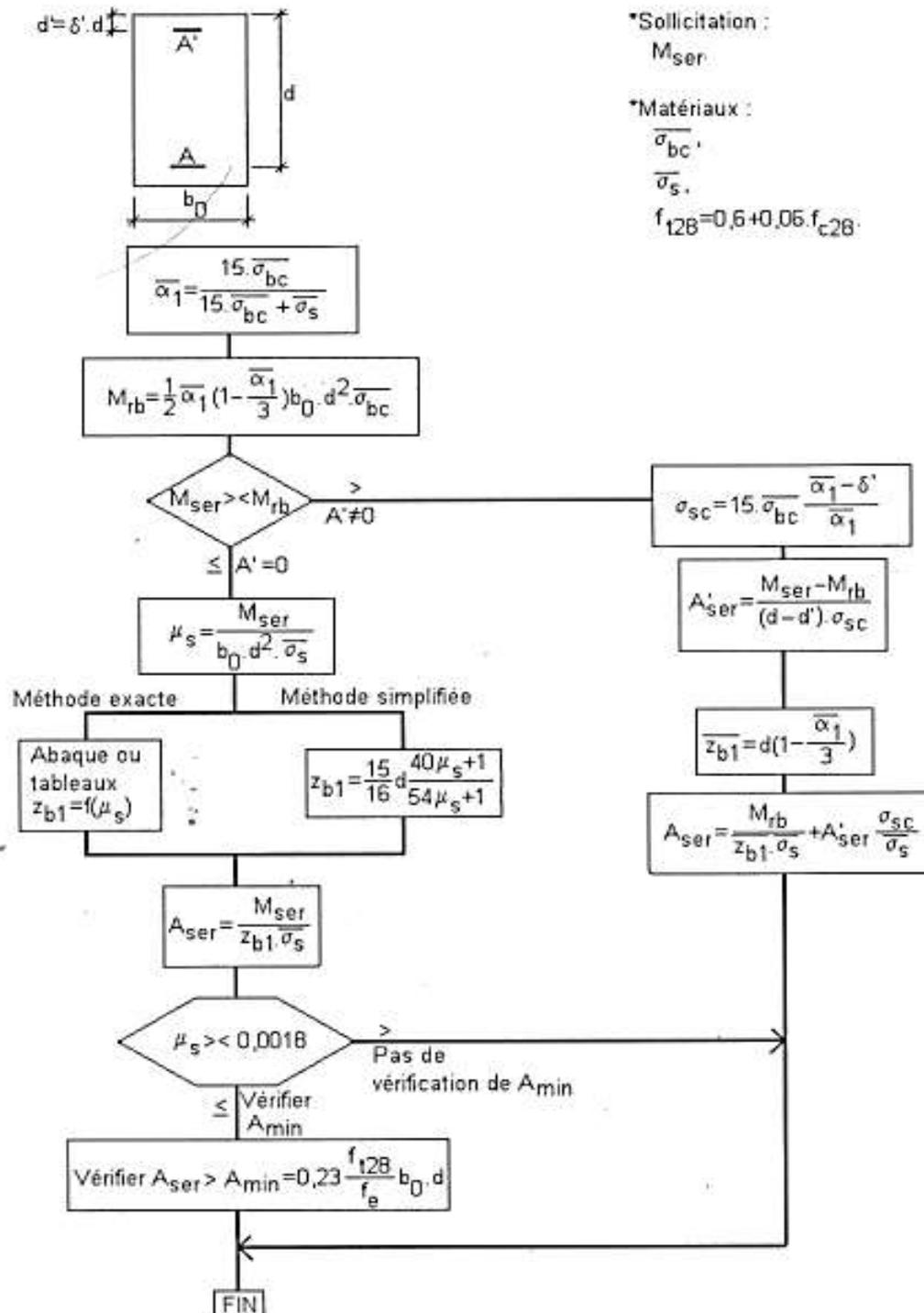
Organigramme de calcul à l'ELU des armatures de section rectangulaire soumise à une flexion simple



Organigramme de calcul à l'ELU des armatures de section rectangulaire soumise à une flexion simple



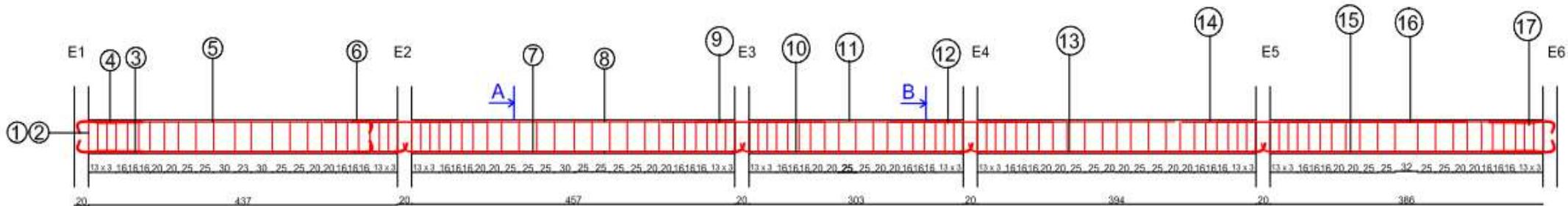
Organigramme de calcul à l'ELS des armatures de section rectangulaire soumise à une flexion simple



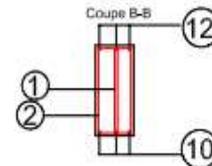
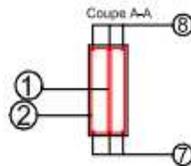
Sections des armatures

Ø [mm]	Section [cm ²]									
	1 barre	2 barres	3 barres	4 barres	5 barres	6 barres	7 barres	8 barres	9 barres	10 barres
6	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,54	2,83
8	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03
10	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85
12	1,13	2,26	3,39	4,52	5,65	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31
14	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,85	15,39
16	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,08	18,10	20,11
20	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42
25	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09
32	8,04	16,08	24,13	32,17	40,21	48,25	56,30	64,34	72,38	80,42
40	12,57	25,13	37,70	50,27	62,83	75,40	87,96	100,53	113,10	125,66

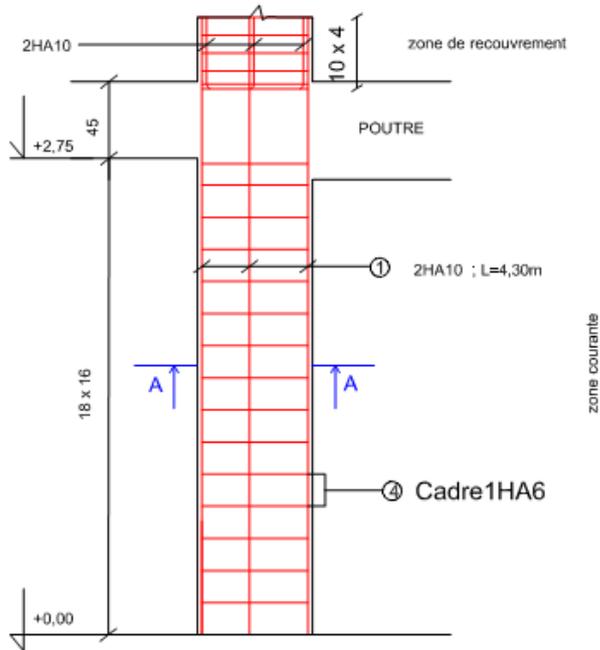
Annexe 5: PLANS DE FERRAILLAGE



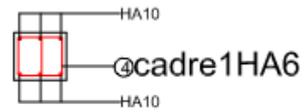
①	116 Cadres HA6	L=1,20m
②	116 étriers HA6	L=1,20m
③	3HA10	L=5,000m
④	3HA8	L=1,80m
⑤	3 HA6	L=5,50m
⑥	3HA12	L=1,20m
⑦	3HA10	L=5,10m
⑧	3HA6	L=4,00m
⑨	3HA12	L=1,20m
⑩	3HA8	L=4,00m
⑪	3HA6	L=1,80m
⑫	3HA10	L=1,20m
⑬	3HA8	L=4,00m
⑭	3HA10	L=1,20m
⑮	3HA10	L=4,50m
⑯	3HA6	L=3,30m
⑰	3A8	L=1,50m



PLAN DE FERRAILAGE Poutre 20 X 45	Enrobage : 2,5 cm
	Acier HA500
	PLAN N°



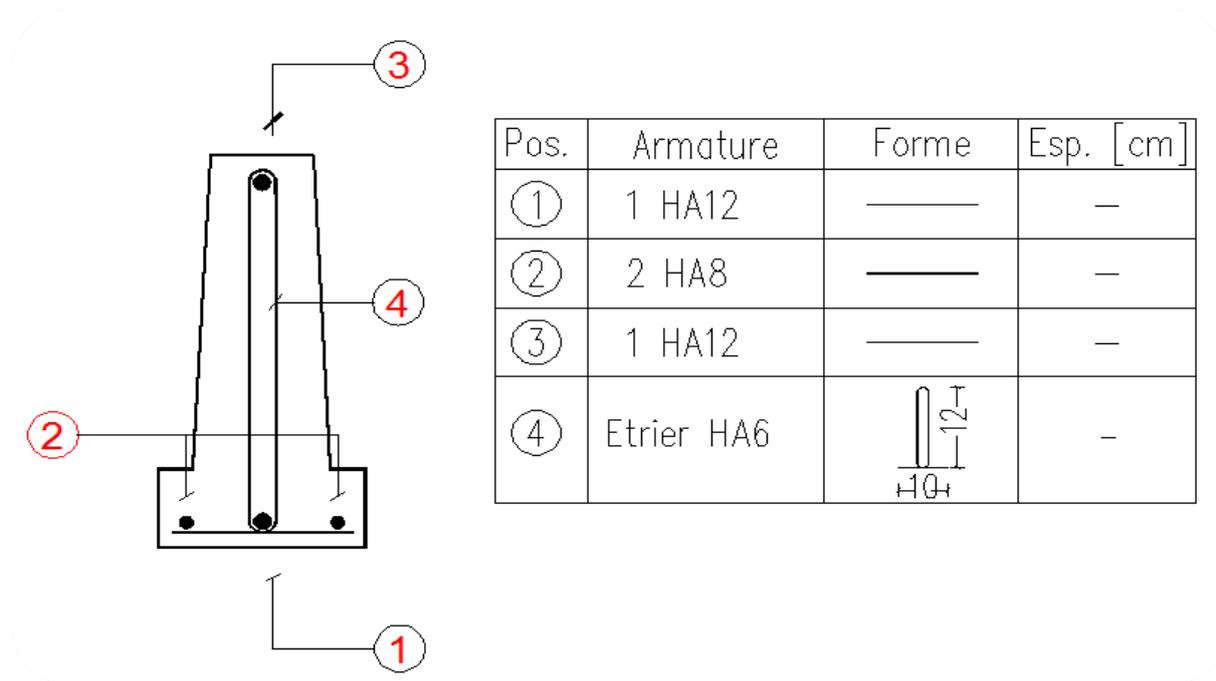
Coupe A-A



① 1HA10	<u>L=4,30m</u>
② HA10	<u>L=4,30m</u>
③ HA10	<u>L=4,30m</u>
④ Cadre 1HA6	L=1,00m

PLAN DE FERRAILLAGE Poteau 20 x 22	Enrobage : 2,5 cm
	Acier HA500
	PLAN N°

Pan de ferrailage Plancher



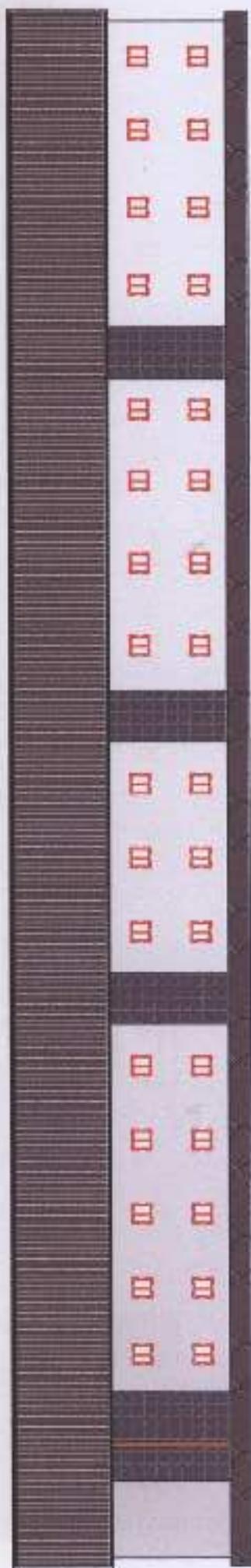
**Annexe 6: PLANS
D'ARCHITECTURE**



FACADE PRINCIPALE



FACADE POSTERIEURE



FACADE LATÉRALE GAUCHE



FACADE LATÉRALE DROITE

