



**ZIE**  
Fondation ZIE

Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement  
International Institute for Water and Environmental Engineering

# ETUDES TECHNIQUES D'UN BATIMENT R+7 A USAGE D'HOTEL ADMINISTRATIF A OUAGADOUGOU

## MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER EN GENIE CIVIL

Présenté et soutenu publiquement le 23 /06/2012 par

### **Alphonse CALLOT**

Travaux dirigés par : Dr Ismaïla GUEYE,

(Enseignant, Chercheur, au ZIE)

UTER : GENIE CIVIL

**Oscar COMPAORE**

Ingénieur Civil, Directeur Général de BETICO

#### Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr. François TSOBANG, Responsable UTER ISM

Membres et correcteurs : M. Célestin OVONO MEZUI, Enseignant au Technopôle

M. Dramane COULIBALY, Enseignant associé

M. Oscar COMPAORE

**Promotion [2011/2012]**

# *Citations*

## *I ROI 7 : 9*

### *La construction du palais de Salomon*

*« Pour toutes ces constructions on employa de magnifiques pierres, taillées d'après des mesures, sciées avec la scie, intérieurement et extérieurement, et cela depuis les fondements jusqu'aux corniches, et en dehors jusqu'à la grande cour. »*

*A toute ma famille...*

## **REMERCIEMENTS**

Je remercie le Dieu TOUT PUISSANT de m'avoir accordé la vie et atteindre ce stade. Mes remerciements vont aussi à l'endroit de toute l'administration de BETICO particulièrement à son Directeur Général **M. Oscar COMPAORE** qui est aussi mon encadreur ainsi qu'à toute l'administration du 2<sup>ie</sup> et au corps professoral et surtout ceux qui ont apporté leur savoir-faire pour la rédaction de ce mémoire :

- **Dr. Ismaila GUEYE.**

Je tiens à remercier mon épouse, mes enfants, mes chers parents, mes frères et sœurs et tous les ami(e)s pour leur soutien indescriptible.

**RESUME**

L'objectif de ce travail est de faire ressortir une note de calcul et un dossier d'exécution pour l'obtention d'un permis de construire pour le compte de BETICO concernant le projet de construction d'un bâtiment R+7 à usage d'hôtel administratif à Ouagadougou .

Après analyse des plans architecturaux, les études d'impact environnemental et social ont permis de voir les effets négatifs et positifs de cette construction et prendre de mesures pour atténuer les effets négatifs.

Vue la taille de ce bâtiment, les différents éléments porteurs de la structure ont été dimensionnés à l'aide du logiciel Robot 2010 Autodesk Structural Analysis de calcul de structure en béton armé. Cependant, des calculs manuels ont été aussi faits en vue de maîtriser les détails du projet. La semelle est en radier générale pour assurer une bonne répartition des charges ; vue la contrainte du sol, les charges du bâtiment et l'encombrement des semelles au sol.

La partie assainissement a permis de dimensionner les sections de tuyaux pouvant alimenter le bâtiment en eau potable et évacuer les eaux vannes et pluviales. L'assainissement a aussi permis d'expliquer le fonctionnement des fosses septiques, regards, puits perdus...

Pour le fonctionnement des différents équipements terminaux, il a été calculé une puissance totale de **700 KVA** qui permettra de souscrire un abonnement à la SONABEL ou procéder à l'achat d'un groupe électrogène.

La phase de planning a permis de calculer les quantités globales de gros et seconds œuvres, estimer le délai d'exécution de l'ouvrage à partir des temps unitaires. Il a été élaboré un planning des travaux avec le logiciel Microsoft Project, la durée globale des travaux est de 2 ans 7 mois. Le montant total de cet ouvrage est de **1 950 410 500 F CFA**.

Mots clés : exécution, bâtiment, dimensionnement, études, permis de construire, radier général.

**ABSTRACT**

The objective of this work is to emphasize a note of calculation and a file of execution for obtaining a permit building for the account of BETICO concerning the project of construction of a building R+7 to use of administrative hotel with Ouagadougou.

After analysis of the architectural plans, the environmental and social impact studies made it possible to see the negative and positive effects of this construction and to take measures to mitigate the negative effects.

Sight the size of this building, the various elements carrying the structure was dimensioned using the software package Robot 2010 Autodesk Structural Analysis of structural analysis out of reinforced concrete. However, of manual calculations were also made in order to control the details of the project. The sole is in main floor to ensure a good burden-sharing; sight the constraint of the ground, loads of the building and obstruction of the soles on the ground.

The cleansing part made it possible to dimension the sections of pipes being able to supply the drinking water building and to evacuate water valves and rain. The cleansing also made it possible to explain the operation of the septic tanks, glances, wells absorbing...

For the operation of the various final equipment, it was calculated a total power of **700 KVA** which will make it possible to take out a subscription to the SONABEL or to proceed to the purchase of a power generating unit.

The phase of planning made it possible to calculate the total quantities of large and the second works, to estimate the completion period of the work as from unit times. It was elaborated a planning of work with the software Microsoft Project, the total duration of work is 2 years 7 months. The total amount of this work is **1 950 410 500 F CFA**

Key words: execution, building, dimensioning, studies, allowed to build, general foundation raft.

**SOMMAIRE**

CITATIONS .....	i
REMERCIEMENTS .....	iii
RESUME .....	iv
ABSTRACT .....	v
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	ix
LISTE DES TABLEAUX .....	xi
INTRODUCTIONS GENERALES .....	1
1. Contexte .....	1
2. Problématique.....	1
3. Objectif de l'étude .....	2
3.1- Objectif Général.....	2
3.2- Objectif spécifique.....	2
4. Méthodologie .....	2
CHAPITRE I- ETUDE PRELIMINAIRE.....	4
1. Etude conceptuelle de la structure.....	4
1.1- Cadre de l'étude .....	4
1.2- Description de l'ouvrage.....	4
1.3- Caractéristiques de l'ouvrage.....	4
1.4- Eléments Constitutifs du bâtiment .....	5
2. La géotechnique .....	7
3. Généralité sur le logiciel Robot Autodesk Structural Analysis.....	8
3.1- Description de générale du logiciel.....	8
3.2- Les différents types de structures étudiées.....	8
3.3- Les différentes étapes d'études à l'aide du Robot.....	9
CHAPITRE II- OBTENTION DES PERMIS DE CONSTRUIRE AU BURKINA-FASO ....	10
1. Principe.....	10
2. Travaux concernés.....	10
3. Les procédures de l'obtention du permis de construire au Burkina Faso .....	10
3.1 La constitution du dossier .....	10
3.2 Dépôt du dossier .....	11
3.3 Délai d'instruction .....	11
3.4 Décisions de la mairie .....	12
CHAPITRE III- ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL.....	13
1. Etude Social.....	13
2. Etude environnementale .....	13

3. Mesures d'atténuation .....	14
CHAPITRE IV- ANALYSE ET DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS PORTEURS DE LA STRUCTURE.....	15
1. Données de base et hypothèse de calcul.....	15
2. Les charges .....	16
3. Descentes des charges .....	16
4. Prédimensionnement .....	18
5. DIMENSIONNEMENTS DES ELEMENTS .....	21
5.1 Etude du plancher .....	21
5.2 Calcul de l'acrotère .....	24
5.3 Etude d'escalier a paillasse : .....	26
5.4 Etude des balcons.....	28
5.5. Calcul des poutres .....	28
5.6 Calcul des poteaux .....	30
5.7 Calcul des voiles : .....	31
5.8 Calcul des fondations :.....	32
CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DES CORPS D'ETATS SECONADAIRES.....	32
I. ASSAINISSEMENT .....	32
1- Présentation générale .....	32
2- Méthode de calcul.....	33
3- Réseau d'évacuation .....	33
4- Les regards.....	34
5- Puits filtrants.....	34
6- Principe de fonctionnement .....	35
7- Plomberie.....	35
II. ELECTRICITE.....	35
1. Le flux lumineux.....	36
2. Définition des termes et leurs coefficients .....	36
3. La ventilation .....	36
4. Les différentes puissances de récepteurs .....	37
5. Exemple de calcul des puissances .....	37
6. Climatisation.....	37
CHAPITRE V : ANALYSE ECONOMIQUE ET PLANNING.....	40
1. Devis estimatif .....	40
2. Analyse économique du projet.....	41
3. Planning prévisionnel .....	41
CONCLUSION.....	41

BIBLIOGRAPHIE.....	42
ANNEXES 1 : DETAILS DE CALCUL DE DIMENSSIONNEMENT.....	43
ANNEXE 2 : CALCUL D'ASSAINISSEMENT .....	82
ANNEXE 3 : CALCUL D'ELECTRICITE.....	86
ANNEXE 4 : DEVIS ESTIMATIFS .....	90
ANNEXE 5 : PLANNING GENERALE D'EXECUTION DES TRAVAUX.....	92
ANNEXE 6 : PLANS COMPLET D'EXECUTION.....	94

**SIGLES ET ABREVIATIONS**

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

BETICO : Bureau d'Etudes Techniques Ingénieurs Conseils

BAEL : Béton Armé aux Etats Limites

DTU : Document Technique Unifié

RDC : Rez-de-chaussée

R+1 : Rez-de-chaussée plus un niveau

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

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

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

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

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

R+7 : Rez-de-chaussée plus sept niveaux

ELU : Etat Limite Ultime

ELS : Etat Limite de Service

$A_s$  : aire d'une section d'acier.

$A_t$  : somme des aires des sections droites d'un cours d'armatures transversales.

B : aire d'une section de béton

D : diamètre, rigidité

$E_b$  : module de déformation longitudinal béton.

$E_i$  : module de déformation instantanée ( $E_{vj}$  : pour a l'âge de j jours ).

$E_s$  : module d'élasticité de l'acier.

$E_v$  : module de déformation différée ( $E_{vj}$  : pour chargement applique à l'âge de j jours).

F : force ou action générale.

G : charge permanente.

Q : surcharge d'exploitation.

I : moment d'inertie.

L : longueur ou portée.

M : moment de flexion le plus souvent.

$M_u$  : moment a l'état limite ultime.

$M_{ser}$  : moment de calcul a l'état limite de service.

N : effort normal.

Q : action ou charge variable.

S : section

$T_v$  : effort tranchant.

$f_{cj}$  : résistance caractéristique à la compression du béton âgé de  $j$  jours

$f_{tj}$  : résistance caractéristique à la traction du béton âgé de  $j$  jours

$f_{c28}$  et  $f_{t28}$  : grandeurs précédemment calculé à 28 jours.

$l$  : la distance entre nus d'appuis (sens des poutres principales).

$l'$  : la distance entre nus d'appuis (sens des poutres secondaires).

$d$  : hauteur utile.

$h_p$  : épaisseur du plancher.

$h_t$  : la hauteur des poutrelles.

$h_0$  : épaisseur de la dalle de compression.

$L_x$  : longueur maximale entre axes

$l_f$  : Longueur de flambement

$A'$  : section d'armature comprimées

$A$  : section d'armature tendue

$A_R$  : section d'armature de répartition.

$e$  : excentricité d'un résultante ou d'un effort par rapport au centre de gravité de la section.

$l_s$  : Longueur de scellement.

$s$  : espacement des armatures en général.

$s_t$  : espacement des armatures transversales.

$f_c$  : limite d'élasticité de l'acier.

$\gamma_b$  : Coefficient de sécurité du béton.

$\gamma_s$  : Coefficient de sécurité de l'acier.

$\alpha$  : Angle en général, coefficient

$\eta$  : Coefficient de fissuration relative a une armature.

$\Theta$  : Coefficient sans dimension.

$\lambda$  : Élanement.

$\nu$  : Coefficient de poisson.

$\sigma$  : Contrainte normale général.

$\sigma_{bc}$  : Contrainte de compression du béton.

$\sigma_s$  : Contrainte de traction dans l'acier.

$\tau_u$  : Contrainte tangentielle admissible.

$\tau_s$  : Contrainte d'adhérence.

$\Psi_s$  : Coefficient de scellement relatif à une armature.

**LISTE DES TABLEAUX**

<i>Tableau 1: Cadre logique .....</i>	<i>3</i>
<i>Tableau 2: Caractéristiques géométriques du bâtiment .....</i>	<i>4</i>
<i>Tableau 3: descriptif sommaire d'élément constitutif du bâtiment .....</i>	<i>6</i>
<i>Tableau 4: Les résultats des moments en travée et sur appuis .....</i>	<i>23</i>
<i>Tableau 5: Les résultats des moments sur appuis et l'effort tranchant .....</i>	<i>23</i>
<i>Tableau 6: Ferrailage des poutrelles en travée .....</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 7: Ferrailage des poutrelles en appuis .....</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 8: Sollicitations et ferrailages des poutres principales .....</i>	<i>29</i>
<i>Tableau 9: Sollicitations et ferrailages des poutres secondaires .....</i>	<i>29</i>
<i>Tableau 10: Sollicitations et ferrailages des poutres .....</i>	<i>29</i>
<i>Tableau 11: Sollicitations des poteaux et ferrailage .....</i>	<i>30</i>
<i>Tableau 12: Sollicitations et ferrailage des poteaux .....</i>	<i>30</i>
<i>Tableau 13: Récapitulatif des puissances .....</i>	<i>37</i>
<i>Tableau 14 : Propriétés thermo physiques des matériaux locaux de construction.....</i>	<i>40</i>
<i>Tableau 15 : Coefficient global de transmission de chaleur à travers les parois (k).....</i>	<i>40</i>
<i>Tableau 16: Tableau récapitulatif du devis estimatif.....</i>	<i>40</i>
<i>Tableau 17: Récapitulatif de comparaison financière entre les variantes de fondation .....</i>	<i>41</i>
<i>Tableau 18: Sollicitation et ferrailages d'une poutre de RDC .....</i>	<i>65</i>
<i>Tableau 19: Vérification des contraintes .....</i>	<i>81</i>
<i>Tableau 20: Calcul d'installation: études des diamètres .....</i>	<i>83</i>
<i>Tableau 21: les débits de base des appareils .....</i>	<i>84</i>
<i>Tableau 22: Choix de diamètre de la tuyauterie .....</i>	<i>84</i>
<i>Tableau 23: Coefficient de simultanéité des appareils .....</i>	<i>85</i>

**LISTE DES FIGURES**

<i>Figure 1: Perspective du bâtiment avec des charges appliquées</i> .....	17
<i>Figure 2: Vue ZX de la structure en Béton armé</i> .....	18
<i>Figure 3: Surface d'influence d'un poteau</i> .....	19
<i>Figure 4: Coupe schématique de la poutrelle</i> .....	20
<i>Figure 5: Diagramme des moments et de l'effort tranchant</i> .....	22
<i>Figure 6: Schéma de calcul de la poutrelle</i> .....	22
<i>Figure 7: Coupe acrotère</i> .....	25
<i>Figure 8: Schéma d'application des forces</i> .....	25
<i>Figure 9: Schéma de ferrailage</i> .....	26
<i>Figure 10: Schéma vue en plan des volées de l'escalier</i> .....	26
<i>Figure 11: Coupe type de l'escalier</i> .....	26
<i>Figure 12: Schéma statique de l'escalier volée 1et 3</i> .....	27
<i>Figure 13: Schéma statique 2eme type de l'escalier</i> .....	27
<i>Figure 14: Caractéristiques de l'escalier volée 3</i> .....	28
<i>Figure 15: Section de calcul pour les voiles</i> .....	31
<i>Figure 16: Schéma de ferrailage des voiles</i> .....	32
<i>Figure 17: Surface d'influence d'un poteau</i> .....	46
<i>Figure 18: Schéma de principe pour le calcul des efforts</i> .....	49
<i>Figure 19: Diagramme des moments et de l'effort tranchant</i> .....	50
<i>Figure 20: Les dimensions de la poutrelle de la section</i> .....	51
<i>Figure 21: Schéma de calcul de la poutrelle</i> .....	51
<i>Figure 22: Schéma de calcul RDM</i> .....	52
<i>Figure 23: Schéma des valeurs des moments en travée et sur appuis « méthode forfaitaire »</i> 53	
<i>Figure 24: Diagramme des moments en travée et sur appuis</i> .....	53
<i>Figure 25: Diagramme des efforts tranchants</i> .....	53
<i>Figure 26: Schéma de calcul de la poutrelle type 3</i> .....	54
<i>Figure 27: Coupe acrotère</i> .....	54
<i>Figure 28: Schéma d'application des forces</i> .....	54
<i>Figure 29: Schéma de ferrailage</i> .....	55
<i>Figure 30: Schéma statique de 2<sup>eme</sup> type d'escalier</i> .....	56
<i>Figure 31: Coupure de calcul des efforts internes</i> .....	57
<i>Figure 32: Coupure 2 de calcul des efforts internes</i> .....	57
<i>Figure 33: Schéma de calcul isostatique de l'escalier</i> .....	60

*Figure 34: Diagramme du moment et de l'effort tranchant ..... 61*

*Figure 35: Schéma de calcul balcon..... 62*

*Figure 36: Coupe sur Poutre de redressement ..... 72*

*Figure 37: Coupe type sur la poutre de redressement ou nervure ..... 76*

*Figure 38: Surface mouillée..... 85*

## **INTRODUCTIONS GENERALES**

### **1. Contexte**

Tout étudiant en fin de formation en master 2 au 2<sup>ie</sup> est astreint à rédiger et soutenir un mémoire de fin d'études, la rédaction de ce mémoire se passe dans une structure qui est le lieu de stage. En suivant ces règles qu'un stage de quatre (4) mois est accordé par le Bureau d'études BETICO en vue d'élaborer une note de calcul et un dossier d'exécution pour l'obtention d'un permis de construire pour la construction d'un bâtiment R+7 à usage d'hôtel administratif à Ouagadougou.

L'ouvrage est à usage d'hôtel administratif, les intervenants sont :

- ✓ Maître d'Ouvrage : Etat Burkinabé ;
- ✓ Bénéficiaire : Etat ;
- ✓ Maître d'œuvre : Architecture Ingénieur Conseils(AIC);
- ✓ Bureau d'études : BETICO SARL ;
- ✓ Contrôle : Laboratoire Nationale de Bâtiment et des Travaux Publics (LNBTP) ;
- ✓ Financement : Fonds propres de l'Etat et financement de la Banque Africaine de Développement (BAD).

Le présent mémoire traitera tous les éléments de structures du bâtiment, les planchers seront à corps creux. Toutes les procédures d'obtention de permis de construire ainsi que le planning et le devis estimatif.

### **2. Problématique**

L'objectif principal de toute étude technique d'un ouvrage est de vérifier la résistance des différents éléments pour assurer une bonne transmission au sol des sollicitations qu'elle aura à supporter durant son exploitation. C'est un souci de sécurité qui ne peut être atteint qu'en étudiant l'ouvrage suivant les règles de l'art. Le site de construction est déjà connu, la question principale est de savoir quel sera l'impact de cette construction sur l'environnement et les êtres vivants ? Sur quoi construire ? (le type de sol). Quels sont les différents éléments de la structure porteuse de l'ouvrage ? Quels sont les différents corps et comment seront-ils étudiés ? La dernière phase est de savoir quelle est la durée des travaux et combien couteront ces travaux ?

Toutes ces questions sont primordiales, elles permettent de clarifier les attentes pour aboutir à l'objectif principal de cette étude.

### **3. Objectif de l'étude**

#### **3.1- Objectif Général**

L'objectif général de cette étude est de faire une étude technique et environnementale pour l'obtention du permis de construire d'un bâtiment R+7 à usage d'hôtel administratif.

#### **3.2- Objectif spécifique**

Pour atteindre l'objectif général, il faut :

- Faire une étude d'impacts environnementaux
- Connaître les procédures de l'obtention de permis de construire au Burkina ;
- Faire des études géotechniques en vue de savoir sur quel type de sols fondé l'ouvrage et quelle est la contrainte de ce sol ;
- Faire une analyse de la structure porteuse et la dimensionner ;
- Faire une étude des corps d'états secondaires ;
- Faire un planning et estimer le coût global du projet

### **4. Méthodologie**

Afin de définir clairement l'approche méthodologique, il a été élaboré un cadre logique (tableau-1) dans lequel sont définies autour de chaque objectif spécifique les actions à mener et les résultats attendus.

Objectif général: Etudes techniques pour l'obtention de permis de construire d'un bâtiment R+7 à usage d'hôtel administratif à Ouagadougou		
Objectifs spécifiques	Activités	Résultats attendus
Etudes des impacts environnementaux et sociaux liés au projet	Analyse du site du projet	Impacts lié au projet et leurs mesures d'atténuations
	Analyse des effets du projet sur l'environnement	
	Analyse des impacts du projet sur les êtres vivants	
Etudes procédures de l'obtention de permis de construire	Recherche documentaires dans l'administration	Documents exigés et procédures connus
	Description des procédures et les documents exigés	
Etudes géotechniques	Essais d'identification	Caractéristique des sols de fondation, capacité portante du sol et profondeur d'ancrage des fondations
	Description et coupe géotechnique	
	Pénétromètre dynamique	
Analyse de la structure porteuse et dimensionnement	Pré dimensionnement et dimensionnement de tous les éléments porteurs	Note de calcul et plan d'exécution
Planning et devis	Planning	Durée du projet
	Avant métré	Coût du projet

Tableau 1: Cadre logique

## CHAPITRE I- ETUDE PRELIMINAIRE

### 1. Etude conceptuelle de la structure

#### 1.1- Cadre de l'étude

Il s'agit de choisir un type de structure qui convient ensuite calculer et dimensionner les différents éléments porteurs (poutres, poteaux, dalle, escalier...) à l'aide du logiciel de calcul de structure : Robot 2010 Autodesk Structural Analysis à partir des données obtenues après analyse des plans architecturaux. Et enfin, de produire les notes de calcul et les plans d'exécution.

#### 1.2- Description de l'ouvrage

Le présent projet consiste à étudier un bâtiment RDC + 7 étages de grande hauteur à usage d'hôtel administratif à Ouagadougou au Burkina Faso. Ce type de construction verticale est préconisé dans le souci d'économie de l'espace. Cependant, il existe un danger représenté par ce choix, de la construction verticale, à cause des dégâts que peuvent lui occasionner les vents notamment.

Le BAEL et l'EUROCODE définissent des règles spécifiques à chaque type de bâtiment auxquels nous allons nous conformer.

Notre ouvrage présente une géométrie peu complexe. Il est composé de deux blocs de forme rectangulaire de mêmes niveaux (R+7) tous à usage d'hôtel administratif.

Les caractéristiques géométriques de l'ouvrage sont conciliées dans le tableau suivant :

	Largeur (m)	Longueur (m)	Hauteur E-courant (m)	Hauteur RDC (m)
Bloc (1)	14.80	26.65	3.90	3.90
Bloc (2)	15.70	21.35	3.90	3.90

**Tableau 2: Caractéristiques géométriques du bâtiment**

#### 1.3- Caractéristiques de l'ouvrage

Les éléments géométriques de la structure ont été conçus par le maître d'œuvre et les matériaux sont décrits dans le devis descriptif. La superstructure est constituée par des portiques en béton armé associé avec des voiles de contreventement.

### 1.4- Eléments Constitutifs du bâtiment

Le bâtiment est constitué des différents éléments qui sont : les murs, les poteaux, les planchers, les escaliers, la couverture. Ces éléments peuvent être des produits de fabrications confectionnés dans des usines ou atelier ou être fabriqués et mise en œuvre sur place sur le chantier.

La définition, les fonctions, les actions agissantes, les exigences requises, les matériaux utilisés et la forme de ces éléments sont dans le

Désignation	Fondation	Poutres	poteaux	Murs	Planchers	Escaliers	Couvertures
<b>Fonctions (rôles)</b>	Recevoir les charges de la superstructure et les transmettent au sol	Recevoir des charges et les transmettre aux poteaux en général et voile	Recevoir des charges et les transmettre aux fondations en général	Ils servent, soit à isoler du milieu extérieurs (murs extérieur), soit à séparer le bâtiment en différents compartiments (murs intérieurs)	Ils servent, soit diviser horizontalement le bâtiment en plusieurs niveaux (étages)	Ils servent à assurer la communication entre les différents niveaux	Elles servent à couvrir le bâtiment
<b>Actions agissantes</b>	Actions mécaniques verticales et horizontales, Actions des eaux souterraines	Actions physiques (pluies, soleil) (poutres extérieurs), Charges horizontales	Actions physiques (vent, pluies, soleils)(poteaux extérieurs), Charges généralement verticales,	Actions physiques (insulations, température, bruits, pluie) Actions mécaniques sous forme de charges verticales et horizontales	Actions physiques (bruit) Actions mécaniques sous formes de charges verticales et horizontales	Actions mécaniques sous formes de charges verticales et horizontales.	Actions physiques (soleil, bruit, pluie), Actions mécaniques sous forme de charges verticales et horizontales.

<b>Exigences</b>	Elles doivent être résistantes, stables, durables, étanches et pouvoir empêcher des déformations importantes du bâtiment.	Elles doivent être résistantes, stables, durables	Ils doivent être résistants, stables, durables.	Ils doivent être résistants, étanches, durables, isolants phoniques et thermiques, stables.	Ils doivent être résistants, étanches, durables, isolants phoniques et thermiques, stables.	Ils doivent être résistants, rigides, stables et durables.	Ils doivent être résistants, étanches, durables, isolants phoniques et thermiques, stables.
<b>Matériaux utilisés et structures</b>	Béton armé	Béton armé	Béton armé	Maçonnerie des briques creuses de 10 cm et 20 cm, béton armé (voile)	Maçonnerie en corps creux (20+5) + béton armé	béton armé	Maçonnerie + béton armé, structures métallique.
<b>Forme</b>	Eléments isolé et filants	Eléments horizontaux avec des sections transversales	Eléments verticaux avec des sections transversales	Eléments plans verticaux avec des formes très diverses dans le plan	Eléments plans horizontaux avec une pente de 1.5%.	Eléments inclinés	Elles présentent les formes les plus diverses (éléments plans avec pente)

Tableau 3: descriptif sommaire d'élément constitutif du bâtiment

## **2. La géotechnique**

La géotechnique est l'étude du sol et du sous-sol en vue d'une construction. Elle traite de l'interaction sol / structures, et fait appel à des bases de géologie, de mécanique des sols, de mécanique des roches et de structures.

L'étude géotechnique d'un sol comprend :

- Reconnaissance du terrain
- Prélèvement des échantillons
- Essais in situ
- Essais en laboratoires

Les essais les plus couramment pratiqués en géotechniques sont les suivants :

- Identification : granulométrie, teneur en eau, densité,
- Limites d'Atterberg : Les limites d'Atterberg sont des teneurs en eau correspondant à une certaine limite ou état critique de notre sol. Ces limites sont très importantes pour la description des sols à grains fins.
- Mesure du cisaillement rectiligne à la boîte de CASAGRANDE: permet de déterminer l'angle de frottement interne et la cohésion du sol.
- Mesure du tassement : pour déterminer la hauteur du sol sous l'effet des charges verticale du bâtiment et son évolution dans le temps (consolidation des sols). Pour se faire, on utilise l'essai œdométrique.
- Compactage : l'ensemble des prises pour augmenter la densité apparente sèche du sol traité. On utilise le Proctor Normal (suffisant pour le cas des bâtiments) ou Proctor Modifié (cas des routes).
- Essais mécaniques en place : pénétromètre dynamique et statique, etc.

Compte tenu de l'étude du sol réalisé par le Laboratoire National des Bâtiments et des Travaux Publics (LNBTP), la contrainte admissible du sol est de 0,20 MPa. Et la profondeur d'ancrage est égale à 1,30 m.

Compte tenu de charges plus importantes que reçoit une semelle et de la surface totale qu'occupent les semelles (surface totale des semelles  $> \frac{1}{2}$  de la surface du Bâtiment), il a été opté pour des semelles en radier général avec nervure sous le bâtiment.

### **3. Généralité sur le logiciel Robot Autodesk Structural Analysis**

#### **3.1- Description de générale du logiciel**

Le logiciel Robot est un logiciel CAO/DAO (Calcul Assisté par Ordinateur et Dessin Assisté par Ordinateur) destiné à modéliser et dimensionner les différents types de structures. Robot permet à l'aide de CBS inclus de modéliser les structures, les calculer, vérifier les résultats obtenus, et dimensionner les éléments spécifiques de la structure.

La dernière étape gérée par robot est la création de la documentation pour la structure calculée et dimensionnée.

Les caractéristiques principales du logiciel robot sont les suivantes :

- ✓ Définition de la structure réalisée en mode entièrement graphique dans l'éditeur conçu à cet effet et la possibilité d'ouvrir aussi un fichier au format DXF et importer la géométrie d'une structure définie dans un autre logiciel de CAO/DAO) ;
- ✓ possibilité de présentation graphique de la structure étudiée et de représentation à l'écran des différents types des résultats de calcul (efforts internes, déplacements, travail simultané en plusieurs fenêtres ouvertes...);
- ✓ possibilité de calculer (dimensionner) une structure et d'en étudier simultanément une autre (architecture multithread) ;
- ✓ Possibilité d'effectuer l'analyse statique et dynamique de la structure ;
- ✓ Possibilité d'effectuer les types des barres de la définition du model de la structure et non seulement dans les modules (très utile pour accélérer le dimensionnement) ;
- ✓ Possibilité de comparer librement les impressions (notes de calcul, capture d'écran, composition de l'impression, copie des objets vers d'autres logiciels).

Il faut noter que, le système robot millenium regroupe plusieurs modules spécialisés dans chacune des étapes de l'étude de la structure (création du module de structure, calcul de la structure, dimensionnement).

Les modules fonctionnent dans le même environnement.

#### **3.2- Les différents types de structures étudiées**

Le système Robot permet d'étudier différents types de structures tels que :

- Portique plan ou spatial (ensemble poteau poutre) ;
- Plaque et coque (dalle, voile, radier) ;
- Treillis plans ou spatiaux (ferme...);
- Grillage (poutraison des dalles).

Conformément aux différents types de structures précitées, l'étude de ce bâtiment sera faite dans 'portique plan ou spatial' et 'treillis plans ou spatiaux' qui sont appropriés à ce type de bâtiment.

### **3.3- Les différentes étapes d'études à l'aide du Robot.**

Il suffit de lancer le module Robot CBS (Concrete Building Structural) et de définir le nombre des niveaux et les caractéristiques des bâtiments c'est-à-dire étages et matériaux, puis :

- définir la grille : les lignes d'axes des éléments porteurs ;
- créer le schéma du bâtiment ;
- définir les cas de charges et introduire leurs valeurs correspondantes ;
- lancer les calculs automatiques de la descente de charge pour le bâtiment entier ;
- consulter les notes de calcul de la descente de charge ;
- exporter le bâtiment du module Robot CBS vers le module Robot structure pour vérification et dimensionnement des éléments avec sortie de notes de calcul et plan d'exécution (poteaux, poutres, dalles etc.) ;
- exporter la dalle du module robot CBS vers le module robot dalle pour vérification et dimensionnement de celle-ci avec sortie de notes de calcul et plans de ferrailages (dalle) ;
- imprimer les résultats.

## **CHAPITRE II- OBTENTION DES PERMIS DE CONSTRUIRE AU BURKINA-FASO**

### **1. Principe**

Le permis de construire est un acte administratif qui donne les moyens à l'administration de vérifier qu'un projet de construction respecte bien les règles d'urbanisme en vigueur.

Il est généralement exigé pour tous les travaux de grandes importances.

### **2. Travaux concernés**

Un permis de construire est notamment exigé dès lors que les travaux envisagés sur une construction existante :

- ont pour effet de créer une *surface de plancher* ou une *emprise au sol* supérieure à 20 m<sup>2</sup>,
- ou ont pour effet de créer une surface de plancher ou une emprise au sol supérieure à 40 m<sup>2</sup> dans les zones urbaines couvertes par un plan local d'urbanisme (PLU) ou un document assimilé. Toutefois, entre 20 et 40 m<sup>2</sup> de surface de plancher ou d'emprise au sol, un permis de construire est exigé lorsque les extensions ont pour effet de porter la surface totale de la construction au-delà de 170 m<sup>2</sup>.
- ou ont pour effet de modifier les structures porteuses ou la façade du bâtiment, lorsque ces travaux s'accompagnent d'un changement de destination (par exemple, transformation d'un local commercial en local d'habitation),
- ou portent sur un immeuble inscrit au titre des monuments historiques ou se situant dans un secteur sauvegardé.

S'agissant des constructions nouvelles, elles doivent être précédées de la délivrance d'un permis de construire, à l'exception des constructions qui sont dispensées de toute formalité et celles qui doivent faire l'objet d'une déclaration préalable.

**À noter** : le recours à un architecte pour réaliser le projet de construction est obligatoire dès lors que la surface de plancher ou l'emprise au sol de la future construction dépasse 170 m<sup>2</sup>.

### **3. Les procédures de l'obtention du permis de construire au Burkina Faso**

#### **3.1 La constitution du dossier**

La demande de permis de construire doit être constituée des documents suivants et des formulaires suivants en général :

- Une demande adressée au maire de la commune de Ouagadougou timbrée à 300 F (timbre communal) ou au ministre en charge de la construction timbrée à 200 F (timbre fiscal).
- Le formulaire de la demande est disponible au CEFAC ;

- Pour les personnes physiques : la photocopie légalisée de la carte d'identité nationale (en deux exemplaires) ;
- Pour les personnes morales : le registre de commerce et du crédit mobilier, les statuts de la société (en deux copies légalisées) ;
- Le plan de bornage (en deux copies originales) ; Les reçus de paiements des taxes de résidence des trois dernières années ;
- Quatre chemises à sangle ;
- Un plan de fosses septiques ou de raccordement au réseau d'égout délivré par l'ONEA ;
- Un plan d'implantation du bâtiment avec emplacement des fosses septiques à l'échelle de 1/200<sup>e</sup> ou 1/100<sup>e</sup> ;
- Un plan de masse à l'échelle de 1/200<sup>e</sup>, 1/500<sup>e</sup> ou 1/1000<sup>e</sup> ;
- Les plans de chaque niveau du bâtiment à l'échelle de 1/50<sup>e</sup> ou 1/100<sup>e</sup> ;
- Les coupes significatives et détaillées du projet et les façades du bâtiment ;
- Les plans des corps d'états secondaires ; Le devis descriptif des travaux de construction ;
- Le devis estimatif des travaux de construction ;
- Un état des lieux des constructions existantes à l'échelle de 1/50<sup>e</sup> ou 1/100<sup>e</sup> et le plan de réaménagement des travaux d'extension de modification et de réhabilitation ;
- Un rapport d'étude du sol établi par un laboratoire agréé par l'Etat ;
- Une note de calcul et un plan de coffrage et de ferrailage de la structure du bâtiment ;
- Une note d'étude de sécurité incendie établie par une personne physique ou morale agréée.

### **3.2 Dépôt du dossier**

L'Eta Burkinabé avec ses partenaires pour réduire les frais et les délais d'obtention des actes de construire a mis en place depuis 2008 le CEFAC (Centre de Facilitation des Actes de Construire où toutes les formalités s'effectuent pour l'obtention du permis de construire.

### **3.3 Délai d'instruction**

- 21 jours pour une maison individuelle et/ou ses annexes
- 3 mois dans les autres cas.

### **3.4 Décisions de la mairie**

En cas d'acceptation : la décision de la mairie prend la forme d'un arrêté municipal. Cette décision est adressée à l'intéressé par lettre recommandée avec avis de réception ou par courrier électronique.

En cas de refus : lorsqu'un permis de construire a été refusé, le demandeur a la possibilité de demander à la mairie de revoir sa position. Cette demande s'effectue dans les 2 mois suivant le refus par lettre recommandée avec avis de réception.

Si cette tentative échoue, le demandeur a 2 mois à compter de la date de la notification de la décision de refus pour saisir le tribunal administratif par lettre recommandée avec avis de réception.

En l'absence de réponse : la décision de la mairie peut également ne pas donner lieu à la délivrance d'une réponse écrite au terme du délai d'instruction. Cela indique, en principe, qu'elle ne s'oppose pas au projet tel qu'il est décrit dans la demande de permis de construire. L'intéressé a tout de même intérêt à demander à la mairie un certificat attestant de son absence d'opposition à la réalisation du projet.

## **CHAPITRE III- ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL**

L'aspect environnemental et social est devenu une partie intégrante de tout projet, avant toute étude conceptuelle il est primordial de faire une étude d'impact environnemental et social pour savoir les effets de ce projet sur la nature et les êtres vivant afin de prendre de mesures pour les atténuer.

### **1. Etude Sociale**

Tout projet (route ou bâtiment) lors de son exécution ou lors de son exploitation aura un impact social négatif ou positif.

Les effets positifs sont:

- la création des emplois, bien que l'entreprise a ses employés (main-d'œuvre qualifiée), elle aura besoin des jeunes du quartier pour l'exécution des fouilles et d'autres travaux de manœuvres ;
- le chantier emploiera 8h/j un nombre important des personnes qui aura besoin de s'alimenter : opportunité de petits commerces pour la population voisine du chantier ;
- création d'emploi après la construction autour du bâtiment.

### **2. Etude environnementale**

Impact potentiel sur les populations :

#### **La santé publique**

Les impacts sur la santé publique sont surtout des affections dont les risques d'apparition sont difficiles à prévoir.

- Apparition ou recrudescence d'affection ORL et ophtalmologiques, liées à la production continue de poussières et de bruits pendant des travaux.
- Propagation de maladies sexuellement transmissibles par le contact entre les ouvriers et les populations riveraines.

#### **La sécurité publique**

Il s'agit essentiellement

- D'accidents de travail sur les chantiers ;
- L'ouvrage se trouve dans une ville il y aura de risque d'accidents de circulation pour la population, l'intensification du trafic et le non-respect du code de la route, notamment l'excès de vitesse.

**Les conditions de déplacement**

Des perturbations déplacement au cours des travaux seront liées à la circulation et à l'encombrement des engins et véhicules.

Pendant les travaux, certains problèmes peuvent apparaître tels que les problèmes de contacts et relation humaines avec les populations.

**3. Mesures d'atténuation**

Pour remédier certains problème cités ci-haut, il faut :

- Avant tout travail de terrassement ou tout autre travail qui peut produire des poussières, on doit au préalable arroser le lieu à terrasser ;
- Sensibiliser les ouvriers sur les maladies sexuellement transmissibles en leur distribuant de brochures qui parlent de ces maladies ;
- Etre exigeant en ce qui concerne la sécurité au chantier, tout ouvrier doit être en tenue de travail (casque, chaussures de sécurité...), faire une réunion chaque matin avec les ouvriers en leur rappelant les règles de conduite au chantier ;
- Les chauffeurs des engins doivent respecter les codes de la route au chantier et en ville, de panneaux de signalisation et d'interdiction seront mis tout autour de chantier et dans l'enceinte de chantier ;
- Prendre contact avec la population voisine et leur expliquer le but et le bienfait de cet ouvrage, respecter leur coutume, explique aux ouvriers de ne pas voir dans les concessions voisines, être sympas avec eux.

## CHAPITRE IV- ANALYSE ET DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS PORTEURS DE LA STRUCTURE

### 1. Données de base et hypothèse de calcul

Les hypothèses de Calcul ont pour référence le BAEL 91 modifié 99 (Béton Armé Aux Etats Limites).

#### *Caractéristiques du béton*

- ✓ La résistance caractéristique à la compression à 28 jours :  $f_{c28} = 20 \text{ Mpa}$
- ✓ La résistance caractéristique à la traction du béton à 28 jours  $f_{t28} = 0.6 + 0.06 \times f_{c28} = 1.8 \text{ Mpa}$
- ✓ Le coefficient partiel de sécurité pour le béton :  $\gamma_b = 1,5$
- ✓ Le coefficient prenant en compte la durée d'application des charges :  $\theta = 1 \text{ sit } > 24 \text{ heure}$
- ✓ La résistance de béton à l'ELU:  $f_{bu} = 0.85 \times \frac{f_{c28}}{\theta \times \gamma_b} = 11.33 \text{ MPa}$
- ✓ La contrainte limite de compression du béton à l'ELS:  $\bar{\sigma}_{bc} = 0.6 \times f_{c28} = 12 \text{ Mpa}$
- ✓ Le poids volumique du béton armé :  $\rho = 25 \text{ KN / m}^3$

#### *Caractéristiques des aciers destinés aux armatures longitudinales et transversales*

Pour ce type, on prévoit des aciers à hautes adhérences à nuance FeE400

- ✓ La limite d'élasticité garantie :  $f_e = 400 \text{ MPa}$
- ✓ Le module d'élasticité :  $E_s = 2 \times 10^5 \text{ MPa}$
- ✓ Le coefficient partiel de sécurité des aciers:  $\gamma_s = 1,15$
- ✓ Le coefficient de fissuration :  $\eta = 1,6$
- ✓ Le coefficient de scellement :  $\psi_s = 1,5$

#### *La résistance de calcul*

- ✓ Etat Limite Ultime (ELU) :  $f_{su} = \frac{f_e}{\gamma_s} \approx 348 \text{ MPa}$
- ✓ Etat Limite de Service (ELS) :

Dans le cas de fissuration peu préjudiciable :  $f_s = f_e$

Dans le cas de fissuration préjudiciable  $\bar{\sigma}_{bc} = \min \left\{ \frac{2}{3} f_e, \max \left( 0,5 \times f_e, 110 \sqrt{\eta \times f_{t28}} \right) \right\}$

Dans le cas de fissuration très préjudiciable :

$$\bar{\sigma}_{bc} = 0,8 \times \min \left\{ \frac{2}{3} f_e, \max \left( 0,5 \times f_e, 110 \sqrt{\eta \times f_{t28}} \right) \right\}$$

## 2. Les charges

L'ouvrage reçoit comme charges :

- Charge permanente1 (PERM1) : le poids propre de la structure qui est calculée automatiquement par le logiciel ;
- Charge permanente2 (PERM2) : les charges du plancher terrasse (20+5);
- Charge permanente3 (PERM3) : les charges de la cloison;
- Charges permanente4 (PERM4) : les charges du plancher courant (20+5) ;
- Charge d'exploitation1 (EXPL1) : les charges variables du plancher terrasse : 1.00 KN/m<sup>2</sup> ;
- Charge d'exploitation2 (EXPL2) : les charges variables du plancher courant : 2,5 KN/m<sup>2</sup> ;
- Charge du vent1 : les charges dues au vent, elles sont appliquées sur les éléments horizontaux de la structure suivant l'axe des x et y (selon NV 65) ;

Les charges sismiques et de neige ne sont pas prises en compte du fait que l'ouvrage sera implanté dans un pays (Burkina Faso) qui n'est pas un pays sismique.

Les combinaisons des charges sont les suivantes :

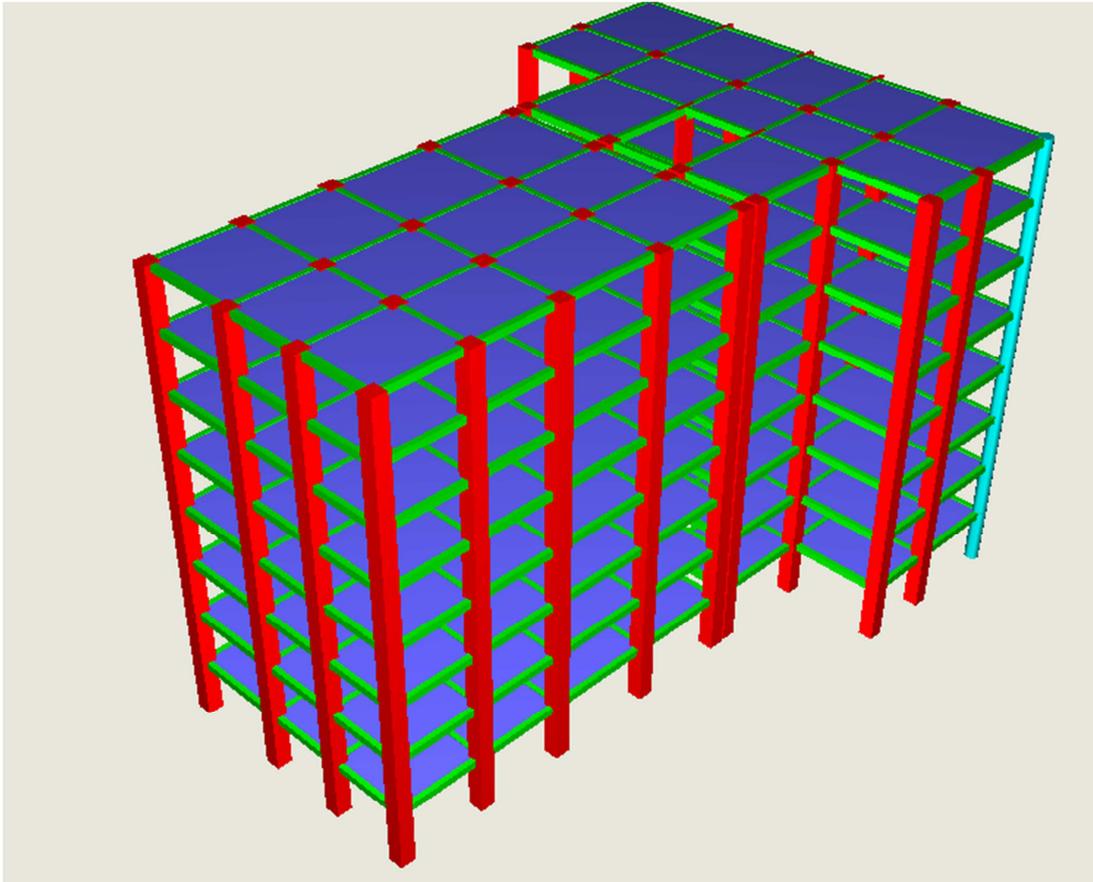
G+ Q + w : pour l'état limite de service

1,35G+1,5 Q + 0.8 w : pour l'état limite ultime.

## 3. Descentes des charges

Les charges sont évaluées et ensuite appliquées sur les différents éléments de la structure porteuse dans Robot Autodesk Strutral Analysis. Le poids propre des poteaux, poutres, dalles...sont pris en compte directement par le logiciel, ici il est question d'évaluer les autres charges des éléments secondaires et les appliquer.

**Descente de charge automatique dans le logiciel**



**Figure 1: Perspective du bâtiment avec des charges appliquées**

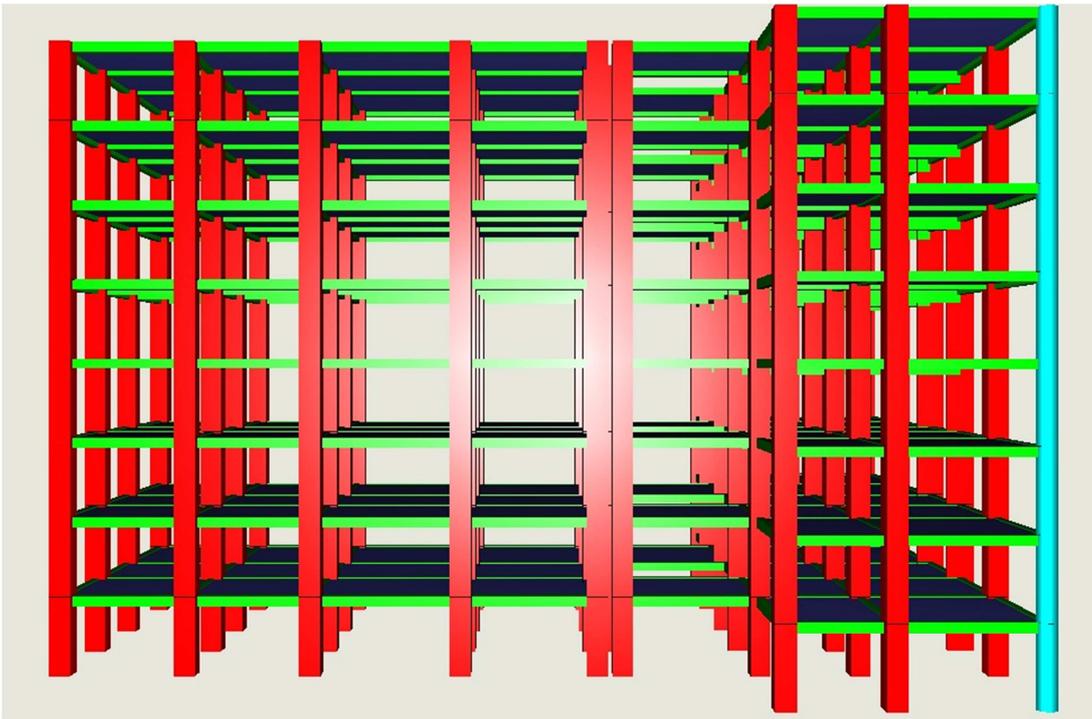


Figure 2: Vue ZX de la structure en Béton armé

**Récapitulatif de descentes de charges des éléments secondaires** :(détails calcul en annexe 1)

- a) Plancher étage courant :  $G= 5.59 \text{ KN/m}^2$  et  $Q = 2.5 \text{ KN/m}^2$
- b) Plancher terrasse (non accessible) :  $G= 7 \text{ KN/m}^2$  et  $Q = 1 \text{ KN/m}^2$
- c) Mur extérieur en paroi (ép.= 20 cm) :  $2.36 \text{ KN/m}^2$
- d) Escalier :
  - Volée :  $G = 8.90 \text{ KN/m}^2$  et  $Q= 2.5 \text{ KN/m}^2$
  - Palier :  $G = 4.79 \text{ KN/m}^2$  et  $Q= 2.5 \text{ KN/m}^2$
- e) La charge du vent :  $W= 2.02 \text{ KN/m}^2$

**4. Prédimensionnement (voir annexe détails de calcul)**

C'est une opération permettant de donner une dimension provisoire à l'élément à étudier et sera conforme aux règlements BAEL 91 Modifié 99.

**Bloc 1:**

- a) **Les poteaux** : D'après le critère de résistance du BAEL 91(Art. B.8.4) on a :

$$Br \geq \frac{k \times b \times Nu}{\frac{\theta \times f_{bu}}{0,9} + \frac{0,85 \times f_{ed}}{100}} \text{ avec : } \begin{cases} K = 1 \\ \theta = 1 \end{cases}$$

$$\text{Tel que : } f_{bu} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_b} = \frac{0,85 \times 20}{1 \times 1,5} = 11,33 \text{ Mpa}$$

$$F_{ed} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 384 \text{ Mpa}$$

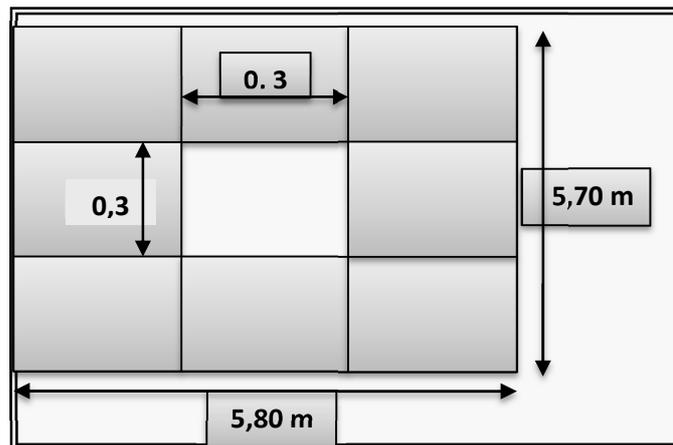
$B_r \geq (a-0,02)(b-0,02)$  = section réduite obtenue : en retirant 1 cm d'épaisseur du béton sur toute la périphérie du poteau

$$B = \begin{cases} 1 + 0,2 \left( \frac{\lambda}{35} \right)^2 & \text{si } \lambda \leq 50 \\ 0,85 \times \frac{\lambda^2}{1500} & \text{si } 50 \leq \lambda \leq 70 \end{cases}$$

**Avec :**

$N_u$  : effort normal appliqué sur le poteau le plus sollicité la section afférente :

$$((5,80-0,3) \times (5,70-0,3)) = 29,7 \text{ m}^2$$



**Figure 3: Surface d'influence d'un poteau**

Après calcul (voir en annexe) nous avons le résumé des dimensions des poteaux :

On prend les sections des poteaux du RDC et 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> étage (40x40) cm<sup>2</sup>

On prend les sections des poteaux de 4<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup>, 6<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> étage (30x30) cm<sup>2</sup>

**b) les poutrelles :**

$$0,3d < b_0 < 0,5d$$

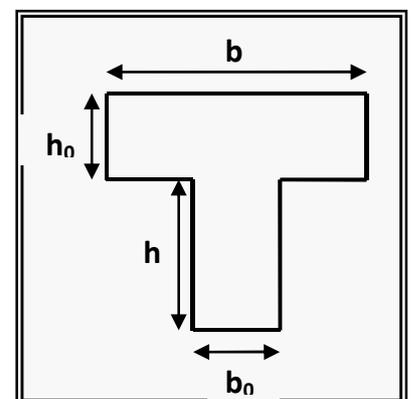
$$0,07 < b_0 < 0,12$$

Pour des raisons constructives on prend  $b_0 = 12$  cm.

• **Détermination la largeur de la table de compression :**

Cette largeur définit la dimension de la zone de compressions.

$$\text{Avec : } b = 2a + b_0$$



$$D'où \ a = \min \begin{cases} \frac{L_0}{2} = \frac{60-12}{2} = \frac{48}{2} = 24cm. \\ \frac{L}{10} = \frac{580}{10} = 58cm \end{cases}$$

Figure 4: Coupe schématique de la poutrelle

Avec  $L_0$  : largeur du coup creux

L : la portée de la travée

$$a = 24cm \quad \text{avec} \quad b = (2 \times 24) + 12 = 60cm$$

c) Les poutres :

1- Poutres secondaires :

D'après le critère de rigidité on a :

$$L/15 < h_p < L/10$$

Avec :

L : la portée de la poutre dans le sens considéré entre nu d'appuis

$$L = 550 \text{ cm} \Rightarrow 36.66\text{cm} < h_p < 55\text{cm}$$

On opte pour  $h_p = 40 \text{ cm}$ . Et b : largeur de la poutre en générale ( $b < h$ ) alors  $b = 30 \text{ cm}$

2- Poutres principales :

D'après le critère de rigidité on a :

$$L/15 < h_p < L/10$$

Avec :

L : la portée de la poutre dans le sens considère entre nu d'appuis

$$L = 900 \text{ cm} \Rightarrow 60 \text{ cm} \leq h_p \leq 90 \text{ cm}$$

On prend la hauteur moyenne de la portée  $h_p = L / 12,5 = 72 \text{ cm}$

On opte pour  $h_p = 75 \text{ cm}$ .

b : largeur de la poutre en générale ( $b < h$ ) alors  $b = 30\text{cm}$

Bloc 2:

Avec la même procédure, nous pré dimensionnons les éléments porteurs du bloc 2 :

a) **Les poteaux** :

On prend les sections des poteaux de rive  $(0,4 \times 0,8) \text{ m}^2$

On prend les sections des poteaux intermédiaires  $= (0,4 \times 0,4) \text{ m}^2$

b) **Les Poutres:**

**Poutre principale : PT 30x40 ht**

Le plancher :

Le plancher est dimensionné a partir du critère de flèche.

$$D'où : \frac{1}{20} \leq \frac{ht}{L} \leq \frac{1}{25}$$

ht : épaisseur du plancher.

L : portée max entre nu d'appuis dans la direction des poutrelles = 5,50m

**Alors :**  $\frac{550}{20} \leq ht \leq \frac{550}{25}$

On prend la moyenne on aura :  $ht \geq \frac{550}{22.5} = 24,44\text{cm}$

On adopte une épaisseur de 25 cm avec :

$$\begin{cases} 20\text{cm} \Rightarrow \text{corp creux} \\ 5\text{cm} \Rightarrow \text{table de compression} \end{cases}$$

**Le voile :**

L'épaisseur du voile est égale à 15 cm

**5. DIMENSIONNEMENTS DES ELEMENTS**

**5.1 Etude du plancher (détails de calcul en annexe 1)**

Les planchers de notre ouvrage sont à corps creux du type **(20+5) cm**, ce type de plancher est utilisé dans les locaux d'habitation et de service, ils ont une bonne isolation thermique et phonique.

On a trois types des poutrelles : pour le calcul, nous avons utilisé les « **méthodes RDM** », et la **méthode forfaitaire**.

**Bloc 1:**

**5.1.1 Etude de la poutrelle:**

**1. Calcul des sollicitations :**

$$\begin{array}{l} \text{Terrasse} \text{ ----} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} G = 7 \text{ KN/m}^2 \\ Q = 1 \text{ KN/m}^2 \end{array} \right. \qquad \text{Etage} \\ \text{courant} \text{ ----} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} G = 5.59 \text{ KN/m}^2 \\ Q = 2,5 \text{ KN/m}^2 \end{array} \right. \end{array}$$

$$P_{Ut} = 1,35 G + 1,5 Q = 1,35 \times 7 + 1,5 \times 1 = 10,52 \text{ KN /m}^2.$$

$$P_{Uc} = 1,35 G + 1,5 Q = 1,35 \times 5.59 + 1,5 \times 2,5 = 11,58 \text{ kn/m}^2.$$

On prend le maximum entre  $P_{Ut}$  et  $P_{Uc}$  on aura :

$$P_{Ut} = 10,52 \times 0,6 = 6,312 \text{ kN/ml.}$$

$$P_{Uc} = 11,58 \times 0,6 = 6,98 \text{ kN/ml.}$$

Avec :

$P_{Ut}$  : représente la sollicitation de la terrasse

$P_{Uc}$  : représente la sollicitation de l'étage courant

▪ **Type des poutrelles N° 01 :**

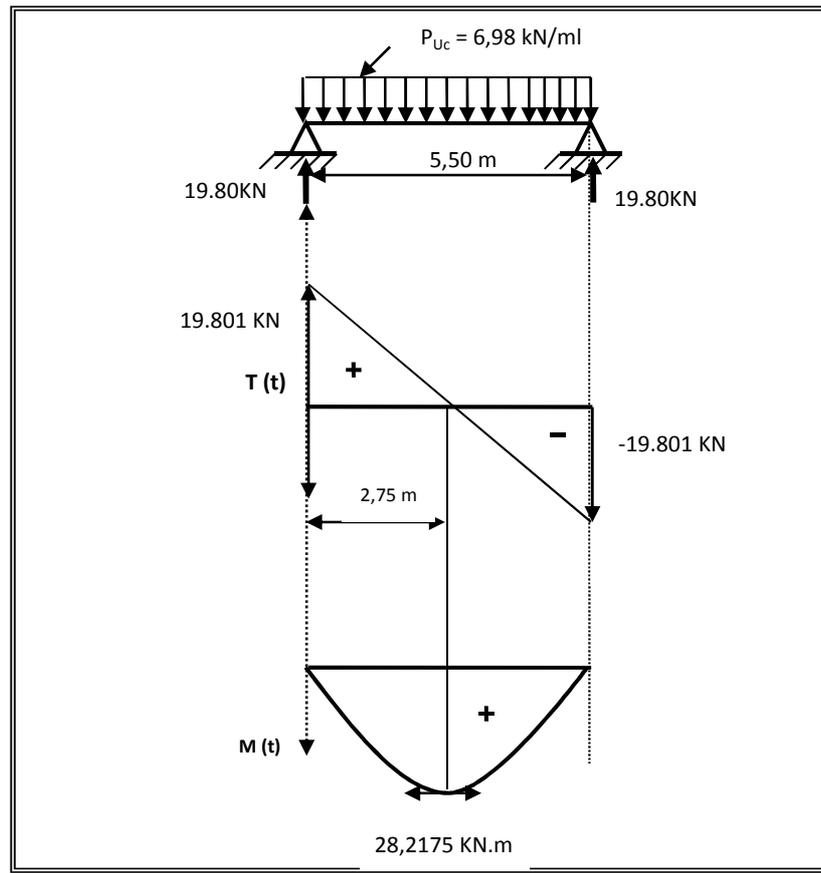


Figure 5: Diagramme des moments et de l'effort tranchant

**Type de poutrelle N°2 :**

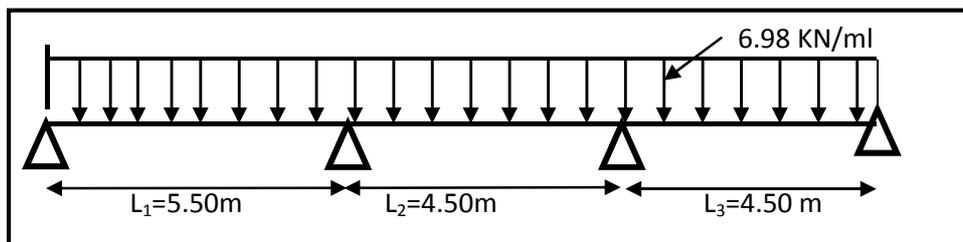


Figure 6: Schéma de calcul de la poutrelle

**Type de poutrelle N°3:**

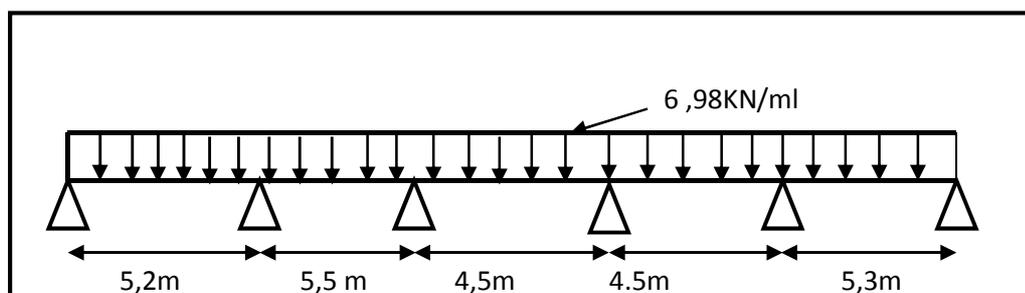


Figure 7: Schéma de calcul de la poutrelle 3

**La méthode utilisable pour le calcul :**

On utilise la méthode forfaitaire pour déterminer les planchers des blocs, qu'il existe des types de poutrelles continues :

**a) vérification des conditions :**

$$Q_B \leq 2 \times G \rightarrow 2.5 \text{KN/m}^2 \leq 2 \times 6,68 = 13,68 \text{KN/m}^2 \rightarrow \text{OK}$$

$$Q_B \leq 5 \text{KN/m}^2 \rightarrow 2.5 \text{KN/m}^2 \leq 5 \text{KN/m}^2 = 5 \text{KN/m}^2 \rightarrow \text{OK}$$

Puisque la section est identique donc on a la même inertie, fissuration peu préjudiciable

La condition de la portée :

$$0,8 \leq \frac{L1}{L1+1} \leq 1,25 \quad 0,8 \leq \frac{5,5}{4,5} \leq 1,25 \Rightarrow 0,8 \leq 1,22 \leq 1,25$$

***Calcul le moment fléchissant***

- $M_o$  : la valeur maximale du moment isostatique de flexion dans la travée de comparaison.
- $M_w$  et  $M_e$  respectivement les valeurs absolues des moments sur appuis de gauche et de droite qui sont pris en compte dans les calculs de la travée considérées.
- $M_t$  le moment maximal dans la travée considérée
- $\alpha$  est le rapport des charges d'exploitation à la somme des charges permanentes et d'exploitations.

**Récapitulatif du ferrailage des poutrelles (détails de calcul en annexe) :****Tableau 4: Les résultats des moments en travée et sur appuis**

Travée	1	2	3	4	5
L(m)	5,20	5,50	4,50	4,50	5,30
$M_o$ (kN.m)	23,59	26,39	17,67	17,67	24,51
$M_A$ (kN.m)	-3,72	-13,77	-11,01	-6,86 - 12,83	- 3,84
$M_t$	24,99	27,91	18,80	19,62	25,94
$M_{dfmax}$	24,99	27,91	18,80	19,62	25,94

**Tableau 5: Les résultats des moments sur appuis et l'effort tranchant**

Travée	L(m)	Q(KN/m)	$M_i$ (KN.m)	$M_{i+1}$ (KN.m)	$T_i$ (KN)	$T_{i+1}$ (KN)
0-1	5,20	6,98	3,72	13,77	16,36	-20,08
1-2	5,50	6,98	13,77	11,01	19,69	-18,69
2-3	4,50	6,98	11,01	7,86	16,40	-15,00
3-4	4,50	6,98	7,86	12,83	14,05	-16,80
4-5	5,30	6,98	12,83	3,85	20,19	-16,80

Tableau 6: Ferrailage des poutrelles en travée

Ferrailage travées	Mu (kN.m)	$\mu_{bu}$	$z_b$ (m)	A (cm <sup>2</sup> )	choix d'armatures	Section (cm <sup>2</sup> )
Type1	67.98	0.0819818	0.21714546	3.3297245	3HA12	3.39
Type2	24.74	0.05734732	0.21725811	3.27223474	3HA12	3.39
Type3	21.74	0.05039332	0.2181969	2.86306835	3HA12	3.39

Tableau 7: Ferrailage des poutrelles en appuis

Ferrailage appuis	Mu (kN.m)	$\mu_{bu}$	$z_b$ (m)	A (cm <sup>2</sup> )	choix d'armatures	Section (cm <sup>2</sup> )
Type1	4.5554	0.08059724	0.21857937	1.78185073	1HA12	1.13
Type2	4.9486	0.05735427	0.21725717	0.65452913	1HA10	0.79
Type3	3.79	0.0503006	0.21820942	0.57152732	1HA10	0.79

#### Ferrailage de la dalle de compression :

Les mailles de quadrillage ne doivent pas dépasser 25 cm pour les armatures perpendiculaires à la nervure. La section minimale des armatures perpendiculaire à la nervure est donnée en fonction de l'entre axe.

-20 cm pour les armatures perpendiculaires aux nervures

-30 cm pour les armatures parallèle aux nervures

$$A = 4 \times b / f_c \text{ (cm}^2\text{/ml)}$$

$$\Rightarrow A = 4 \times 60 / 400 = 0,60 \text{ cm}^2\text{/ml.}$$

$$\text{Soit } 6 \text{ HA } 6 = 1,70 \text{ cm}^2\text{/ml}$$

Avec  $S_T = 15$  cm.

$$A \text{ (perpendiculaire)} = A/2 = 0,850 \text{ cm}^2\text{/ml.}$$

$$\text{Soit } 4 \text{ HA } 6 = 1,13 \text{ cm}^2\text{/ml. Avec } S_t = 25 \text{ cm.}$$

On prend un treillis soudée de diamètres HA 6 de dimensions 15 x 15

#### 5.2 Calcul de l'acrotère (détails en annexe 1) :

L'acrotère est considéré comme une console verticale encadrée au niveau du plancher terrasse et calculée à la flexion composée sous l'effet d'un effort normal et un moment fléchissant.

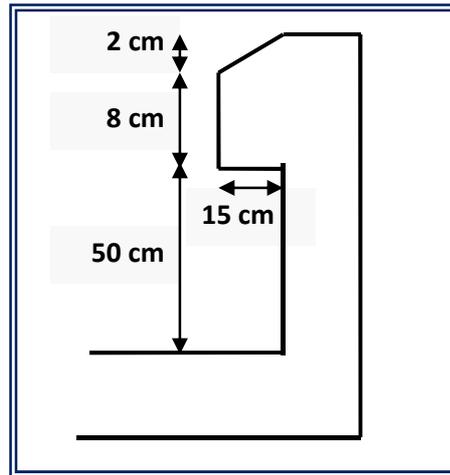


Figure 8: Coupe acrotère

### 5.2.1 Calcul de charge :

Poids propre (effort normal) :

$$N = [0,1 \times 0,6 + (0,08 \times 0,15) + (0,02/2 \times 0,15)] \times 25 \times 1 = 1,84 \text{ KN/ml}$$

$$N = 1,35 \times G = 1,35 \times 1,84 = 2,5 \text{ KN/ml}$$

### 5.2.2 Surcharge :

$$Q = 1 \text{ KN/ml}$$

$$Q_u = 1,5 \times 1 = 1,5 \text{ KN/ml}$$

### 5.2.3 Le moment M :

$$M = Q_u \times 0,6 = 1,5 \times 0,6 = 0,9 \text{ KN}$$

#### a. Calcul de l'excentricité :

$$e_o = M/N = 0,9/2,5 = 0,36 \text{ m}$$

$$e_1 = ht / 6 = 0,10 / 6 = 0,017 \text{ m}$$

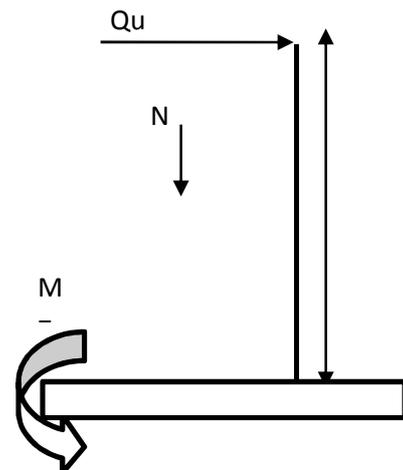


Figure 9: Schéma d'application des forces

$e_o > e_1 \rightarrow$  le centre de la pression est hors du noyau central

$\rightarrow$  la section est partiellement comprimée.

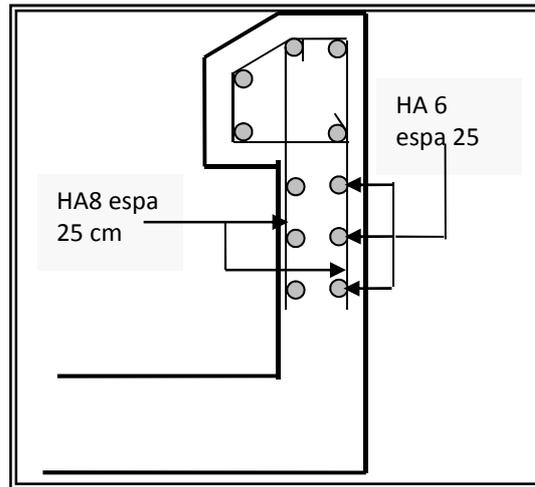


Figure 10: Schéma de ferrailage

### 5.3 Etude d'escalier a paillasse :

#### 5.3.1 Pré dimensionnement escalier :

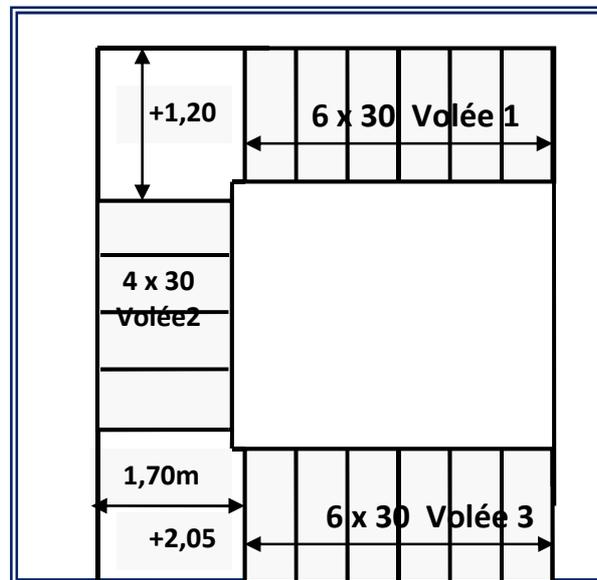


Figure 11: Schéma vue en plan des volées de l'escalier

D'après la formule de blondel :

$$60 \text{ cm} \leq g + 2h \leq 65 \text{ cm}$$

Avec :

$g$  : le giron = 30 cm

Et  $H = n * h$

Alors :  $g + 2h = 64 \text{ cm}$

$$L = (n - 1) g$$

$n$  : nombre de contre marche.

$(n - 1)$  : nombre de marche.

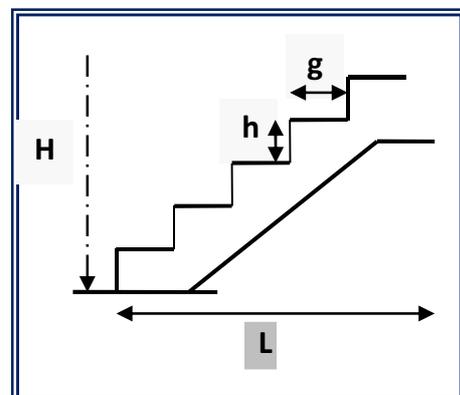


Figure 12: Coupe type de l'escalier

H : la hauteur d'étage = 3,40 m

Donc n = 20 h = H / n → 340 / 20

$$\cos \alpha = \frac{g}{\sqrt{g^2+h^2}} = \frac{30}{\sqrt{30^2+17^2}} = \frac{30}{\sqrt{900+289}} = 0,87$$

Alors α = 29,54°

**1<sup>er</sup> et 3<sup>em</sup> volée :**

$$L_1 = \sqrt{(1,80)^2 - (1,20)^2} = 1,35m \quad L_3 = \sqrt{(1,80)^2 - (1,20)^2} = 1,35m$$

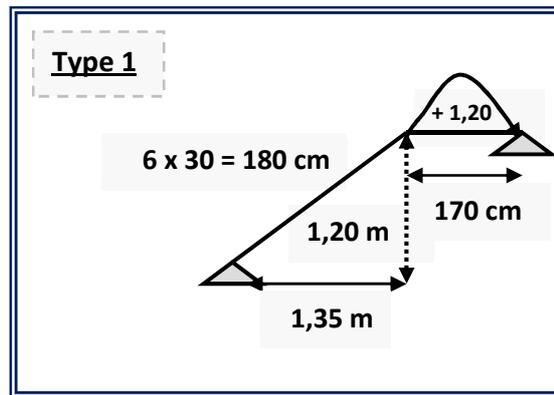


Figure 13: Schéma statique de l'escalier volée 1 et 3

**2<sup>em</sup> volée :**

$$L_2 = 0,85 m$$

On a deux types d'escalier comme sont indiqués sur la figure :

Pour faire étude de l'escalier en prendre le 2<sup>em</sup> type : Comme représenter sur le schéma statique.

**Calcul épaisseur de volée :**

$$\cos \alpha = \frac{180}{Lh} \rightarrow Lh = \frac{180}{0,87} = 275,9cm \approx 207cm$$

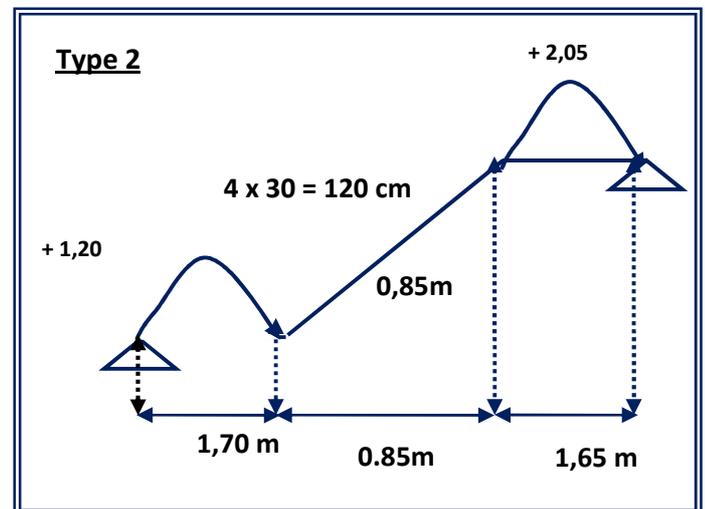


Figure 14: Schéma statique 2eme type de l'escalier

Epaisseur de la volée on a le critère suivant :

$$\frac{Lh}{30} \leq ev \leq \frac{Lh}{20} = 6,9 \leq ev \leq 10,8cm \quad \text{On adopter } e_v = 15cm$$

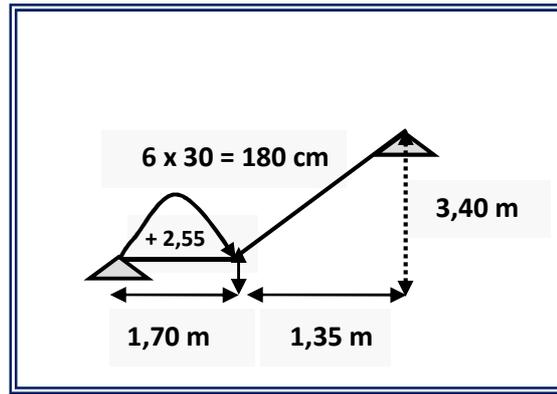


Figure 15: Caractéristiques de l'escalier volée 3

Remarques : Les dessins d'exécution pour ferrailage de l'escalier sont détaillés en annexe x

**5.4 Etude des balcons (détail de calcul sont en annexe)**

Pour calculer un balcon, on considère comme une dalle encastrée les armatures qui travaillent sortent de la dalle du plancher et elles sont transversales ce pendant les armatures de répartition sont longitudinales et la flèche est dans le sens transversal.

**a- Descente de charge :**

- Poids du dalle (e : 15cm).....0,15 x 25 x 1m = 3,75kN/m
- Carrelage (e : 2cm)..... 22 x 0,02 x 1m=0,44kN/m
- Mortier de passe (e : 2cm)..... 20 x 0,02 x 1m= 0,40kN/m
- Couche de sable(e : 2cm)..... 22 x 0,02 x 1m=0,40kN/m
- Enduit (e : 15cm)..... 22 x 0,05 x 1m=0,33kN/m
- Cloison.....1 x 1m =1kN/m

**G = 6,32kN/m ; Q = 3,5kN/m**

**5.5. Calcul des poutres (détails de calcul en annexe)**

Les poutres sont calculées à la flexion simple, le ferrailage doit respecter les règles BAEL 91 Modifié 99.

**5.5.1 Les combinaisons d'actions :**

$$\left\{ \begin{array}{ll} 1.35G+1.5 Q & (ELU) \\ G+Q & (ELS) \end{array} \right.$$

Les sollicitations et le ferrailage des poutres sont récapitulés dans les tableaux suivants :

Tableau 8: Sollicitations et ferrillages des poutres principales

section	PT	En travée		En appui		Barres choisies	
		Mu(KN, m)	A(cm <sup>2</sup> )	Ma (KN,m)	A cm <sup>2</sup> )	En travée	En appui
(30x75ht)	PT2	17.64	2.03	-36.87	2.41	3HA12	3HA12
(30x75ht)	PT3	57.02	3.97	-114.1	7.89	3HA14	3HA12+3HA12
(30x75ht)	PT4	55.63	3.69	-106.77	7.34	3HA14	3HA10+1HA14

Tableau 9: Sollicitations et ferrillages des poutres secondaires

section	PT	En travée		En appui		Barres choisies X	
		Mu (KN, m)	A(cm <sup>2</sup> )	Ma(KN,m)	A(cm <sup>2</sup> )	Entravée	En appui
(30×40ht)	PT9	21.04	1.87	-50.20	3.62	3HA12	3HA12
(30×30ht)	PT10	14.69	1.87	-32.90	2.39	3HA12	3HA12
(30×40ht)	PT11	14.57	1.87	-32.97	2.34	3HA12	3HA12
(30×30ht)	PT12	14.69	1.87	-37.14	2.65	3HA12	3HA12

Tableau 10: Sollicitations et ferrillages des poutres

section	PT	En travée		En appui		Barres choisies	
		Mu(KN, m)	A(cm <sup>2</sup> )	Ma(Kn,m)	A(cm <sup>2</sup> )	travée	appui
(30x40ht)	PT1	64.16	4.28	-125.68	8.77	3HA14	3HA16+3HA12
(30x40ht)	PT5	62.90	4.19	-110.47	7.62	3HA14	3HA16+2HA12
(30x40ht)	PT6	30.75	2.03	-89.17	6.05	3HA12	3HA16+1HA12
(30×40ht)	PT7	32.62	2.28	-90.88	6.78	3HA12	3HA14+2HA12
(30×30ht)	PT8	14.88	1.87	-93.57	7.33	3HA12	3HA14+1HA14
(30×30ht)	PT13	14.69	1.87	-37.14	2.65	3HA12	3HA12
(30×30ht)	PT14	14.57	1.87	-32.97	2.34	3HA12	3HA12
(30×40ht)	PT15	14.69	1.87	-32.90	2.39	3HA12	3HA12
(30x40ht)	PT16	64.16	4.28	-125.68	8.77	3HA14	3HA16 +2HA14
(30x40ht)	PT17	62.90	4.19	-110.47	7.62	3HA14	3HA16+2HA12
(30x40ht)	PT18	96.89	6.58	-215.72	16.37	3HA10+1HA12	3HA10+3HA12+3HA14
(30x40ht)	PT19	19.05	1.56	-47.40	4.62	3HA12	3HA14

Remarques : les dessins d'exécutions sont en annexe

### 5.6 Calcul des poteaux (détails de calcul en annexe) :

Les poteaux sont calculés en flexion composée, sollicités par un effort normal de compression (N) et un moment fléchissant (M) tirés à partir des fichiers résultats du logiciel

Arche Graitec OMD 2009, sous les combinaisons ci-dessous :

$$\begin{cases} 1,35G + 1,5Q \text{ (E.LU)} \\ G + Q \text{ (E.L.S)} \end{cases}$$

Remarque Les sollicitations et les résultats du ferrailage des poteaux sont récapitulés dans les tableaux suivants :

**Tableau 11: Sollicitations des poteaux et ferrailage**

Etage	section	position	Bloc 1 et 2			Section Mini.	Barres choisies
			Sollicitation		Section adoptée		
			N (KN)	M(kN.m)	A(Cm <sup>2</sup> )	A (Cm <sup>2</sup> )	
RDC + 1 <sup>er</sup> étage	80x80)	inter	3422.32	39.51	-34.02	51,2	10HA12+4HA8
		Rive	1863.3	20.34	-22.03	51,2	10HA12+4HA8
		angl	1440	28.95	-16.72	51,2	10HA12+4HA8
2 <sup>eme</sup>	(70x70)	inter	2602.3	1.41	-26.67	39.02	12HA10+2HA16
		Rive	2265.3	62.36	-19.58	39.02	12HA10+2HA16
		angl	1381.8	40.06	-14	39.02	12HA10+2HA16
3 <sup>eme</sup>	(60x60)	inter	1860.6.	4.11	-20.21	28.8	8HA10+4HA16
		Rive	1770.86	32.13	-15.85	28.8	8HA10+4HA16
		angl	1627.63	41.58	-13.75	28.8	8HA10+4HA16
4 <sup>eme</sup>	(50x50)	inter	1503.54	3.75	-14.33	20	6HA10+2HA14
		Rive	1424.57	16.64	-12.49	20	6HA10+2HA14
		angl	1317.26	19.46	-10.32	20	6HA10+2HA14

Tableau 12: Sollicitations et ferrailage des poteaux

Etage	section	position	Bloc 1 et 2			Section minimale	Barres choisies
			Sollicitation		Section adoptée		
			N (KN)	M(kn m)	A (Cm <sup>2</sup> )	A (Cm <sup>2</sup> )	
5 <sup>eme</sup>	(40x40)	inter	1095.72	3.99	-10.12	12,8	8HA14
		Rive	1004.4	8.5	-9.17	12,8	8HA14
		angl	1022	33.89	-6.39	12,8	8HA14
6 <sup>eme</sup>	(35x35)	inter	720	2.72	-6.67	9,8	8HA14
		Rive	637	3.48	-6.69	9,8	8HA14
		angl	738.27	33.32	-2.54	9,8	8HA14
7 <sup>eme</sup>	(30x30)	inter	224.45	1.57	2.91	7,2	8HA12
		Rive	274.28	1.74	2.61	7,2	8HA12
		angl	354	30	2.27	7,2	8HA12

### 5.7 Calcul des voiles :

Les voiles sont calculés dans les deux sens horizontal et vertical, à la flexion composée sous un effort normal de compression F et un moment de flexion (M) tirés à partir des fichiers résultats du logiciel Arche Graitec OMD 2009 sous les combinaisons suivantes :

$$\begin{cases} 1.35G + 1.5Q \\ G + Q \end{cases}$$

#### 5.7.1 Sollicitation :

Nous allons détailler le calcul d'un voile

=> Horizontalement :

$$F \max \{ \Rightarrow F_1 = 560.103 \text{ KN}$$

$$M \{ \Rightarrow M_1 = 0.128 \text{ KN}$$

=> Verticalement :

$$F \max \{ \Rightarrow F_2 = 1019.721 \text{ KN}$$

$$M \{ \Rightarrow M_1 = 0.665 \text{ KN}$$

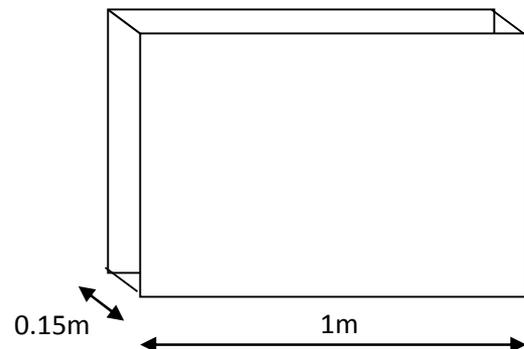


Figure 16: Section de calcul pour les voiles

Le calcul se fait pour une bande de 1m. Et épaisseur de 15cm.

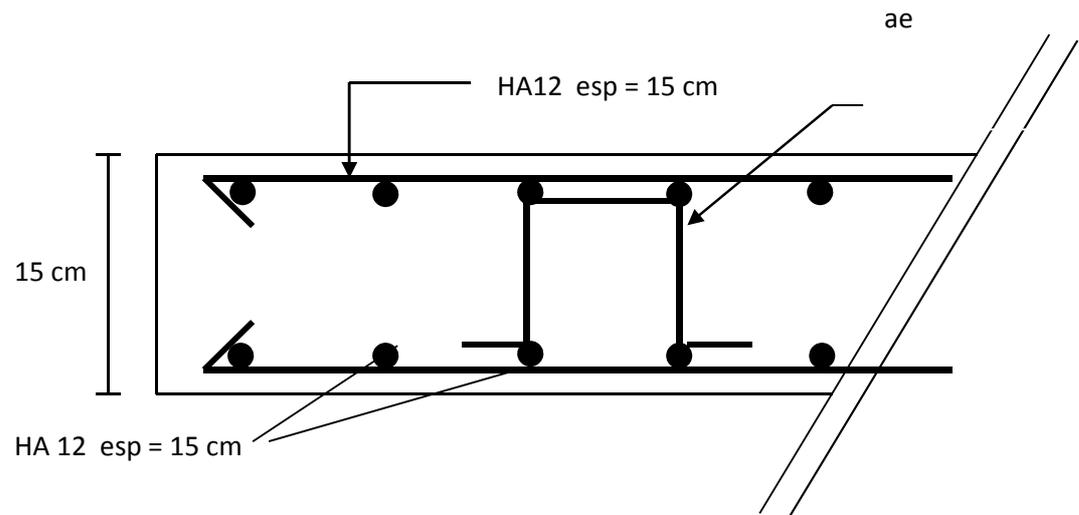


Figure 17: Schéma de ferrailage des voiles

### 5.8 Calcul des fondations :

Une fondation est un organe de transmission de la totalité des charges de la superstructure au sol d'assise dans les bonnes conditions de façon à :

- Assurer la stabilité de l'ouvrage
- Limiter les tassements de l'ouvrage

Dans notre cas, nous avons opté pour un radier général.

Le dimensionnement du radier se fait selon les combinaisons suivantes : **ELS= G + Q**

Le ferrailage du radier se fait selon les combinaisons suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} 1.35G+1.5Q \text{ (ELU)} \\ G+Q \text{ (ELS)} \end{array} \right.$$

Vérification des contraintes se fait selon la combinaison : **ELS= G + Q**

**Calcul du radier (détails de calcul en annexe) :**

**Le ferrailage de la nervure PR (60 x 95ht) est :**

- En appui  $\longrightarrow$  3HA 20.
- En travée  $\longrightarrow$  3HA20 + 2HA16 + 3HA20 en chapeau.

**Le ferrailage de la nervure PR (90 x 95ht) est :**

- En appui  $\longrightarrow$  5HA20 + 2HA16.
- En travée  $\longrightarrow$  10HA20 + 6HA14 + 3HA14.

**Calcul de la dalle du radier (détails de calcul en annexe)**

**Note :** Pour des raisons de sécurité, le ferrailage du radier est :

- Selon X et selon Y :

HA 14 espacée de 15cm (Double nappe).

## **CHAPITRE IV : DIMENSIONNEMENT DES CORPS D'ETATS SECONADAIRES**

### **I. ASSAINISSEMENT**

#### **1- Présentation générale**

L'assainissement est un ensemble d'installation assurant l'évacuation et le traitement des eaux vannes, eaux usées et eaux de pluies d'un bâtiment.

C'est ainsi qu'on entend parler des puisards, fosses septiques, des regards, quand il s'agit de répondre à certaines exigences de salubrité.

Il est prévu dans le cadre du présent projet ces différents éléments mais ils ne sont pas calculés dans ce document.

Pour la distribution de l'eau, il convient de tenir compte de sa composition chimique qui est connue du concessionnaire de la distribution de l'eau et de l'installateur. Les mesures sont effectuées par un laboratoire spécialisé agréé par le ministère de la Santé. Les analyses sont :

- physiques : température de l'eau, limpidité ;
- chimiques : pH, TH, TAC, teneur en plomb, etc. ;
- bactériologiques : les germes (il en existe une multitude).

Il est recommandé également de se renseigner sur les installations locales, d'étudier les règlements en vigueur dans la commune (règlement sanitaire) pour l'alimentation et l'évacuation. Il faut également connaître la pression de service dont on peut disposer. Dans le cas d'une distribution par un réservoir situé à une altitude connue par rapport à l'origine de l'installation, elle sera facilement déterminée. Pour une distribution par un réseau de ville, il faudra la mesurer à l'aide d'un manomètre. La connaissance de la pression est importante, car elle permet d'envisager soit la pose d'un réservoir d'alimentation ou d'équilibre si cette pression est irrégulière, soit une installation de surpression si elle est insuffisante, soit un détendeur si elle est excessive.

#### **2- Méthode de calcul**

La méthode de calcul la plus utilisée reste celle qui s'effectue suivant les bases du DTU 60.11 et de la norme PR NF EN 806-3.

Les éléments à connaître pour les calculs sont :

- les débits par appartement et par tronçons ;
- les vitesses de l'eau ;
- les pertes de charges linéaires (longueurs de tube) ;
- les pertes de charges singulières (vannes, clapet, etc.).

Remarques : Un exemple de calcul d'installations est détaillé en annexe :

### 3- Réseau d'évacuation

#### a. Étude des évacuations

Cette étude doit répondre aux normes NF EN 12056-1 à 5 et satisfaire le principe initial de la salubrité des habitations qui est d'évacuer rapidement les eaux usées sans qu'elles ne laissent aucun résidu.

Une évacuation doit posséder plusieurs qualités :

- une section suffisante de la conduite d'évacuation permettant un écoulement rapide du fluide;
- le choix du matériau des canalisations en fonction du type de fluide à écouler ;
- une étanchéité pour éviter les odeurs à l'intérieur des habitations ;
- une installation peu bruyante (isolation phonique).

#### b. Diamètres des tuyaux d'évacuation (EU, EV, ventilation)

Les diamètres sont donnés par le DTU 60.11 et pour le raccordement des appareils sanitaires par le tableau 22. Les tubes sont désignés par les diamètres intérieur et extérieur. Les pentes sont comprises entre 1 et 3 cm/m.

Pour l'évacuation d'appareils groupés, les diamètres intérieurs minimaux des tuyaux sont donnés par le tableau 23.

Les dimensions des chutes et ventilations sont données par le DTU 60.11 (tableau 24).

Pour le calcul des collecteurs, on utilisera la formule de Bazin qui est :

$$Q = \frac{87RH\sqrt{i}}{\gamma\sqrt{RH}} \times Sm \quad \text{avec } Q \text{ débit (m}^3/\text{s),}$$

RH : rayon hydraulique (m), rapport de la surface mouillée au périmètre mouillé (figure 27),

Sm : surface mouillée (m<sup>2</sup>) ; i pentes (cm / m) ;  $\gamma$  coefficient de frottement (m<sup>1/2</sup>), ( $\gamma = 0,16 \text{ m}^{1/2}$ ).

### 4- Les regards

#### a. Regard simple

Situé au pied de la chute, il a pour rôle de permettre le nettoyage et le débouchage du réseau.

Dimensions : 100x80x80cm (profondeur x longueurs x largeurs) ;

#### b. Fosses septiques à deux compartiments

Elles assurent la liquéfaction partielle de matières polluantes concentrées dans les eaux usées ainsi que la rétention des matières solides et des déchets. La profondeur utile ne peut pas être inférieure à 1m et sa capacité dépend du nombre des usagers, avec un minimum de 1000 litres.

Les dimensions sont fixées par rapport à la capacité d'accueil du bâtiment et du nombre des usagers.

### **5- Puits filtrants**

Ils sont conçus pour assurer l'évacuation et la diffusion dans le sol des eaux provenant des fosses septiques.

Les parois sont prévues en maçonnerie de moellons secs. Les dalles au bas fond seront en béton armé.

L'évacuation des eaux usées et des eaux vannes sera réalisée en réseaux séparés jusqu'au droit du bâtiment. Le raccordement se fera jusqu'au réseau public d'épuration.

Les eaux pluviales en provenance du plancher terrasse seront drainées naturellement vers les caniveaux.

### **6- Principe de fonctionnement**

Les installations assurant l'évacuation des eaux usées, eaux vannes et eaux des pluies fonctionnent suivant un principe et une logique.

Les matières solides et liquides en quittant les appareils sanitaires se jettent dans les regards par l'intermédiaire des chutes, pour rejoindre la fosse septique. C'est dans la fosse septique que se passe le traitement :

Les matières solides s'accumulent, en général dans un premier compartiment et subissent une fermentation anaérobie basique que l'on appelle «digestion». A la surface, les bulles entraînent des particules de boues qui finissent par former une croûte appelée «chapeau». Au fond, les matières se déposent. Un conduit de ventilation doit assurer l'évacuation des gaz tandis que d'autres conduits doivent permettre l'évacuation des matières solides.

Après ce premier compartiment, un deuxième reçoit les effluents décantés sous la forme d'un liquide clair. Cependant les eaux sortantes de la fosse septique ne doivent surtout pas être considérées comme épurées. Car ce type d'ouvrage n'assure qu'un prétraitement n'éliminant que très peu, voire pas du tout la pollution. Le liquide sortant de la fosse septique, doit être admis dans un ouvrage annexe (puits filtrant) avant la diffusion dans le sol.

### **7- Plomberie**

Pour desservir les différents locaux du bâtiment, les eaux arriveront dans les sanitaires par les tuyaux PVC de diamètre 100/120mm.

La chute de ces différentes eaux depuis le dernier niveau sera assurée par des tuyaux PVC de diamètre 125mm.

L'évacuation des eaux vannes sera assurée par des tuyaux PVC de diamètre 125mm. Les eaux usées seront acheminées par des tuyaux PVC de diamètre 70mm.

## **II. ELECTRICITE**

Dans toute conception d'un bâtiment, la notion d'éclairage et d'énergie électrique est recommandée par l'hygiène du bâtiment.

L'éclairage peut être naturel provenant de la lumière solaire ou artificielle provenant de toute autre source lumineuse que le soleil.

Dans le cadre de ce bâtiment, l'éclairage naturel provenant de la lumière solaire est assuré bien sur pendant le jour, par les ouvertures du bâtiment telles que les portes les fenêtres...principalement.

A côté de cette source naturelle, il faut nécessairement prévoir pour le bâtiment une autre forme d'énergie afin d'assurer l'éclairage du bâtiment pendant la nuit et d'assurer le fonctionnement des appareils électriques tels que les ordinateurs, les climatiseurs, etc. Il s'agit d'alimenter le bâtiment en énergie électrique.

Vu sa grande importance pour le fonctionnement des équipements électriques du bâtiment, il a été jugé très utile de déterminer la puissance électrique totale en vue de souscrire une puissance à la SONABEL ou de procéder à l'achat d'un groupe électrogène convenable.

### **1. Le flux lumineux**

Le flux lumineux est la quantité de la lumière envoyée par une lampe ou un groupe de lampe à une surface donnée. Il dépend du niveau d'éclairement **E** en lux, de la surface utile à éclairer **S** en m<sup>2</sup> ; d'un facteur de déperdition **d** choisi dans les tableaux établis par les constructeurs, du facteur d'utilisation **U**.

Il est défini par la formule suivante :  $\Phi = E \cdot S \cdot d / U$ .

### **2. Définition des termes et leurs coefficients**

**E** : Eclairage ; c'est le quotient du flux lumineux reçu par une surface donnée. Il s'exprime en **lux**. Pour les simples tâches visuelles, l'éclairement **E** est pris égal à : **200 lux**.

**S** : l'aire de la surface. Elle s'exprime en **m<sup>2</sup>**.

**D** : le quotient de déperdition. Il dépend des couleurs et varie de **0,5 à 1,4**. La valeur utilisée dans le majeur des cas est **1,4**.

**U** : C'est le coefficient d'utilisation. Il dépend de la hauteur de fixation de la lampe par rapport au poste de travail, du facteur de réflexion des plafonds et des murs ainsi que du rendement des appareils d'éclairage est de **0,76** (valeur moyenne pour le local considéré).

Il sera choisi pour toutes les pièces des lampes fluo de 120cm du fait de leur efficace lumineuse à l'exception des guichets, aux guichets seront placées des lampes fluo de 60cm compte tenu de dimension des pièces.

Il faut noter que les lampes fluo de 120 ayant une puissance de 40w sur un circuit de 220/230 fournissent un éclairage  $\Phi = 3200 \text{ lm}$  et les lampes fluo de 60 ont une puissance de 20W avec un flux lumineux  $\Phi = 1250 \text{ lm}$ .

### 3. La ventilation

La ventilation ou aération a pour but de renouveler l'air qui est à l'intérieur d'un local par des moyens naturels ou mécaniques. Dans un local qui reçoit un grand nombre des visiteurs, une bonne ventilation permet de combattre les effets nocifs des facteurs tels que : chaleurs, odeur, gaz toxique etc. C'est ainsi qu'il est prévu une ventilation mécanique en plus de la ventilation naturelle.

### 4. Les différentes puissances de récepteurs

Récepteurs	Puissances (Watts)
Lampes fluorescentes (120)	40
Lampes fluorescentes (60)	20
Split	2000
Prises 2P + T 16 A	2816
Prises forces	7296
Brasseurs d'air	120
Hublot	60

Tableau 13: Récapitulatif des puissances

### 5. Exemple de calcul des puissances (détail de calcul en annexe)

#### Eclairage dans la grande salle de séjour :

Elle a une surface de :  $S = 132 \text{ m}^2$

L'éclairage E retenu est égal à **200 lux**.

Soient le facteur d'utilisation et le facteur de déperdition sont respectivement égaux a **0.76** et

**1.4**.

#### Calcul de flux lumineux :

Par définition :  $\Phi = E.S.d / U$

AN:  $\Phi = 200 \times 132 \times 1.4 / 0.76 = 26526,32 \text{ lm}$   $\longrightarrow \Phi_t = 48631,58 \text{ lm}$ .

#### Exemple de détermination de nombre de sources lumineuses :

Des lampes fluorescentes de 120 cm seront utilisées ayant une puissance de 40 w sous une tension de 220/230 dont le flux lumineux est

$\Phi = 3200 \text{ lm}$ .

Ainsi :  $N = \Phi_t / \Phi$

AN:  $N = 48631,58 \text{ lm} / 3200\text{lm}$    $N = 15.20 \text{ lampes}$

Soit **16** lampes de **120** ayant une puissance de 40 w.

Suivant le même principe de calcul, il a été déterminé (sous Excel) le nombre des lampes des toutes les autres pièces du RDC et les étages courants.

**Total de bâtiment : 3051 lampes**

## 6. Climatisation

La climatisation est la technique qui consiste à modifier, contrôler et réguler les conditions climatiques (température, humidité, niveau de poussières, etc.) d'un local pour des raisons de confort (bureaux, maisons individuelles) ou pour des raisons techniques (laboratoires médicaux, locaux de fabrication de composants électroniques, blocs opératoires, salles informatiques).

Les principales caractéristiques modifiées, contrôlées ou régulées sont :

- le degré de pollution de l'air ambiant (local à traiter) : renouvellement, soit par extraction forcée de l'air hors du local, soit par introduction forcée d'air neuf (air extérieur) dans le local, soit par renouvellement partiel de l'air ambiant pollué (adjonction d'un caisson de mélange).
- la température de l'air : modification en fonction des saisons (chauffer ou réfrigération),
- le degré d'hygrométrie de l'air traité : humidification ou déshumidification,
- la teneur en poussières de l'air : traitement par filtration de l'air soufflé ou repris,
- le maintien permanent des conditions intérieures (la régulation).

Pour dimensionner les climatiseurs l'ouvrage « EFFICACITE ENERGETIQUE DE LA CLIMATISATION DES BATIMENTS EN PAYS TROPICAL » a été la référence de calcul,

Les principaux éléments à prendre en considération sont cités ci-dessous.

- Orientation du local : situation des locaux à conditionner par rapport aux :
  - Points cardinaux, géographique (latitude, longitude), climatiques,
  - Immeubles voisins produisant de l'ombre,
  - Surface réfléchissante : eau, sable, parking, etc.
- Plans d'architecture, les détails montrant la structure interne de l'immeuble, les croquis à main levée font partie d'un bon relevé,
- Dimensions du local : longueur, largeur, hauteur sous plafond,
- Matériaux de construction : nature des matériaux, épaisseur des murs, toits, plafonds, plancher et cloisons, et leur emplacement,
- Couleurs des matériaux : couleurs des murs et du toit,

- Conditions extérieures au local : locaux adjacents conditionnés ou non, température des locaux non conditionnés, plancher sur sol ou sur vide sanitaire, ensoleillement maximum du local, condition extérieure de base,
- Conditions à maintenir à l'intérieur du local (température et humidité relative),
- Destination des locaux : bureau, hôpital, boutique, magasin, atelier...
- Fenêtres : dimensions et emplacements, encadrement bois ou métal, type de vitrage, type de store, dimension des auvents et saillies,
- Portes : emplacement, type, dimension, fréquence des ouvertures,
- Occupants : activités et nombres, durée d'occupation du local,
- Eclairage : type, puissance et durée d'allumage,
- Appareils ménagers, moteurs : emplacement, puissance nominale ; durée de fonctionnement et coefficient de simultanéité,
- Emplacement de l'équipement et réseau de distribution (tracé des canalisations d'eau et des gaines d'air).

**a) Les données de Bases de calcul**

- Mois d'avril ;
- Conditions extérieures :
  - Température sèche 39°C
  - Température humide 29,5 °C
  - Direction de vent Sud-ouest
  - Vitesse de vent 8,3 km/h
- Conditions intérieures :
  - Température sèche : 28,5°C ;
  - Humidité relative 65%

**b) Propriétés thermo physiques des matériaux locaux de construction**

Tirées du tableau 1.6 de l'ouvrage « EFFICACITE ENERGETIQUE DE LA CLIMATISATION EN REGION TROPICALE »

Matériaux	Conductivités thermiques [W/m.k]	Masses volumiques [kg/m <sup>3</sup> ]	Chaleur massique [kJ/kg.k]
<b>Béton armé</b>	1,5 - 2,04	2300 - 2400	1,09
<b>Enduit au ciment</b>	0,87	2200	1,05
<b>Béton</b>	0,9 - 1,7	2200 - 2400	0,850 - 0,950
<b>Mur brique creuse</b>	0,4	1200	0,880
<b>Parpaing creux</b>	0,67	1250	0,880
<b>Enduit mortier</b>	1,15	1800 - 2100	0,880
<b>Carrelage</b>	1,15	1800	0,700
<b>Gravillons</b>	1,5	1200	0,980
<b>Tôle</b>	70	7800	0,800

Tableau 14 : Propriétés thermo physiques des matériaux locaux de construction

## c) Coefficient global de transmission de chaleur à travers les parois (k)

$$K = \frac{1}{\frac{1}{he} + \sum \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{hi}}$$

Il se calcule par la formule suivante :

	Parois en contact avec l'extérieur			Parois en contact avec un autre local, un comble ou un vide sanitaire		Parois vitrées	
	murs	plafonds	planchers	Murs	plafonds	planchers	murs
<b>he</b>	16,7	20	20	9	20	5,9	16,7
<b>hi</b>	9	11,1	5,9	9	20	5,9	9

Tableau 15 : Coefficient global de transmission de chaleur à travers les parois (k)

## d) Evaluation du bilan thermique de climatisation

Le calcul du bilan thermique de climatisation ou de conditionnement d'air permet de déterminer la puissance de l'installation qui pourra répondre aux critères demandés.

- le circuit climatisation de tous les niveaux donne :

Au niveau RDC : **P= 89680W**

Au niveau R+1 à R+7 : **P=119850W x 7 = 838 950 W**

**Conclusion**

Le bilan de puissance totale qui prend en compte toutes les charges électriques du bâtiment est de 627.026 KVA.

Le groupe électrogène capable de d'assurer le fonctionnement des tous les équipements terminaux du bâtiment sans tenir est de **700 KVA**.

## CHAPITRE V : ANALYSE ECONOMIQUE ET PLANNING

### 1. Devis estimatif

Récapitulatif général (détails en annexe)

<b>TOTAL HORS TAXE</b>	<b>1 523 757 890</b>
<b>IMPREVUS DE 10%</b>	<b>152 375 789</b>
<b>TVA 18%</b>	<b>274 276 420</b>
<b>TOTAL TTC</b>	<b>1 950 410 099</b>

**Tableau 16: Tableau récapitulatif du devis estimatif**

### 2. Analyse économique du projet

L'analyse économique du bâtiment portera essentiellement sur le choix du type de fondation car c'est la partie de l'ouvrage où l'on a une variante (fondation en semelle isolée + Longrine) et un radier général. Après dimensionnement des ouvrages en fondation, le devis des options en fondation se résume comme suit:

Options en fondations	Quantités de bétons armés (m <sup>3</sup> )	Prix unitaire (FCFA)	Prix total en (FCFA)
Semelles isolées + longrines	633,68	180000	114 062 400
Radier + poutres de redressement	525,27	200000	105 054 000
Reliquat	108,41		9 008 400

**Tableau 17: Récapitulatif de comparaison financière entre les variantes de fondation**

Au terme de l'analyse, le tableau montre que la réalisation du radier en fondation est avantageuse pour l'ouvrage sur le plan économique, sur le plan technique (plus étanche) et même dans la durée d'exécution. Car ça nécessite moins de coffrage et un coulage moins compliqué du béton armé.

### 3. Planning prévisionnel

Le délai d'exécution est fixé en tenant compte de certains paramètres comme le lieu d'exécution des travaux, l'efficacité des intervenants, l'environnement politique, le climat, la quantité des matériaux mise en œuvre... Compte tenu de la disponibilité des matériaux et du rythme de travail des entreprises de bâtiment au Burkina Faso, l'ouvrage peut être réalisé suivant une durée prévisionnelle de 2 ans 7 mois. (voir planning en annexe 5) :

## CONCLUSION

Le travail que nous avons effectué dans le cadre de notre sujet de fin d'études sous le thème « Etudes techniques d'un bâtiment R+7 à usage d'hôtel administratif » nous a permis de conclure ce qui suit :

Il y a lieu de noter la grande difficulté existante pour la réalisation de ce genre de structure (petite surface et une grande hauteur).

Ce projet d'étude nous a été très bénéfique sur le plan théorique et sur le plan pratique. Pour ce qui est de la structure des bâtiments en béton armé, les recherches effectuées nous ont permis d'approfondir nos connaissances sur les règles de calcul aux états limites de conception des structures dans le cadre des travaux des bâtiment, bien que les calculs aux états limites prennent en charge d'une manière beaucoup plus fine et homogène cependant il reste à l'ingénieur de compléter sa mission par :

- Une bonne conception de la structure de l'ouvrage et la rigueur dans les études.
- Les conditions économiques sont souvent liées à la simplicité de la conception.

Nous avons choisi les logiciels Robot Structural Analysis & Arche 2009 pour les multiples avantages comme (la précision, la capacité de calcul et la vitesse d'exécution) malgré ça nous ne pouvons-nous en passer du calcul manuel qui permet la maîtrise des détails du projet.

**« En fin nous espérons que ce projet (mémoire), qu'il soit le premier pas vers la vie professionnelle et un guide pour qui s'intéresse à la matière. »**

## **BIBLIOGRAPHIE**

- BAKARY., H. (1999).** *Elément de calcul de béton armé.* Ouagadougou: EIER.
- COGNIELS.D, B. R. (2002).** *Mémotech électronique.* Paris.
- DELOURME, J. (2000).** *Tuyauterie de distribution et d'évacuation des eaux.* Paris: Technique de l'ingénieur, traité de construction.
- GUEYE., I. (2008).** *Reconnaissance des sols/Fondation superficiels, 2ème partie.* Ouagadougou: 2IE.
- H. RENAUD, J. L. (1989).** *Précis de calcul Béton Armé.* Paris: Bordas.
- Hachemi, M. (1989).** *Charges permanentes et charges d'exploitation.* Alger: Centre National de Recherche appliquée.
- M., J. P. (2000).** *BEAL 91 modifié 99.* Paris: Bordas.
- N, J. P. (2009).** *Contenu du cours de préparation de chantier.* Ouagadougou: 2iE.
- Publication, D. d. (Février 2012).** Coût et Procédures de l'obtention de permis de construire au BURKINA FASO. *Le Pays*, 15-16.
- RENAUD, H. (2002).** *Technologie du bâtiment Gros oeuvres.* Paris: FOUCHER.
- Robot. (2010).** *Proiciel à la prise de mains.* Paris: Robot Autodesk.
- THONIER, H. (1999).** *Conception et Calcul des structures Bâtiment.* Paris: Presses de l'école nationales des ponts et chaussées.

**ANNEXES 1 : DETAILS DE CALCUL DE DIMENSIONNEMENT****I. DESCENTE DE CHARGES DES ELEMENTS SECONDAIRES****a. Plancher étage courant :**

- Carrelage (2cm).....0,44KN/m<sup>2</sup>
- Mortier de pose (3cm).....0,60 KN/m<sup>2</sup>
- Enduit en plâtre sous plafond (2cm).....0,30 KN/m<sup>2</sup>
- Cloison de séparation.....1,00 KN/m<sup>2</sup>
- Plancher corps creux (20+5).....3,25 KN/m<sup>2</sup>

$$\underline{\underline{G = 5,59 \text{ KN/m}^2 ; Q = 2,50 \text{ KN/m}^2}}$$

**b. Plancher terrasse (non accessible)**

- Protection gravillon (4cm) .....0,80 KN/m<sup>2</sup>
- Etanchéité multicouche (2cm) .....0,12 KN/m<sup>2</sup>
- Forme de pente (10cm) .....2,20KN/m<sup>2</sup>
- Isolation thermique (4cm) .....0,60 KN/m<sup>2</sup>
- Plancher ceps creux (20+5).....3,25 KN/m<sup>2</sup>
- Enduit en plâtre sous plafond (2cm) .....0,30 KN/m<sup>2</sup>

$$\underline{\underline{G = 7 \text{ KN/m}^2 ; Q = 1 \text{ KN/m}^2}}$$

**c. La maçonnerie :****Mur extérieur en paroi (e = 20 cm)**

- Brique creuse (10cm) x 2.....2x0,9KN/m<sup>2</sup>
- Enduit extérieur en ciment .....0,36 KN/m<sup>2</sup>
- Enduit en plâtre .....0,20 KN/m<sup>2</sup>

$$\underline{\underline{G = 2,36 \text{ KN/m}^2}}$$

**d. Escalier :****1) Volée :**

- Carrelage horizontal (2 cm).....22x0,02 = 0,44KN/m<sup>2</sup>.
- Mortier de pose horizontal (2cm).....22x0,02 = 0,44KN/m<sup>2</sup>.
- Carrelage vertical (2cm)..... 22x0,02x0,18/0,30 = 0,24KN/m<sup>2</sup>.
- Mortier de pose vertical (2cm).....22x0,02x0,18/0,30 = 0,24KN/m<sup>2</sup>.
- Paillasse (dalle en béton) (e=15cm).....25x15/cos $\alpha$  = 4,31 KN/m<sup>2</sup>.
- marches.....22x0,18/2 = 1,98KN/m<sup>2</sup>.
- L'enduit sous volée.....1x0,15/2 = 0,172KN/m<sup>2</sup>.
- Garde-corps.....1KN/m<sup>2</sup>.

$$\text{Pour } g = 30 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad \underline{\underline{G = 8,90 \text{ KN/m}^2 ; Q = 2,5 \text{ KN/m}^2}}$$

**2) Palier**Carrelage (2 cm) .....22x0,02 = 0,44KN/m<sup>2</sup>.Mortier (2cm) .....22x0,02 = 0,44KN/m<sup>2</sup>.Dalle du palier (e=15cm).....25x 0,15 = 3,75 KN/m<sup>2</sup>.Enduit en ciment .....0,2KN/m<sup>2</sup>.

$$G = 4,79 \text{ KN/m}^2 ; Q=2,5 \text{ KN/m}^2.$$

**e. Charges dues au vent :**

Le Vent est un déplacement de masse d'air. L'écoulement de la masse d'air est perturbé par le bâtiment.

**Application du Théorème de BERNOULLI pour évaluer la pression de vent**

$$\rho h + P + \frac{\rho V^2}{2g} = Cst \quad \text{d'où}$$

$$\rho h_a + P_a + \frac{\rho V_a^2}{2g} = \rho h_b + P_b + \frac{\rho V_b^2}{2g}$$

On considère  $h_a = h_b$  ;  $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$  ;  $g = 10 \text{ m/s}^2$  donc on peut écrire

$$P_a + \frac{\rho V_a^2}{2g} = P_b + \frac{\rho V_b^2}{2g}$$

$$P_b = \rho \cdot \left[ \frac{V_a^2 - V_b^2}{20} \right] + P_a$$

$P_a$  est nul dans le fluide et  $V_b$  est nulle au point de contact donc

$$P_b = 1.225 \cdot \frac{V_a^2}{20}$$

$$P = \frac{V^2}{16.3} \quad \text{avec } P \text{ en daN/m}^2 \text{ et } V \text{ en m/s}$$

Suivant l'orientation de la surface par rapport à l'écoulement du vent,

Le coefficient extérieur  $C_e$  varie

$C_e = 0,8$  pour le vent qui vient suivant un angle de 90°

Le coefficient  $C_i$  est lié à une surpression ou une dépression à l'intérieur du local

On envisage alors un cas avec  $C_i = + 0.30$  et un autre avec  $C_i = - 0.30$

Au global, la pression sur la paroi vaut :

$P = \text{pression dynamique de base} \times k_s \times d \times (C_e - C_i)$

Paroi au vent (+90°) / dépression intérieure / vent extrême

$$C_e - C_i = +0.80 - (-0.30) = +1.10$$

La vitesse du vent extrême est prise égale à 180km/h soit  $V=50\text{m/s}$

$$P = 50^2 / 16.3 \text{ daN/m}^2 \times 1.20 \times 1.10 = 202.5 \text{ daN/m}^2 = 2.02 \text{ KN/m}^2$$

## II. PREDIMENSIONNEMENT

C'est une opération permettant de donner une dimension provisoire à l'élément à étudier et sera conforme aux règlements BAEL 91 Modifié 99.

### Bloc 1:

i. **Les poteaux :** D'après le critère de résistance du BAEL 91(Art. B.8.4) on a :

$$Br \geq \frac{k \times b \times Nu}{\frac{\theta \times f_{bu}}{0,9} + \frac{0,85 f_{ed}}{100}} \text{ avec : } \begin{cases} K = 1 \\ \theta = 1 \end{cases}$$

$$\text{Tel que : } f_{bu} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\theta \times \gamma_b} = \frac{0,85 \times 20}{1 \times 1,5} = 11,33 \text{ Mpa}$$

$$F_{ed} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 384 \text{ Mpa}$$

$Br \geq (a-0,02) (b-0,02)$  = section réduite obtenue : en retirant 1cm d'épaisseur du béton sur toute la périphérie du poteau

$$B = \begin{cases} 1 + 0,2 \left( \frac{\lambda}{35} \right)^2 & \text{si } \lambda \leq 50 \\ 0,85 * \frac{\lambda^2}{1500} & \text{si } 50 \leq \lambda \leq 70 \end{cases}$$

Avec :

Nu : effort normal appliqué sur le poteau le plus sollicité la section afférente :

$$((5,80-0,3) * (5,70-0,3)) = 29,7 \text{ m}^2$$

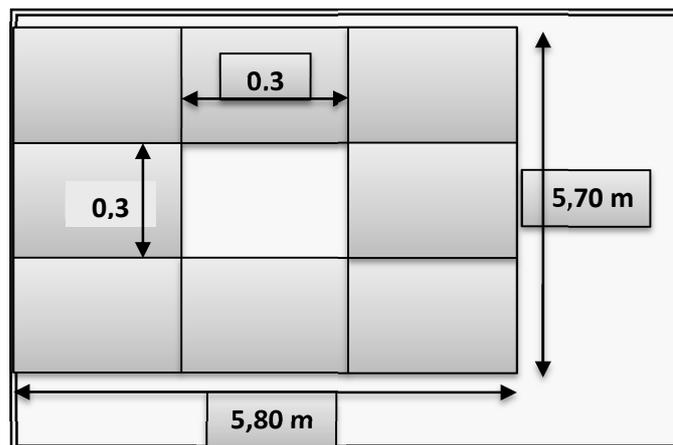


Figure 18: Surface d'influence d'un poteau

### 1. Descente de charge sur les poteaux :

✚ Charge permanente :

#### a. Au niveau étage courant :

- le poids propre de la poutre :  $b \times h \times \gamma \times L = 0,3 \times 0,4 \times 25 \times 5,8 = 17,4 \text{ KN}$

- le poids propres du chaînage :  $b \times h \times \gamma \times L = 0,3 \times 0,4 \times 25 \times 5,70 = 17,1 \text{KN}$
  - le poids propres du planché :  $G \times S = 5,80 \times 29,7 = 72,26 \text{KN}$
- Ng = 206,76 KN**

➤ **Au niveau terrasse :**

- poutre  $\longrightarrow$  17,4 KN
  - chaînage  $\longrightarrow$  17,1KN
  - plancher  $\longrightarrow$   $6,68 \times 29,7 = 198,396 \text{ KN}$
- Gt = 232,9 KN**

✚ **Surcharge d'exploitation :**

$Q_t = 1.00 \text{ kN/m}^2$  pour la terrasse.

$Q_e = 2,5 \text{ kN/m}^2$  pour l'étage courant

**Alors :**

- $Q_0 = Q_t \times S = 1.5 \times 29,7 \text{ KN/m}^2 = 29.7 \text{ KN}$   $\longrightarrow$  terrasse
- $Q_1 = Q_2 = Q_e \times S = 2,5 \times 29,7 \text{ KN/m}^2 = 74.25 \text{ KN}$   $\longrightarrow$  étage courant

On appliquant la loi de dégression avec :

$Q_0$  : la charge d'exploitation de la terrasse.

$Q_1, Q_2$  la charge d'exploitation du plancher des étages numéroté à partir du sommet du bâtiment :

$$F \text{ max} \{ \Rightarrow F_1 = 560.103 \text{ KN} \quad \text{Etant valable pour } h \geq 5$$

$$M \{ \Rightarrow M_1 = 0.128 \text{ KN}$$

**Les applications :**

$$Q_0 = 29,7 \text{ KN}$$

$$Q_1 = Q_0 + Q_1 = 29,7 + 74,25 = 103.95 \text{ KN}$$

$$Q_2 = Q_0 + 0,95 \times (Q_1 + Q_2) = 29,7 + 0,95 \times (74,25 + 74,25) = 171.25 \text{ KN}$$

$$Q_3 = Q_0 + 0,9 \times (Q_1 + Q_2 + Q_3) = 29,7 + 0,9 \times (74,25 + 74,25 + 74,25) = 230.17 \text{ KN}$$

$$Q_4 = Q_0 + 0,85 \times (Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4) = 29,7 + 0,85 \times (74,5 \times 4) = 282.15 \text{ KN}$$

$$Q_5 = Q_0 + \frac{(3+h)}{(2 \times h)} \times \sum Q = 29,7 + \frac{(3+5)}{(2 \times 5)} \times 5 \times 74,25 = 326.7 \text{ KN}$$

$$Q_6 = Q_0 + \frac{(3+h)}{(2 \times h)} \times \sum Q = 29,7 + \frac{(3+6)}{(2 \times 6)} \times 6 \times 74,25 = 363.82 \text{ KN}$$

$$Q_7 = Q_0 + \frac{(3+h)}{(2 \times h)} \times \sum Q = 29,7 + \frac{(3+7)}{(2 \times 7)} \times 7 \times 74,25 = 400.95 \text{ KN}$$

$$Q_{\text{total}} = 400.95 \text{ KN}$$

**✚ Poteau étage courant Niveau 2<sup>ème</sup> étage :**

• **Charge d'exploitation :**

$$Q = 282.15 \text{ KN}$$

$$G = 232,9 + 5 \times 206,76 = 1059,94, \text{ KN}$$

$$N_u = 1,35G + 1,5Q = 1,35 \times 1059,94 + 1,5 \times 282.15 = 1854,14 \text{ KN}$$

Dimensionnement pour que toutes les armatures participent à la résistance on Prend  $\lambda = 35$ .

$$B = 1 + 0,2 \times (\lambda/35)^2 = 1,2$$

$$Br > \frac{1 \times 1,2 \times 10^{-3} \times 1854,14}{\frac{11,33}{0,9} + \frac{0,85}{100} \times 384} = 0,140 \text{ m}^2$$

Si on a un poteau de (40x40) cm<sup>2</sup>

$$Br = (0,4 - 0,02) \times (0,4 - 0,02) = 0,144 \text{ m}^2 > 0,140 \text{ m}^2 \quad (\text{condition vérifier})$$

• **Vérification au flambement :**

$$\text{On a : } N_u = 1,35G + 1,5Q = 1854,14 \text{ KN}$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{b^2}{A}} = \sqrt{\frac{0,40^2}{12}} = 0,115$$

$$B = 1 + 0,2 \times (\lambda/35)^2$$

$$\text{Avec : } i = 0,115 \text{ et } \lambda = \frac{L_f}{i}$$

$L_f$  = longueur de flambements

$$K_{poutre} = \frac{I}{L} = \frac{b \times h^3}{12} \times \frac{1}{L} = \frac{0,4 \times 0,4^3}{12} \times \frac{1}{5,80} = 2,71 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$K_{poutre} = \frac{I}{L} = \frac{b \times h^3}{12} \times \frac{1}{L} = \frac{0,3 \times 0,4^3}{12} \times \frac{1}{4,08} = 2,76 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$K_{poutre} = \frac{I}{L} = \frac{b \times h^3}{12} \times \frac{1}{L} = \frac{0,4 \times 0,4^3}{12} \times \frac{1}{4,08} = 5,23 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Les poutres étant moins raides que les poteaux :

$$L_f = 0,7 \cdot L_0 = 3,20 \times 0,7 = 2,24$$

$$\lambda = \frac{3,20}{0,115} = 27,83 \leq 50 \rightarrow \text{condition vérifier}$$

On prend les sections des poteaux du RDC et 1<sup>er</sup>, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> étage (40x40) cm<sup>2</sup>

On prend les sections des poteaux de 4<sup>ème</sup>, 5<sup>ème</sup>, 6<sup>ème</sup> et 7<sup>ème</sup> étage (30x30) cm<sup>2</sup>

### III. DIMENSIONNEMENTS DES ELEMENTS

#### A- Etude du plancher

Les planches de notre ouvrage sont à corps creux du type **(20+5) cm**, ce type de plancher est utilisé dans les locaux d'habitation et de service, ils ont une bonne isolation thermique et phonique.

On a trois types des poutrelles : pour le calcul, nous avons utilisé les « **méthodes RDM** », et la **méthode forfaitaire**.

#### Bloc 1:

##### 1. Etude de la poutrelle:

##### 1.1 Calcul des sollicitations :

$$\text{Terrasse} \text{ ----} \rightarrow \begin{cases} G = 7 \text{ KN/m}^2 \\ Q = 1 \text{ KN/m}^2 \end{cases}$$

$$\text{Etage courant} \text{ ----} \rightarrow \begin{cases} G = 5.59 \text{ KN/m}^2 \\ Q = 2,5 \text{ KN/m}^2 \end{cases}$$

$$P_{Ut} = 1,35 G + 1,5 Q = 1,35 \times 7 + 1,5 \times 1 = 10,52 \text{ KN/m}^2.$$

$$P_{Uc} = 1,35 G + 1,5 Q = 1,35 \times 5.59 + 1,5 \times 2,5 = 11,58 \text{ kn/m}^2.$$

On prend le maximum entre  $P_{Ut}$  et  $P_{Uc}$  on aura :

$$P_{Ut} = 10,52 \times 0,6 = 6,312 \text{ kn/ml.}$$

$$P_{Uc} = 11,58 \times 0,6 = 6,948 \text{ kn/ml.}$$

Avec :  $P_{Ut}$  : représente la sollicitation de la terrasse

$P_{Uc}$  : représente la sollicitation de l'étage courant

#### ▪ Type des poutrelles N° 01 :

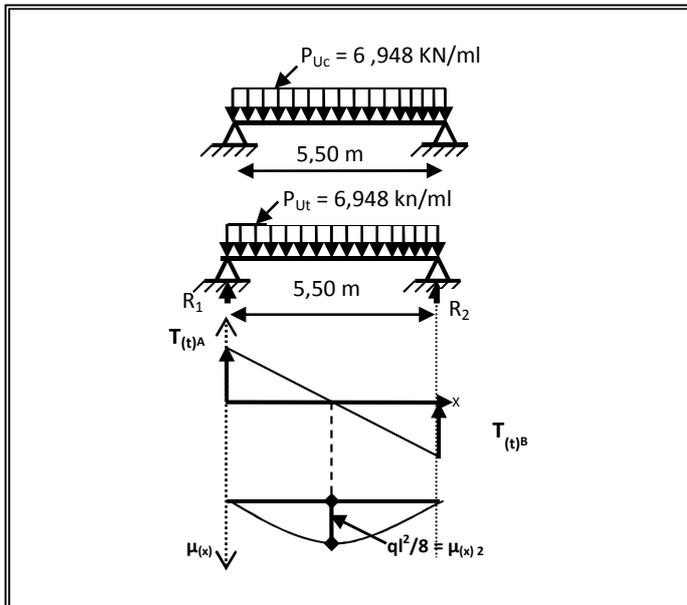


Figure 19: Schéma de principe pour le calcul des efforts

⇒ Calcul les réactions  $R_1$  et  $R_2$  ?

⇒ Calcul les moments  $M(x)$  ?

$$\sum F/y = 0 \Rightarrow R_1 + R_2 = 6,948 \times 5,5 = 39,603 \text{ KN.}$$

$$\sum F/2 = 0 \Rightarrow R_1 \times 5,5 = 6,948 \times 5,5 \times (5,5 / 2)$$

$$\Rightarrow R_1 = 6,948 \times 5,5 / 2$$

$$\Rightarrow R_1 = 19,801 \text{ Kn}$$

Alors  $R_1 = R_2 = 19,801 \text{ kn.}$

$$M(x) = q.l^2/8 = 6,948 \times (5,5)^2 / 8 = 28,2175 \text{ kn.m}$$

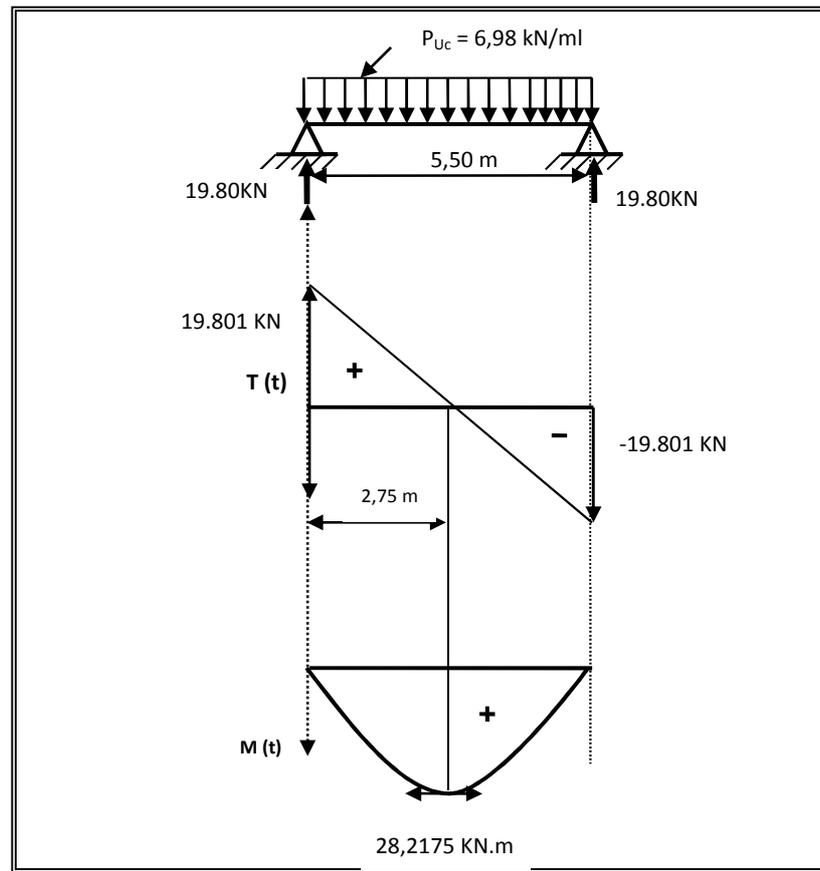


Figure 20: Diagramme des moments et de l'effort tranchant

### 1.2 Ferraillage les poutrelles :

Méthode de calcul selon le BAEL 91.

$$M_{Ut} = 0,8 \times 28,2175 \text{ KN.m} = 22,57 \text{ KN.m}$$

$$M_{ua} = 0,3 \times 28,22 \text{ KN.m} = 8,46 \text{ KN.m}$$

#### a. Caractéristiques des matériaux :

- Béton :  $f_{c28} = 20 \text{ Mpa.}$

$$f_{bu} = 0,85 \cdot f_{c28} / \theta \cdot \gamma_d = 0,85 \times 20 / 1 \times 1,5$$

$$f_{bu} = 11,33 \text{ Mpa.}$$

- Aciers :  $\sigma_{st} = f_e / \gamma_s = 400 / 1,15 = 348 \text{ Mpa.}$

○ **En travée :**

$$M_{tu} = b \cdot h_0 \cdot f_{bu} \cdot [d - (h_0/2)].$$

$$= 0,6 \times 0,05 \times 11,33 \times [0,225 - (0,05/2)]$$

$$= 0,06798 \text{ MN.m}$$

$$M_{Ut} = 67,98 \text{ KN.m}$$

$$M_t = 22,57 \text{ KN.m} < M_{tu} = 67,98 \text{ KN.m}$$

« Alors l'axe neutre est dans la table ».

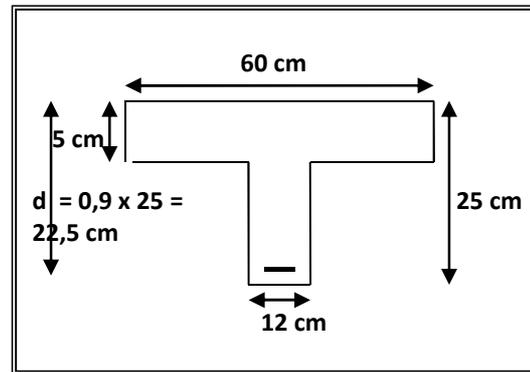


Figure 21: Les dimensions de la poutrelle de la section

En calcul comme une section rectangulaire ( $b \times h$ ) avec :  $b = 0,6 \text{ m}$  et  $h = 0,25 \text{ m}$ .

$$\mu_{bu} = M_t / b_0 \cdot d^2 \cdot f_{bu} = 22,57 \times 10^{-3} / 0,6 \times (0,225)^2 \times 11,33 = 0,0819.$$

$$\text{On a : } \mu_{lu} = 0,392.$$

$$\text{Alors : } \mu_{lu} = 0,392 > \mu_{bu} = 0,0819.$$

Pas d'armatures comprimées ( $A' = 0$ ).

$$\mu_{bu} = 0,0819 < 0,275 \Rightarrow \text{formule simplifiée.}$$

$$Z_b = d \cdot (1 - 0,6\mu_{bu}) = 0,225 (1 - 0,6 \times 0,0819).$$

$$Z_b = 0,22 \text{ m.}$$

$$A_t = M_t / Z_b \cdot (f_e / \gamma_s) = 22,57 \times 10^{-3} / 0,22 \times 384 = 3,34 \text{ cm}^2.$$

**b. Condition de non fragilités :**

$$A_{\min} = (0,23 \cdot b \cdot d \cdot f_{t28} / f_c) = (0,23 \times 0,6 \times 0,225 \times 2,1 / 400) 10^4$$

$$A_{\min} = 1,63 \text{ cm}^2.$$

$$A_t = 3,34 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 1,63 \text{ cm}^2.$$

$$3\text{HA}12 \longrightarrow A_t = 3,39 \text{ cm}^2.$$

**c. Armatures transversales :**

$$\Phi_t \leq \min (\Phi_{\min} ; h/35 ; \Phi_1 ; b/10)$$

$$\Phi_t \leq \min (\Phi_{\min} = 12 \text{ mm} ; 250/35 = 7,14 ; 120/10) = 7,14 \text{ mm.}$$

$$\text{On prend } \Phi_t = 8 \text{ mm} \Rightarrow 3\text{HA}8 = 7,54 \text{ mm.}$$

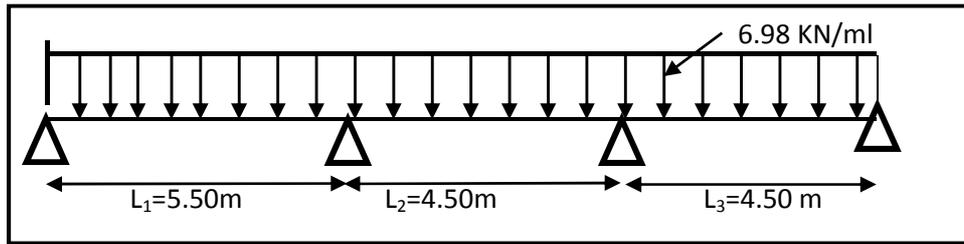
**d. Espacement des armatures transversales :**

$$S_t \leq \min (0,9d ; 40 \text{ cm}) = \min (0,9 \times 22,5 = 20,25 ; 40 \text{ cm}).$$

$$S_t \leq 20,25 \text{ cm on prendre } = 20 \text{ cm.}$$

$$S_t \leq A_{At} \cdot f_c / b_0 \cdot 0,4 = 0,754 \cdot 10^{-4} \times 400 / 0,12 \times 0,4 = 0,63 \text{ m}$$

$$S_t \leq 63 \text{ cm. On prend } 20 \text{ cm.}$$

**Type de poutrelle N°2 :****Figure 22: Schéma de calcul de la poutrelle****La méthode utilisable pour le calcul :**

On utilise la méthode forfaitaire pour déterminer les planchers du bloc, qu'il existe des types de poutrelle continues :

**a) vérification des conditions:**

$$Q_B \leq 2 \times G \rightarrow 2.5 \text{ KN/m}^2 \leq 2 \times 6.68 = 13.68 \text{ KN/m}^2 \rightarrow \text{OK}$$

$$Q_B \leq 5 \text{ KN/m}^2 \rightarrow 2.5 \text{ KN/m}^2 \leq 5 \text{ KN/m}^2 = 5 \text{ KN/m}^2 \rightarrow \text{OK}$$

Puisque la section est identique donc on a la même inertie, fissuration peu préjudiciable

La condition de la portée :

$$0,8 \leq \frac{L1}{L1+1} \leq 1,25 \quad 0,8 \leq \frac{5,5}{4.5} \leq 1,25 \Rightarrow 0,8 \leq 1.22 \leq 1,25$$

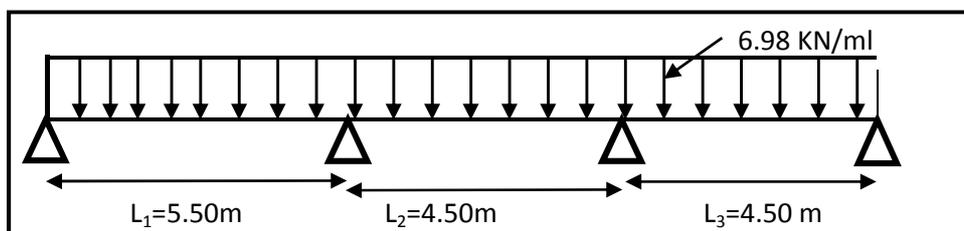
**a) Calcul le moment fléchissant**

-  $M_o$  : la valeur maximale du moment de flexion dans la travée de comparaison ou moment isostatique.

-  $M_w$  et  $M_e$  respectivement les valeurs absolues des moments sur appuis de gauche et de droite qui sont pris en compte dans les calculs de la travée considérées.

-  $M_t$  le moment maximal dans la travée considérée

-  $\alpha$  est le rapport des charges d'exploitation à la somme des charges permanentes et d'exploitations.

**Figure 23: Schéma de calcul RDM**

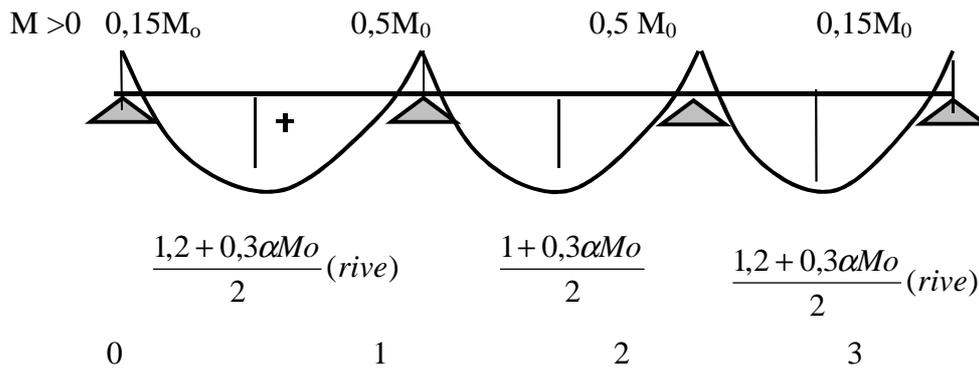


Figure 24: Schéma des valeurs des moments en travée et sur appuis « méthode forfaitaire »

$$\alpha = Q/Q+G = 2.5/ 2.5+6.98 = 0,26$$

$$M_t + \frac{M_w + M_e}{2} \geq \max \left\{ \begin{matrix} (1 + 0,3\alpha)M_{o1} \\ 1,05M_{o1} \end{matrix} \right\} \quad M_t + \frac{M_w + M_e}{2} \geq \max \left\{ \begin{matrix} (1,2 + 0,3\alpha)M_o \\ 1,05M_o \end{matrix} \right\}$$

Les valeurs des moments en travée et sur appuis.

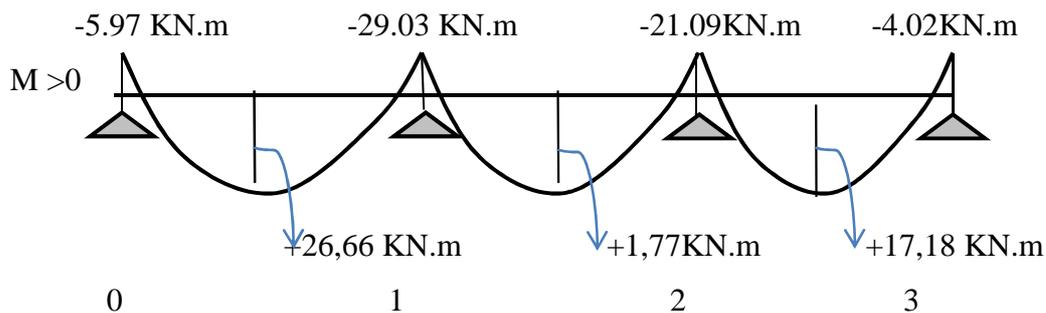


Figure 25: Diagramme des moments en travée et sur appuis

b) Calcul de l'effort tranchant

$$T_i = \frac{qL}{2} + \frac{M_i - M_{i+1}}{L}$$

$$T(i+1) = T_i - qL$$

Les valeurs de l'effort tranchant.

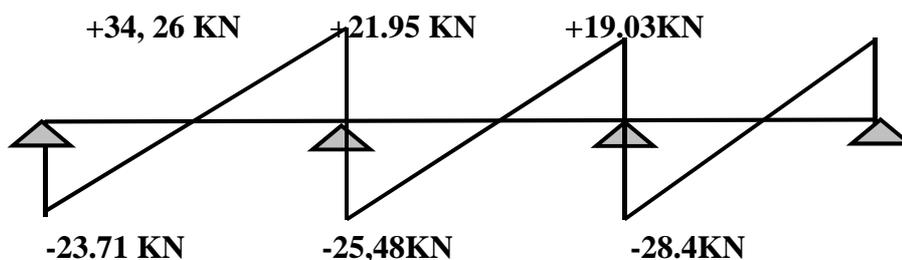
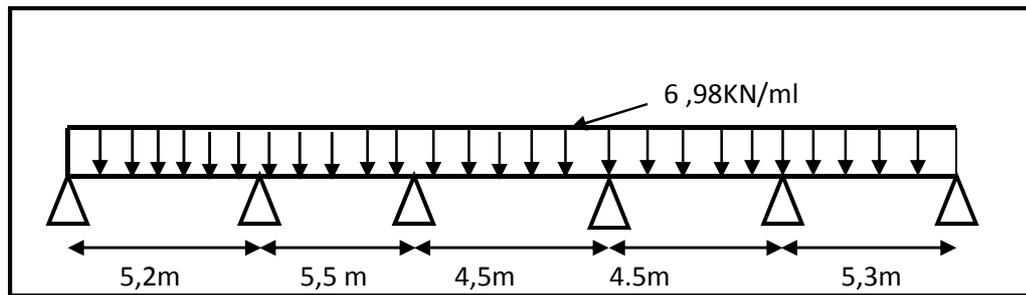
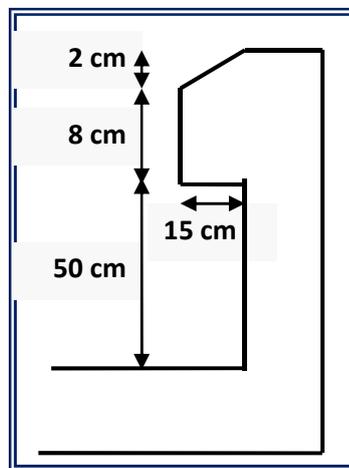


Figure 26: Diagramme des efforts tranchants

**Type de poutrelle N°3:****Figure 27: Schéma de calcul de la poutrelle type 3****B. Calcul de l'acrotère :**

L'acrotère est considéré comme une console verticale encadrée au niveau du plancher terrasse et calculée à la flexion composée sous l'effet d'un effort normal et un moment fléchissant.

**Figure 28: Coupe acrotère****1.3 Calcul de charge :**

Poids propre (effort normal) :

$$N = [0,1 \times 0,6 + (0,08 \times 0,15) + (0,02/2 \times 0,15)] \times 25 \times 1 = 1,84 \text{ KN/ml}$$

$$N = 1,35 \times G = 1,35 \times 1,84 = 2,5 \text{ KN/ml}$$

**1.3.1 Surcharge :**

$$Q = 1 \text{ KN/ml}$$

$$Q_u = 1,5 \times 1 = 1,5 \text{ KN/ml}$$

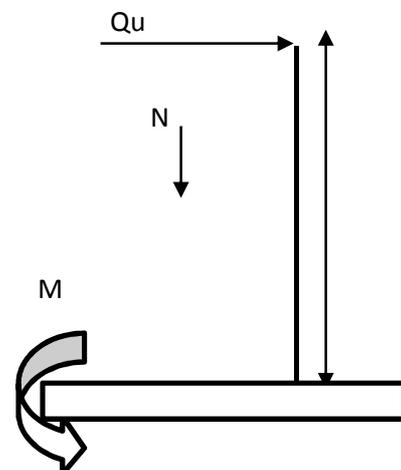
**1.3.2 Le moment M :**

$$M = Q_u \times 0,6 = 1,5 \times 0,6 = 0,9 \text{ KN}$$

**a) Calcul de l'excentricité :**

$$e_o = M/N = 0,9/2,5 = 0,36 \text{ m}$$

$$e_1 = ht / 6 = 0,10 / 6 = 0,017 \text{ m}$$

**Figure 29: Schéma d'application des forces**

$e_0 > e_1 \rightarrow$  le centre de la pression est hors du noyau central

$\rightarrow$  la section est partiellement comprimée.

### b. Calcul du ferrailage :

Moment fictif :  $M_f = N * e_A + M$

Avec :

N : effort normal

$e_A$  : distance entre le point d'application (N) excentré aux armatures tendues.

$$e_A = e_0 + (d - ht / 2) = 0,36 + [(0,10 - 0,02) - 0,10/2]$$

$$e_A = 0,39\text{m}$$

Donc :

$$M_f = (2,5 \times 0,39) + 0,9 = 1,9\text{KNm}$$

### 1.3.3 Calcul des armatures:

$$\mu = \frac{M_f}{b \times d^2 \times f_{bu}}$$

$$f_{bu} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\gamma_b} = \frac{0,85 \times 20}{1,5} = 11,33\text{Mpa}$$

et  $d = 10 - 2 = 8\text{cm}$  et  $b = 1\text{m}$

$$\mu = \frac{1,9 \times 0,001}{1 \times 0,08 \times 0,08 \times 11,33} = 0,026$$

$$\alpha = (1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu})) = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,026}) = 0,065$$

$$y = \alpha \times d = 0,065 \times 0,08 = 0,0052$$

Calcul de Z :

$$Z = d - 0,4y = 0,08 - 0,4 \times 0,0052 = 0,078\text{m}$$

$$A_1 = \frac{M_f}{A_1 \times \sigma_s}$$

$$\sigma_s \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 348\text{Mpa}$$

$$A_1 = \frac{1,9 \times 0,001}{0,079 \times 348 \times 0,0001} = 0,69\text{cm}^2 / \text{ml}$$

$$A = A_1 - \frac{Nu}{\sigma_s} = 0,69 - \frac{2,5 \times 0,001}{0,079 \times 348 \times 0,0001} = 0,60\text{cm}^2 / \text{ml}$$

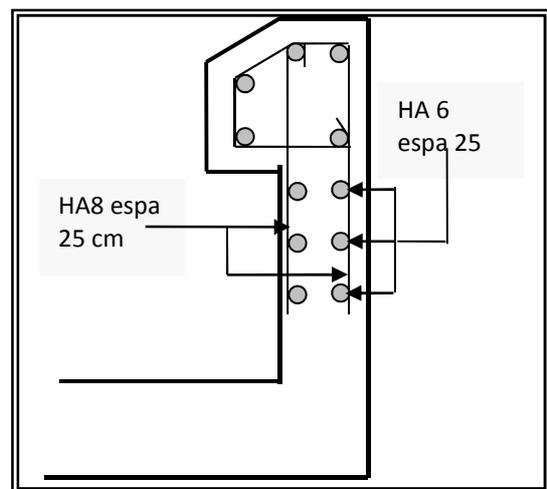


Figure 30: Schéma de ferrailage

On remarque que la section qu'on a adoptée est faible alors on calcul la section minimale :

$$A_{\min} = \max \begin{cases} 4\text{cm}^2/\text{m périmètre} \\ 0,2 \times B/100 \end{cases} \quad A_{\min} = \max \begin{cases} 4 \text{ cm}^2/\text{m} (1+0,1)^2 \\ 0,2 \times 100/100 \end{cases}$$

$$A_{\min} = \max \begin{cases} 1,82 \text{ cm}^2 \\ 2 \text{ cm}^2 \end{cases} \quad \text{Alors } A_{\min} = 2\text{cm}^2$$

On a HA8 avec  $A = 2,01\text{cm}^2$ , espacement = 25cm

⇒ **Armature de réparation :**

$$A_r = A/3 \rightarrow A_r = 2.01/3$$

$$A_r = 0,67\text{cm}^2$$

$$3\text{HA}8 = 1,13 \text{ cm}^2 \text{ , épaisseur} = 25\text{cm}$$

**C. Etude de l'escalier**

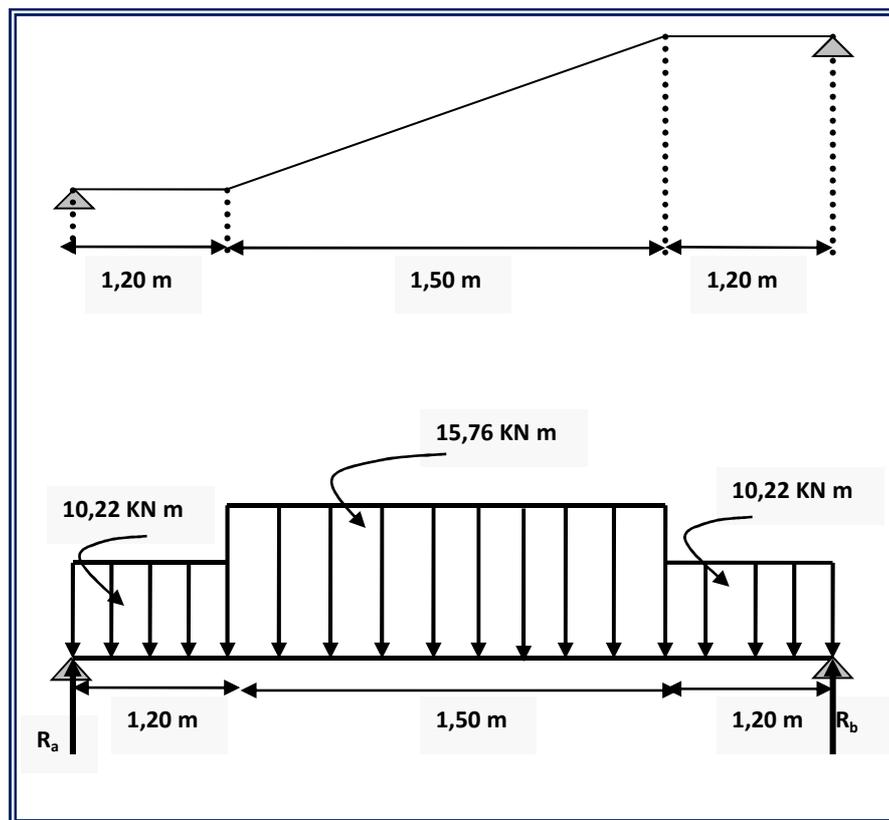


Figure 31: Schéma statique de 2<sup>ème</sup> type d'escalier

On a:  $g = 30\text{cm}$

$$\begin{cases} G_v = 8,90\text{KN/m}^2 \\ G_p = 4,49\text{KN/m}^2 \end{cases}$$

$$\begin{cases} q_v = 1,35G_v + 1,5 Q_v = 8,9 \times 1,35 + 1,5 \times 2,5 = 15,76\text{KN/m}^2 \\ q_p = 1,35 G_p + 1,5 Q_p = 1,35 \times 4,79 + 1,5 \times 2,5 = 10,22\text{KN/m}^2. \end{cases}$$

On calcule les réactions  $R_A$  et  $R_B = \sum f_y = 0$

$$R_A + R_B = 71,55\text{KN/ml} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\sum M/B = 0 \implies R_A \times 4,8 - 10,22 \times 1,20 (0,825 + 3,15) - 15,76 \times 1,50 \times 2,40 - 10,22 \times 1,20 \times 0,825 = 0$$

$$R_A = \frac{10,22 \times 1,20 \times (0,825 + 3,15)}{4,8} + \frac{15,76 \times 1,50 \times 2,40}{4,8} + \frac{10,22 \times 1,20 \times 0,825}{4,8} = 28,683\text{KN}$$

Par la relation (1) on a  $R_B = 42,87\text{KN}$ .  $R_A = 28,68\text{KN}$

**a. Calcul des moments fléchissant :**

1<sup>er</sup> cas :  $0 < x < 1,65$

$$M(x) = -10,22 * x^2/2 + 28,683x$$

Pour  $x = 0 \implies M(0) = 0\text{KNm}$

$$T(x) = \partial M(x) / \partial x$$

$$T(x) = -10,22x + 28,70$$

Pour  $x = 0 \implies T(x) = 28,70\text{KN}$

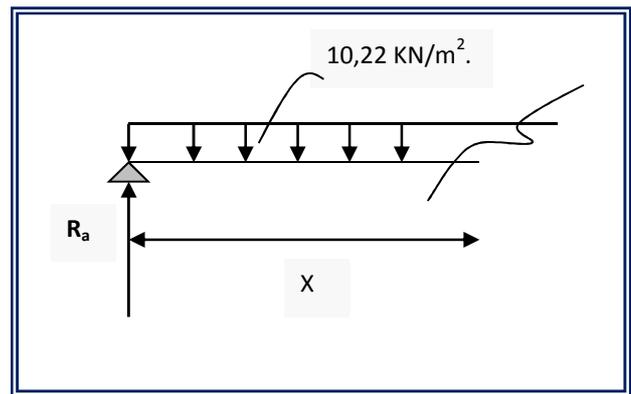


Figure 32: Coupure de calcul des efforts internes

2<sup>em</sup> cas :  $3,15 < x < 4,80\text{m}$

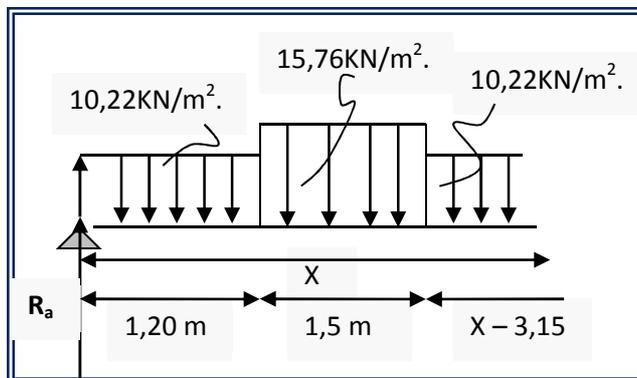


Figure 33: Coupure 2 de calcul des efforts internes

$$M(x) = 28,7x - 10,22\left(\frac{1,65}{2} + 1,5 + x - 3,15\right) \times 1,65 - 15,76 \times 1,5\left(\frac{1,5}{2} + x - 3,15\right) - 10,22 \times \left(x - \frac{3,15}{2}\right)^2$$

$$X = 4,80\text{m} \implies M(4,80) = 0$$

$$T(x) = \partial M(x) / \partial x = -10,22x + 20,37 = 0 \implies x = 20,37 / 10,22 = 1,99\text{m} = 2\text{m} \quad x = 2\text{m.}$$

$$\text{Dans : } M_{t \text{ Max}} = M(2) = -5,11x^2 + 20,37(2) + 19,92$$

$$M_{t \text{ Max}} = 40,22\text{KNm}$$

- En travée  $\implies M_t = 0,8 \times M_{\text{max}} = 0,8 \times 40,22 = 32,18\text{KNm}$
- En appuis  $\implies M_{\text{ap}} = 0,3 \times M_{\text{max}} = 0,3 \times 40,22 = 12,06\text{KNm}$

### b. Ferraillage :

#### c-1)-En travée :

$$M_t = 32,18\text{KN.m} \text{ avec } d = 0,9 \times e_v ; f_{bu} = 0,85 \times \frac{f_c 28}{\theta \times \gamma_b} = 11,33\text{Mpa}$$

$$\mu_{bu} = \frac{M_t}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{32,18 \times 10^{-3}}{1 \times (0,9 \times 0,15)^2 \times 11,33} = 0,14\text{Mpa}$$

$$\mu_{LU} = (3440\gamma + 49f_c 28 - 3050) \times 0,0001 = (3440 \times 1,38 + 49 \times 20 - 3050) = 0,268$$

#### Avec :

$$\gamma = \frac{Mu}{Ms} = \frac{qu}{qs} = \frac{8,9 \times 1,35 + 1,5 \times 2,5}{8,9 + 2,5} = 1,38$$

$$\mu_{bu} = 0,14 < \mu_{LU} = 0,268 \implies A' = 0$$

$$\mu_{bu} = 0,14 < 0,275 \implies \text{On utilise la formules simplifiées}$$

$$Z_b = d(1 - 0,6\mu_{bu}) = 0,135(1 - 0,6 \times 0,14) = 0,124\text{m}$$

#### Section d'armatures :

$$A_i = \frac{M_t}{Z_b \times \frac{f_e}{\gamma_s}} = \frac{32,18 \times 0,001}{0,124 \times 348} \times 0,0001 = 7,4 \cdot \text{cm}^2 / \text{ml}$$

On prend 7HA12 = 7,92cm<sup>2</sup> avec un espacement de 15 cm.

#### ➤ Condition non fragilités :

$$A_{\text{min}} = 0,23 \times b \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e E}$$

$$f_{t28} = 0,6 + 0,06f_{t28} = 0,6 + 0,06 \cdot 20 = 1,8$$

$$A_{\text{min}} = 0,23 \times 100 \times 13,5 \times \frac{2,1}{400} = 1,63 \cdot \text{cm}^2$$

At = 7,92cm<sup>2</sup> > A<sub>min</sub> → on prend At = 7,92cm<sup>2</sup> ..... Ok

➤ **Armatures de répartition (n):**

$$A_{\text{rep}} = \frac{At}{4} = \frac{7,92}{4} = 1,98 \cong 2 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

Donc on adopte 4HA 10 = 2,36 cm<sup>2</sup>/ml avec un espacement de 20 cm.

➤ **Vérification de l'effort tranchant :**

$$T_{\text{max}} = R_B = 42,87 \text{ Kn.}$$

$$\tau_v = \frac{T_{\text{max}}}{b.d} = \frac{42,87}{100 \times 13,5} = 1,137 \text{ Mpa} \leq \tau_{\text{ul}} = \min\left(\frac{0,07 f_{t28}}{\gamma_b}\right) = 1,16 \text{ Mpa}$$

Donc  $\tau_v < \tau_{\text{ul}}$ .....Condition vérifier.

**c-2) En appuis :**

$$M_{\text{appui}} = 12,06 \text{ Kn.m}$$

$$U_{\text{bu}} = \frac{Ma}{b_0.d^2.f_{bu}} = \frac{12,06 \times 10^{-3}}{1 \times 0,135^2 \times 11,33} = 0,052$$

$$\mu_{\text{lu}} = [3440\sigma + 49f_{c28} - 3050].10^{-4} = 0,292$$

$\mu_{\text{bu}} < \mu_{\text{Lu}} \rightarrow$  pas d'armatures comprimées ( $A' = 0$ )

$\mu_{\text{bu}} < 0,275 \rightarrow$  formules simplifiées

$$Z_b = d(1 - 0,6\mu_{\text{bu}}) = 0,135(1 - 0,6 \times 0,052) = 0,131 \text{ m}$$

**c. Section d'armatures :**

$$A_a = \frac{Ma}{Z_b \cdot \frac{F_e}{\gamma_s}} = \frac{12,06 \cdot 10^{-3}}{0,131 \times 348} \times 0,0001 = 2,645 \text{ cm}^2$$

On adopte une section de 5HA10 = 3,925 cm<sup>2</sup>/ml avec un espacement de 20m.

**d. Condition non fragilité :**

$$A_{\text{min}} = 0,23 \times b \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e} = 1,63 \text{ cm}^2$$

On prend  $A_a = 3,93 \text{ cm}^2$ ..... ok

**e. Armatures de répartition :**

$$A_{\text{rep}} = \frac{A_{\text{app}}}{4} = \frac{3,93}{4} = 0,9825$$

Donc on adopte 2HA 10 = 1.57 cm<sup>2</sup>/ml, avec un espacement de 25 cm.

**2.3 Etude du 1<sup>er</sup> type d'escalier :**

Il est représenté sur le schéma suivant

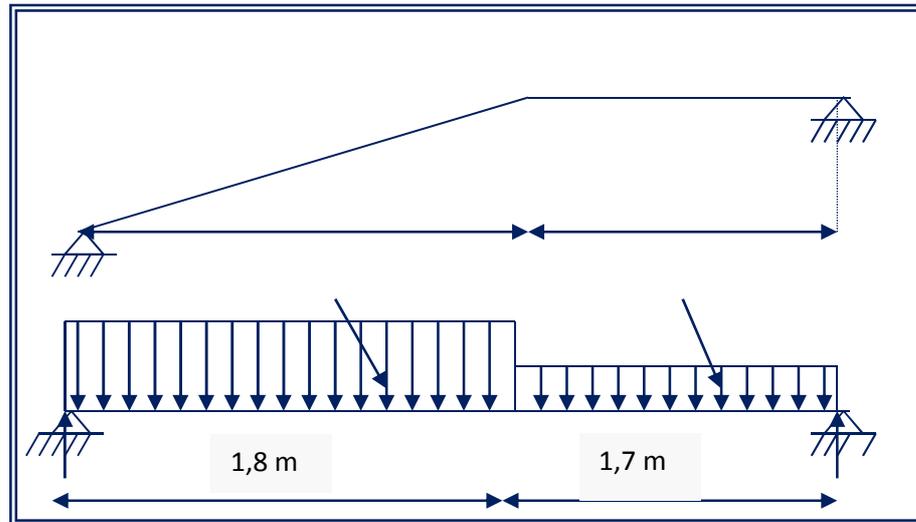


Figure 34: Schéma de calcul isostatique de l'escalier

**a. Calcul des réactions  $R_a$  et  $R_b$  :**

$$\sum F_y = 0 \rightarrow R_a + R_b = 15,76 \times 1,8 + 10,22 \times 1,7 = 45,71 \text{ kN}$$

$$\sum M/b = 0 \rightarrow R_a \times 3,5 - 15,76 \times 1,8(1,8/2 + 1,7) - 10,22 \times 1,7(1,7/2) = 0$$

$$R_a = \frac{15,76 \times 1,8 \times (\frac{1,8}{2} + 1,7)}{3,5} + \frac{10,22 \times 1,7(\frac{1,7}{2})}{3,5} = 25,27 \text{ kN}$$

$$\text{Donc : } R_b = 45,71 - R_a = 45,71 - 25,27 = 20,44 \text{ kN}$$

**b. Calcul des moments fléchissant :**

$$M(x) = 25,27x - (15,76 \times x^2/2) \rightarrow x=0 \rightarrow M(0)=0$$

$$M(x) = 25,27x - (15,76 \times 1,8)(\frac{1,8}{2} + x - 1,8) - 10,22(\frac{x-1,8}{2})^2$$

$$M(x) = -5,11x^2 + 9,97x + 30,97$$

$$\text{pour } (x) = 0 \Rightarrow M(0) = 30,97 \text{ kNm}$$

$$\text{pour } (x) = 3,5 \Rightarrow M(3,5) = 0 \text{ kNm}$$

**c. Effort tranchant :**

$$T(x) = \frac{\partial M(x)}{\partial x} = -5,11 \times 2 \times x + 9,97 = -10,22x + 9,97$$

$$\text{pour } (x) = 0 \Rightarrow T(0) = 9,97 \text{ kN}$$

$$\text{pour } (x) = 3,5 \Rightarrow T(3,5) = -25,8 \text{ kN}$$

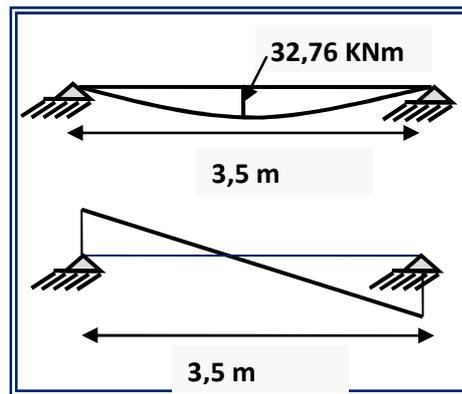


Figure 35: Diagramme du moment et de l'effort tranchant

**d. Ferrailage :**

**Appuis :**  $M_{\text{appuis}} = 0,3 \times M_0 = 0,3 \times 32,76 = 9,82 \text{ kNm}$

**Travée :**  $M_{\text{tra}} = 0,8 \times M_0 = 0,8 \times 29,45 = 26,21 \text{ kNm}$

**1. En Travée :**

$M_t = 26,21 \text{ kNm}$

$$\mu_{bu} = \frac{M_t}{b \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{26,21 \times 10^{-3}}{1 \times (0,9 \times 0,15)^2 \times 11,33} = 0,12$$

$$\mu_{LU} = [3440 \times \gamma + 49 \times f_{c28} - 3050] \times 10^{-4} = 0,292$$

$\mu_{bu} = 0,12 < \mu_{LU} = 0,292$  pas d'armatures comprimées  $A' = 0$ .

$\mu_{bu} = 0,12 < 0,275 \rightarrow$  on utilise la formule simplifiées.

$$Z_b = d (1 - 0,6 \mu_{bu}) = 0,125 \text{ m}$$

**➤ Section d'armature :**

$$A_t = \frac{M_t}{Z_b \times \frac{f_e}{\gamma_s}} = \frac{26,21 \times 10^{-3}}{0,128 \times 348} \times 10^4 = 5,88 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

Donc on adopte  $7\text{HA}12 = 6,79 \text{ cm}^2$  avec un espacement de 15cm

**➤ Armature de répartition :**

$$A_{\text{rep}} = \frac{A_t}{4} = \frac{6,79}{4} = 1,7 \text{ cm}^2$$

Donc on adopte  $3\text{HA}10 = 2,36 \text{ cm}^2$  avec un espacement de 30cm.

**➤ Condition de non fragilités :**

$$A_{\text{min}} = 0,23 \text{ bd} \frac{f_{t28}}{f_e} = 1,63 \text{ cm}^2$$

On a  $A_t > A_{\min} \rightarrow$  on prendre  $A_t = 6,79\text{cm}^2 = 7\text{HA}12$  esp = 20 cm

➤ **Vérification de l'effort tranchant :**

$$T_{\max} = R_A = 25.8 \text{ KN}$$

$$\tau_u = \frac{T_{\max}}{bd} \leq \tau_{\text{lim}} = 0,07 \frac{f_{c28}}{\gamma_b} = 0,933 \text{ Mpa}$$

$$\tau_u = \frac{25,8 \times 10^{-3}}{1 \times 0,135} = 0,19 \text{ Mpa} \leq \tau_{\text{lim}} = 0,933 \text{ Mpa} \dots \text{Donc la condition est vérifiée.}$$

**D. Calcul du balcon**

**1. Calcul des parties en saillie :**

$$A : \text{E.L.U} = Q_u = 1,35G + 1,5 Q = 13,78 \text{ KN/m}^2$$

$$A : \text{ELS} \quad Q_{\text{ser}} = G + Q = 9,82 \text{ KN/m}^2$$

**Détermination des sollicitations :**

**a. Le moment maximum :**

$$\Sigma F = 0 \quad R_a - Q_u \cdot L = 0 \dots \dots R_a = Q_u \cdot L$$

$$M(x) = -Q_u \cdot Lx + Q_u \frac{x^2}{2}$$

$$T(x) = -Q_u L + Q_u x$$

$$T(x) = 0 \quad \text{si } x = L$$

$$M_{\max} = M(L) = -Q_u \cdot L^2 + \frac{Q_u \cdot L^2}{2}$$

$$M_{\max} = \frac{Q_u \cdot L^2}{2} = \frac{13,755 \cdot (1,7)^2}{2} = 19,9 \text{ KN.m}$$

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

Avec:  $B_0 = 1\text{m}$ ,  $d = 15 - 2 = 13\text{m}$ ,  $f_{\text{bu}} = 11,33 \text{ Mpa}$

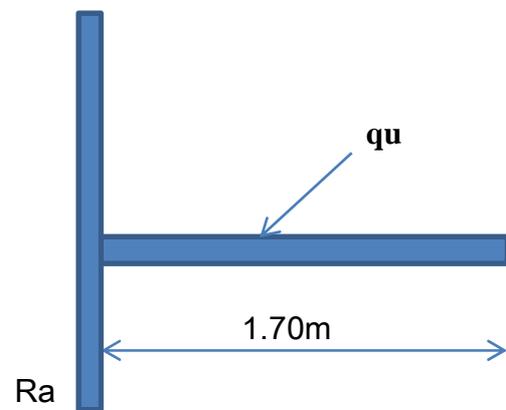
$$\mu_{\text{bu}} = \frac{19,9 \cdot 10^{-3}}{1(0,135)^2 \cdot 11,33} = 0,096$$

$$M_{\text{ser}} = \frac{(g + q) \cdot l^2}{2} = \frac{9,8 \cdot 1,7^2}{2} = 14,16$$

Nécessité d'aciers comprimés

$$\gamma = \frac{M_{\max}}{M_{\text{ser}}} = \frac{19,9}{14,16} = 1,4$$

$$\mu_{\text{lu}} = (3440\gamma + 49 f_{c28} - 3050) \cdot 10^{-4} = 0,275$$



**Figure 36: Schéma de calcul balcon**

$$\mu_{bu}=0,096 < \mu_{lu}=0,275 \longrightarrow A' = 0 \dots \dots \dots \text{(Pas d'acier comprimé)}$$

$$\mu_{bu} \leq 0,275 \longrightarrow \text{formule simplifiée pour calcul de } z_b$$

$$z_b = d (1 - 0,6 \mu_{bu}) \longrightarrow 0,135 (1 - 0,6 \times 0,096) = 0,127 \text{ m}$$

$$A = \frac{M_{\max}}{Z_b \cdot f_{ed}} = \frac{19,9 \cdot 10^{-3}}{0,127 \times 348} \times 10^4 = 4,50 \text{ cm}^2$$

$$\text{Avec : } f_{ed} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 348 \text{ Mpa}$$

$$\text{On adoptera } 5\text{HA } 12 = 5,65 \text{ cm}^2/\text{ml} \quad e = 20 \text{ cm}$$

**b. Armature de répartition :**

$$A_r = \frac{A}{4} = \frac{5,65}{4} = 1,41 \text{ cm}^2$$

$$\text{Soit } 5\text{HA}8 / \text{ml} = 2,51 \text{ cm}^2/\text{ml}.$$

**c. Condition de non fragilité :**

$$A_{\min} = (0,23 \times b \times d \times f_{t28}) / f_e$$

$$A_{\min} = \frac{0,23 \times 1 \times 0,13 \times 1,8}{400} = 1,39 \text{ cm}^2$$

$$A_{\min} \leq A \longrightarrow \text{Condition Vérifiée.}$$

**d. Vérification a l'ELU :**

La position de l'axe neutre : il faut résoudre l'équation suivante :

$$B y^2 / 2 + h (A + A') y - h (A d + A' d') = 0$$

$$A = 5,65 \text{ cm}^2, \quad A' = 0, \quad h = 15 \text{ cm}.$$

On obtient:

$$B y^2 / 2 + h A y - h A d = 0$$

Application numérique :

$$\frac{100}{2} y^2 + 15 \times 5,65 y - 15 \times 5,65 \times d = 0$$

$$50 y^2 + 84,75 y - 1101,75 = 0$$

$$\text{Après la résolution : } Y = 4,17 \text{ cm}$$

**e. Moment d'inertie :**

$$I = b y^3 / 3 + h A' (y - d')^2 + h A (d - y)^2$$

$$I = b y^3 / 3 + h A (d - y)^2 = (100 \times 4,17^2 / 3) + 15 \times 5,65 (13 - 4,17)^2$$

$$I = 9024,92 \text{ cm}^4$$

**f. Contrainte :**

$$K = \frac{M_{ser}}{I} = \frac{14,16 \times 10^2}{9024,92} = 0,15 \text{ KN / cm}^3 \quad k = 156,89 \text{ MN/cm}^3$$

Les contraintes en services sont les suivantes :

Les contraintes du béton =  $\sigma_{bc} = ky = 156,89 \times 4,17 \times 10^{-2} = 6,54 \text{ MPa}$

Les contraintes de l'acier =  $\sigma_s = hk (d-y) = 15 \times 156,89 \times (0,13 - 4,17 \times 10^{-2}) = 199,8 \text{ MPa}$

$\sigma_{bc} = 6,54 \text{ MPa} < f_{c28} = 15 \text{ MPa}$ .....Condition vérifier.

$\sigma_s = 199,8 \text{ MPa} < \min(0,6f_e ; 110(\eta)^{1/2} \times f_{t28}) = 202 \text{ MPa}$ .....**CV**

**Donc :** la section d'armature calculée à l'ÉLU est :  $A_s = 5,65 \text{ cm}^2$

### E. Calcul des poutres :

Les poutres sont calculées à la flexion simple, le ferrailage doit respecter les règles BAEL 91 Modifié 99.

#### 1. Les combinaisons d'actions :

$$\begin{cases} 1.35 G + 1.5 Q & (E.LU) \\ G + Q & (E.LS) \end{cases}$$

#### 2. Méthode de calcul :

Le ferrailage est calculé selon les règles. B A E L 91

Comme suit :

❖ Ferrailage longitudinal :

$$\mu = \frac{M}{b d^2 f_{bu}}$$

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

$$A = \frac{M}{z \times \sigma_s}$$

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

❖ Ferrailage transversal :

La contrainte tangentielle  $\xi = \frac{T}{bd}$

On doit vérifier que :  $\xi < \xi_{lim} = \min(0.13 f_{c28} ; 5 \text{ MPa})$

$$\varphi_t \leq \min \left[ \frac{h}{35}, \varphi_l, \frac{b}{10} \right]$$

**Exemple de calcul :**

Nous allons détailler le calcul d'une poutre principale (30× 40) cm<sup>2</sup> du RDC dont les sollicitations sont les suivantes :

- **Sollicitation :**
- En appui :  $M_a = 115,02$  KN m
- En travée :  $M_t = 64,16$  KN m

- **Ferraillage :**

**Tableau 18: Sollicitation et ferrailages d'une poutre de RDC**

	Moment (kNm)	$\mu b u$	a	Z (m)	A (Cm <sup>2</sup> )	choix	A adoptée (cm <sup>2</sup> )
Appui	115.02	0.279	0.41	0.29 9	10.01	3HA 16 + 3HA 14	10.65
Travée	64.16	0.150	0.204	0.33 0	5.05	3HA 16	6.03

- **Vérification de condition de non fragilité :**

$$A_{min} = 0,23 \times b \times d \times f_{c28} / f_e = 0,23 \times 0,3 \times 0,36 \times 2,1 / 400 = 1.30 \text{ cm}^2$$

- **Vérification de l'effort tranchant :**

$$T = 125.32 \text{ K.N.}$$

$$\xi = \frac{T}{bd} = \frac{125.32 \times 10^{-4}}{0.3 \times 0.36} = 0.116 \text{ MPa}$$

$$\xi < \xi_{lim} = \min(0.13 f_{c28}, 4 \text{ MPa}) = 2.6 \text{ MPa}$$

$$\xi < \xi_{lim}$$

- **Vérification des contraintes :**

\*\_En appui :

$$\alpha = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu b u}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.279}) = 0.41$$

$$\delta = \frac{M_u}{M_{ser}} = \frac{154.03}{114.95} = 1.34$$

$$\frac{\delta - 1}{2} + \frac{f_{c28}}{100} = 0.42 > \alpha \dots ok \Rightarrow \tau_{Bc} \leq \overline{\tau_{Bc}}$$

- **Armatures transversales :**

$$\phi t \leq \text{Min} \left( \frac{h}{35}, \phi_{\text{lim}}, \frac{b}{10} \right) \text{ On prend } \phi t = 8 \text{ mm}$$

Soit 4 HA 8 = 2.01 cm<sup>2</sup>

○ **L'espace des armatures transversales :**

En zone sur appuis ou de recouvrement :  $s_t \leq \text{Min} (0.9d; 40 \text{ cm}) \Rightarrow S_t = 10 \text{ cm}$

En zone courant :  $s_t \leq \frac{h}{2} \Rightarrow S_t = 20 \text{ cm}$

○ **Ancrage des armatures :**

Pour que l'ancrage soit assuré il faut limiter la contrainte d'adhérence à la valeur suivante.

$$\zeta_{su} = 0.6 \psi^2 f_{t28} = 2.84 \text{ MPa}$$

○ **longueur de scellement droit :**

Selon B.A.E.L 91 :

$$l_s = \frac{\phi l}{4 \zeta_{su}} \text{ soit } l_s : 50 \text{ cm (pour HA12)}$$

**Vérification de la flexion :**

M max = 64.16 KN.m

$$\frac{h}{l} \geq \frac{1}{16} \Rightarrow \frac{40 \text{ cm}}{570 \text{ cm}} = 0.07 > \frac{1}{16} = 0.062 \quad oK$$

**F. Calcul des poteaux.**

**Exemple de calcul :** Nous allons détailler le calcul du poteau de rive du niveau RDC de (120 x 50) suivant les deux plans sous (N et M).

○ **Les Sollicitations :**

La combinaison de calcul qui donne l'effort normal le plus défavorable est 1,35 G+1,5Q.

**ELU:**

$$N_{u \text{ max}} = 2459,5 \text{ KN}$$

$$M_{u \text{ max}} = 47,2 \text{ KN.m}$$

**ELS:**

$$N_{ser} = 3590,95 \text{ KN}$$

$$M_{ser} = 38,82 \text{ KN.m}$$

$$e_a = M_{ax} \left( 2 \text{ cm}, \frac{1}{250} \right) = 2 \text{ cm}$$

$$e_1 = \frac{M}{N} + e_a = \frac{47,2}{2459,5} + 0,02 = 0,03 \text{ m}$$

- Sollicitations ultimes corrigées pour le flambement :

Puisque  $N_u > 0$  est une compression

- Elancement géométrique :

$$L_f = 0,7 \times l_0 = 0,7 \times 3,90 \text{ m} = 2,738 \text{ m}$$

$$l = \frac{2,738}{0,7} = 3,90$$

o Type de calcul :

Pièce chargée de façon excentrée :  $\frac{l_f}{h} > \text{Max} (15 ; 20 \times \frac{e_1}{h} = 0,5)$

$L_f < \text{Max} (15 ; 0,5) \longrightarrow$  Calcul en flexion composée en tenant compte de l'excentricité du second ordre forfaitairement.

Excentricité du second ordre :

$$\alpha = \frac{MG}{MG + MQ}$$

Or on a :

$$MG = 3,6 \text{ KN.m}; MQ = 34,7 \text{ KN.m}$$

$$\alpha = 0,093$$

$$e_2 = \frac{3lf^2}{10^4 h} (2 + \alpha\Phi) = 3 \times (2,15)^2 (2 + 0,093 \times 2)$$

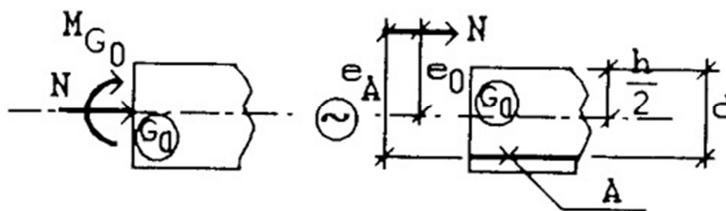
$$e_2 = 0,013 \text{ m}$$

Tel que :  $\Phi = 2$  Rapport de la déformation due au fluage à la déformation instantanée.

Sollicitation ultime corrigée pour la flexion composée :

$$\begin{cases} M_{UGO} = Nu (e_1 + e_2) = 2459,5 \times 0,043 = 105,75 \text{ KN.m} \\ e_0 = e_1 + e_2 = 0,043 \text{ m} \end{cases}$$

Sollicitations ramenées au centre de gravité des aciers tendus :



$$e_A = e_0 + \left( d - \frac{h}{2} \right) = 0,043 + \left( 1,08 - \frac{1,2}{2} \right) = 0,523 \text{ m}$$

$$M_{UA} = N_U e_A = 2459,5 \times 0,523 = 1286,32 \text{ KN.m}$$

**Moment réduit de référence :**

$$\mu_{bc} = 0,8 \frac{h}{b} \left( 1 - 0,4 \frac{h}{b} \right) = 0,8 \times \frac{1,2}{0,5} \times \left( 1 - 0,4 \frac{1,2}{0,5} \right) = 0,076 \approx 0,08$$

**Moment réduit agissant :**

$$\mu_{bu} = \frac{M_{UA}}{bd^2 f_{bu}} = \frac{1286.32 \times 10^{-3}}{0.5 \times (1.08)^2 \times 11.33} = 0.195$$

$\mu_{bu} > \mu_{bc} \Rightarrow$  Section partiellement comprimée. On calcule la section d'acier à la flexion simple.

$$\mu_{bu} = 0.195 \leq \mu_{lu} = 0.230 \Rightarrow A = 0$$

$$\alpha = 1.25 \left( 1 - \sqrt{1 - 2 \mu_{bu}} \right) = 0.21$$

$$Z = d (1 - 0.4 \alpha) = 0.989 \approx 1 \text{ m}$$

$$A = \frac{M}{Z \sigma_s} = \frac{1286.32 \times 10^4}{1 \times 348 \times 10^3} = 0.369 \text{ cm}^2$$

Armatures en flexion composée :

$$A_1 = 0$$

$$A_1 = A - \frac{Nu}{\sigma_s} = 0.369 \times 10^{-4} - \frac{2459.5}{348 \cdot 10^3} = -70.67 \text{ cm}^2 < 0$$

**Valeur rejetée car elle est négative.**

On adopte la section minimale pour le ferrailage du poteau.

o Section minimale :

Selon B. A. E. L 91 :

$$A_{\min} = M_{ax} = \begin{cases} 4 \text{ cm}^2 \text{ de périmètre} = 8 \text{ cm}^2 \\ 0.2 \frac{B}{100} = 0.2 \times \frac{120 \times 50}{100} = 12 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow A_{\min} = 12 \text{ cm}^2$$

Soit : 8 HA 14  $\Rightarrow$  12.32 cm<sup>2</sup>

Vérification de l'effort tranchant :

$$\underline{T} = 22.95 \approx 0.03 M N$$

$$\zeta_u = \frac{T}{b.d} = 0.05 M Pa$$

$$\zeta_u = \text{Min} (0.13 \text{ fe } 28, 4 \text{ MPa}) = 2.6 \text{ MPa}$$

$$\zeta_u < \zeta_{\text{lim}} \text{ OK}$$

Espacement des armatures transversales :

$$St \leq \text{Min} (15 \phi_l \text{ min}, 40 \text{ cm}, a+10 \text{ cm}) = 18 \text{ cm}$$

on prend St=10 cm en zone de recouvrement

En zone courant

on prend  $St=15\text{cm}$  en zone courante.

Longueur de recouvrement :

$$L_r = 40 \phi = 80 \text{ cm}$$

Armatures transversales :

$$\phi_t \leq \min\left(\frac{h}{35}; \phi_l \min; \frac{b}{10}\right) \longrightarrow \phi_t \leq \min\left(\frac{1200}{35}; 20; \frac{500}{10}\right) \longrightarrow \phi_t \leq \min(34,3; 20; 50)$$

Soit :  $\phi_t = 8 \text{ mm}$

### Calcul de ferrailage des voiles (détails de calcul)

#### a) Ferrailage vertical :

$$F_2 = 1019.721 \text{ KN}$$

$$M_1 = 0.665 \text{ KN.m}$$

$$e_a = \text{Max}\left(2 \text{ cm}, \frac{L}{250}\right) = 2 \text{ cm}$$

$$e_1 = \frac{M}{N} + e_a = \frac{0.665}{1019.721} + 0.02 = 0.020 \text{ m}$$

Sollicitations ultimes corrigées pour le Flambement :

$$l_f = 0.7 l_0$$

$$l_f = 0.7 \times 0.69 = 0.483$$

$$\frac{20 e_1}{n} = \frac{20 \times 2}{15} = 2.66$$

$$l_f < \max\left\{\begin{array}{l} 15 \\ 2.66 \end{array}\right\} \Rightarrow \text{Calcul en flexion composée en tenant Compte}$$

*de façon forfaitaire de l'excentricité Du second ordre*

$$\alpha = \frac{MG}{MG + MQ} = \frac{0.13}{0.13 + 0.018} = 0.88$$

$$e_2 = \frac{3l_f^2}{10^4 h} (2 + \alpha \phi) = \frac{3(0.483)^2}{10^4 (0.15)} (2 + (0.88 \times 2)) \quad \text{avec } \phi = 2$$

$$MG = F_2 \times e$$

$$e = e_1 + e_a + e_2 = 0.04175$$

$$MG = 1019.721 \times 0.04175 = 42.57 \text{ KN.m}$$

$$M_A = MG + F_2 \left(\frac{d}{2} - d'\right) = 57.86 \text{ KN.m}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} a = (0.337 h - 0.81 d') b . h . \delta b c = 161.22 \\ b = F_2 (d - d') - M_A = 42.56 \end{array} \right.$$

$a > b \Rightarrow$  Section partiellement comprimée.

Calcul de ferrailage par assimilation à la flexion simple :

$$\mu_{bu} = \frac{M_A}{b d^2 f_{bu}} = \frac{57.86 \times 10^{-3}}{1 \times (0.135)^2 \times 11.33} = 0.17$$

$$\gamma = \frac{M_A}{M_1} = 3.99$$

$$\mu_{lu} = (3440 \gamma + 49 f_{c28} - 3050)^{-4} = 1.19$$

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

$$\alpha = 1.25 \times \left(1 - \sqrt{1 - 2\mu_{bu}}\right) = 0.234$$

$$Z_b = d (1 - 0.4\alpha) = 0.122 \text{ m}$$

$$A = \frac{M_A}{Z_b \sigma_s} = \frac{57.86 \times 10^{-3}}{0.122 \times 348} = 13.58 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

Armature en flexion composée.

$$A = A - \frac{F_2}{\sigma_s}$$

$$A = 13.58 - 13.38 = 0.20 \text{ cm}^2$$

Section minimale :

Selon le BAEL 91

### **b) Ferrailage horizontal :**

En suivant la même démarche ; on trouve

$$A_{\min} = 0.23 \frac{f_{t28}}{f_e} b d \frac{e - 0.45d}{e - 0.185d}$$

$$= 4.76 \text{ cm}^2$$

$$A = 0.20 \text{ cm}^2 < A_{\min} \quad \text{donc en prend } A = A_{\min} = 4.76 \text{ cm}^2$$

Soit 7HA12  $e = 15 \text{ cm}$

$$AH = A_{\min} = 4.76 \text{ cm}^2$$

Le ferrailage adopté :

Le ferrailage sera en double nappe avec  $\left( \begin{array}{l} A_v = 7HA12 / e = 15 \text{ cm} \\ AH = 7HA12 / e = 15 \text{ cm} \end{array} \right.$

### **Armatures Transversales :**

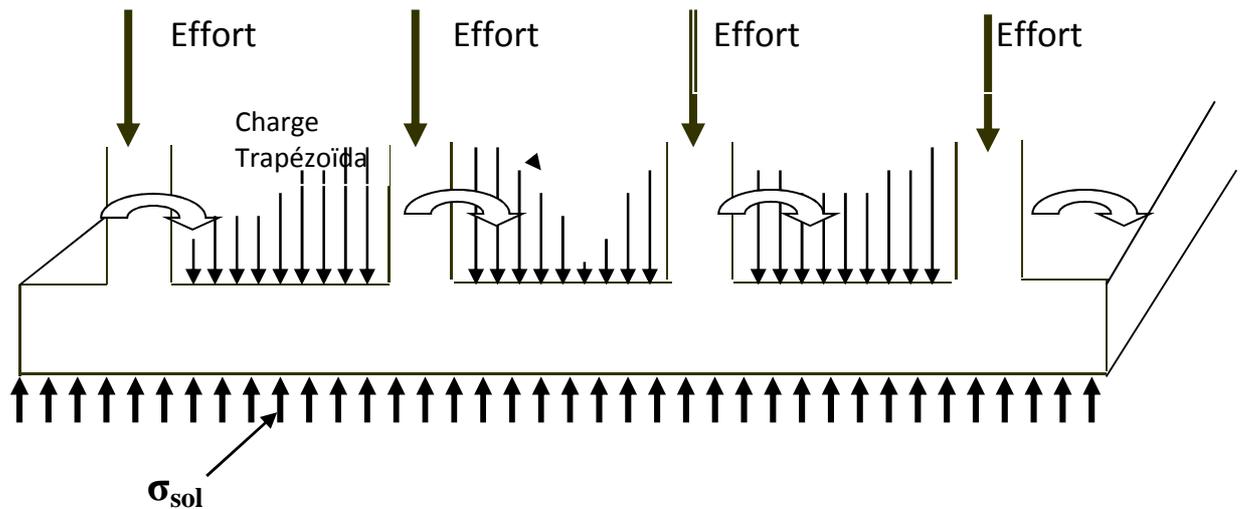
D'après le BAEL 91, les deux nappes doivent être reliées avec au moins 4 épingles au mètres carré.

## **G. Calcul du radier:**

### **1. Généralité :**

Un radier général est une fondation constituée par une dalle éventuellement nervurée, s'étendant en plan sur la totalité de la surface occupée par la construction.

**NB : Poutres de redressement = nervures**

a) Les sollicitations appliquées sur le radier :

Chaque poteau soumis à :

‣ Selon G :

Effort normal vertical

Moment suivant x, y

‣ Selon Q :

Effort normal vertical

Moment suivant x, y

‣ Selon EX :

Effort horizontal suivant x, y

Effort vertical suivant Z

Moment suivant x, y

‣ Selon EY :

Effort horizontal suivant x, y

Effort vertical suivant Z

Moment suivant x, y

**b) Les voiles engendrent des efforts trapézoïdaux et des moments appliqués sur les poutres de redressement :**

‣ Selon G :

Effort vertical réparti.

Moment suivant x, y (négligés)

‣ Selon Q:

Effort vertical réparti.

Les moments suivant x et y (négligés).

## 2. Pré dimensionnement du radier:

- pour les nervures de hauteur " h " et de portée "  $L_1$  " entre axes des poteaux :  $h \geq \frac{L_1}{10}$
- pour la dalle d'épaisseur " h " et de portée "  $L_2$  " entraxes des nervures :  $h \geq \frac{L_2}{20}$

Nous aurons donc:

$$L_1 = 9,30 \Rightarrow \lambda_0 \geq \frac{930}{10} = 93 \quad \text{on prend } \lambda_0 = 95 \text{ cm}$$

$$L_2 = 9,30 \Rightarrow \lambda_0 \geq \frac{930}{20} = 46,5 \quad \text{on prend } \lambda_0 = 50 \text{ cm}$$

## 3. Méthode de calcul :

Le radier sera calculé donc comme un plancher renversé appuyé sur les poteaux et les voiles, chargé par les réactions du sol prises égales aux efforts transmis par la structure pour assurer l'équilibre de l'ensemble.

La modélisation est faite avec le logiciel CBS (Concrete Building Structural) dont les résultats seront exploités pour le ferrailage du radier.

## 4. Ferraillages :

### a) Ferraillage de la poutre de redressement PR (60x95)cm<sup>2</sup> :

Elles sont soumises à la flexion simple :

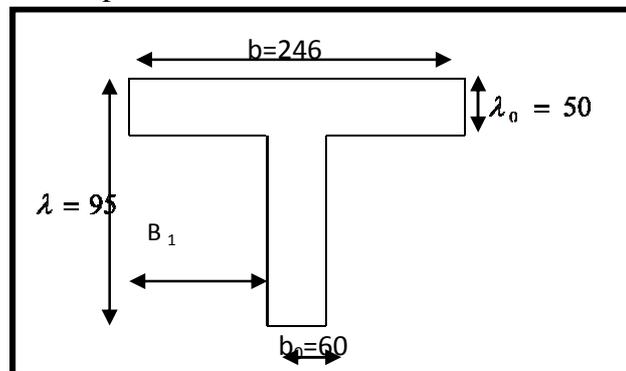


Figure 37: Coupe sur Poutre de redressement

$$b = 2b_1 + b_0 \quad b_1 = \frac{L}{10} = \frac{930}{10} = 93 \text{ cm} \quad \text{Flexion}$$

$$b = 246 \text{ cm}$$

Le calcul est mené à l'ELU.

Le calcul se fait pour une section rectangulaire.

- En appui :  $M_{att} = 233,3 \text{ KN.m}$ .

$$f_{bu} = \frac{0.85 \times f_{c28}}{\gamma_b} = \frac{0.85 \times 20}{1.5} = 11.33 \text{ Mpa}$$

$$\mu_u = \frac{M_{ua}}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{233.3 \times 10^{-3}}{0.6 \times 0.855^2 \times 11.33} = 0.047$$

$$\mu_u \leq \mu_l = 0.392 \dots \dots \dots CV$$

$$\alpha = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu_u}) = 1.25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.047}) = 0.060$$

$$z_b = d(1 - 0.6 \times \alpha)$$

$$z_b = 0.855(1 - 0.6 \times 0.06) = 0.82$$

$$\mu_l \leq 0.186$$

$$\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 348 \text{ Mpa}$$

$$A_{au} = \frac{M_U}{Z_b \times \sigma_{st}} = \frac{233.3 \times 10^{-3}}{0.83 \times 348} = 9.41 \text{ cm}^2$$

- Vérification selon B.A.E.L 91 :

$$A_{\min} = 0.23 \times b \times d \times \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$\Rightarrow A_{\min} = 0.23 \times 60 \times 85.5 \times \frac{1.8}{400} = 5.31 \text{ cm}^2 / \text{ml.}$$

$$A > A_{\min} \Rightarrow (\text{On adoptera } A = 9.42 \text{ cm}^2) \longrightarrow \text{ Soit : } \mathbf{3HA20}$$

- En travée :  $M_{tu} = 620 \text{ KN.m.}$

$M_{tu} > M_u \Rightarrow$  On calcul comme une section rectangulaire  $(60 \times 95) \text{ cm}^2$ .

$$\mu_{bu} = \frac{M_t}{b_0 \times d^2 \times f_{bu}} = \frac{620 \times 10^{-3}}{0.6 \times 0.855^2 \times 11.33} = 0.12$$

$$\mu_{lu} = 0.288 > \mu_{bu} = 0.12 \quad \Rightarrow \text{ pas d'armature comprimée } (A' = 0)$$

$$\mu_{bu} = 0.12 < 0.275 \quad \Rightarrow \text{ formule simplifiée}$$

$$Z_b = d(1 - 0.6 \mu_{bu}) \quad \Rightarrow Z_b = 0.79 \text{ m}$$

$$A_t = \frac{M_t}{Z_b \times \frac{f_e}{\gamma_s}} = 22.55 \text{ cm}^2$$

- **Condition de non fragilité :**

$$A_{\min} = 0,23 \times \frac{f_{tj}}{f_e} \times b \times d = 0,23 \times \frac{1,8}{400} \times 0,6 \times 0,855 = 5.30 \text{ cm}^2.$$

On a donc :

$$A > A_{\min} \Rightarrow (\text{On adoptera } A) \longrightarrow \text{Soit : } \mathbf{5HA20 + 5HA16 = 25.75 \text{ cm}^2}.$$

- **Vérification ELS :**

$$\bar{\sigma} = \min \begin{cases} \frac{2}{3} \cdot f_e \\ 110 \sqrt{\eta \cdot f_{tj}} \end{cases} \Rightarrow \bar{\sigma} = 202 \text{ MPa}.$$

$$M_{tser} = 6.8 \text{ MN/m}$$

$$M_{ser} \leq M_{tser} \Rightarrow \text{Calcul d'une section rectangulaire } (b \times h)$$

$$\alpha_1 = \frac{15 \bar{\sigma}_{bc}}{15 \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_s} = 0.39 \quad \text{Tel que : } \bar{\sigma}_{bc} = 0.6 f_{c28} = 15 \text{ MPa}$$

$$M_{tb} = \frac{1}{2} \alpha_1 \left( 1 - \frac{\alpha_1}{3} \right) b \cdot d^2 \bar{\sigma}_{bc} = 3.35 \text{ MN /m}$$

$$M_{ser} < M_{rd} \Rightarrow A' = 0$$

$$\mu_s = \frac{M_{ser}}{b_0 d^2 \bar{\sigma}_s} = 0.0039$$

$$Z_{b1} = \frac{15}{16} d \left( \frac{40 \mu_s + 1}{54 \mu_s + 1} \right) = 0.78$$

$$A_{ser} = \frac{M_{ser}}{Z_{b1} \bar{\sigma}_s} = 21.32 \text{ cm}^2$$

- **Condition de non fragilité :**

$$A_{\min} = 0.23 b_a d \frac{f_{t28}}{f_e} = 12.31 \text{ cm}^2$$

$$A_{ser} > A_{\min} . \text{Ok}$$

**b) Ferrailage de l'appui :**

- Section rectangulaire  $(60 \times 95) \text{ cm}^2$

$$M_{ser} = 973.35 \text{ KN /m} = 0.973 \text{ MN /m}$$

$$\alpha_1 = 0.39$$

$$M_{Lb} = 1.2 \text{ MN /m}$$

$$M_{ser} < M_{rd} \Rightarrow A' = 0$$

$$Z = 0.78$$

$$A_{ser} = 31.42 \text{ cm}^2$$

- **Condition de non fragilité :**

$$A_{\min} = 0.23bd \frac{f_{t28}}{f_e} = 6.37 \text{ cm}^2$$

$$A_{\text{ser}} > A_{\min} .OK$$

c) **Vérification des contraintes :**

o **En travée :**

- **Position de l'axe neutre :**

$$\frac{b}{2} y_{\text{ser}}^2 - 15 A (d - y_{\text{ser}}) = 0 \Rightarrow 85 y_{\text{ser}}^2 + 615 y_{\text{ser}} + 54120 = 0$$

Après résolution de l'équation on trouve

$$y_{\text{ser}} = 29.8 < h_0 \Rightarrow \text{Vérification de contraintes pour une section rectangulaire.}$$

- **Moment d'inerties :**

$$I = \frac{b}{3} y_{\text{ser}}^3 + 15 A (d - y_{\text{ser}})^2 = 2243512 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_{bc} = M_{\text{ser}} \cdot \frac{y_{\text{ser}}}{I} = 8$$

$$\sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} = 15 \text{ MPa} \quad OK$$

o **Appui :**

- **Position de l'axe neutre :**

$$30 y_{\text{ser}}^2 + 915 y_{\text{ser}} - 80520 = 0$$

$$\sigma_{bc} < \bar{\sigma}_{bc} \quad OK$$

- **Calcul des armatures transversales :**

$$\phi < \min \left( \frac{h}{35}, \phi_t, \frac{\bar{b}_0}{10} \right)$$

$$\phi < \min \left( \frac{60}{35}, 2, \frac{50}{10} \right) = 2 \text{ cm}$$

On choisit  $\phi = 10 \text{ mm}$  soit :

$$A_t = 3 HA 10 = 2.36 \text{ cm}^2$$

- **Espacement :**

▪ **Zone courante :**

$$S_t \leq \frac{h}{2} = 47.5 \text{ cm}$$

On adopte un espacement de 15cm

▪ **Zone de recouvrement:**

$$S_t \leq \min \left( \frac{h}{4}, 12\phi \right) = 22.5 \text{ cm} \quad \text{On opte pour un espacement de 15cm.}$$

d) Vérification de la flexion :

$$\frac{\lambda}{L} \geq \frac{1}{16} \Rightarrow \frac{95}{930} = 0.102 \geq \frac{1}{16} = 0.0625 \quad OK$$

$$\frac{A}{bd} \leq \frac{4.2}{f_e} \Rightarrow \frac{29.34}{60.95} = 0.005 \leq 0.012 \quad OK$$

- Ancrage des barres :

$$\tau_{su} = 0.6 \psi_s^2 f_{t28} = 0.6 \cdot 1.5^2 \times 1.8 = 2.43 \text{ MPa}$$

- Longueur de scellement :

$$\phi_t = 20 \text{ mm}$$

$$L_s = \frac{\phi f_e}{4 \tau_{su}} = \frac{2 \times 400}{4 \times 2.43} = 82.30 \text{ cm} \Rightarrow \text{Soit } L_s = 85 \text{ cm}$$

**Le ferrailage de la nervure est :**

- En appui  $\longrightarrow$  3HA 20.
- En travée  $\longrightarrow$  3HA20 + 2HA16 + 3HA20 en chapeau.

**b) Ferrailage de nervure (90X95) cm<sup>2</sup> :**

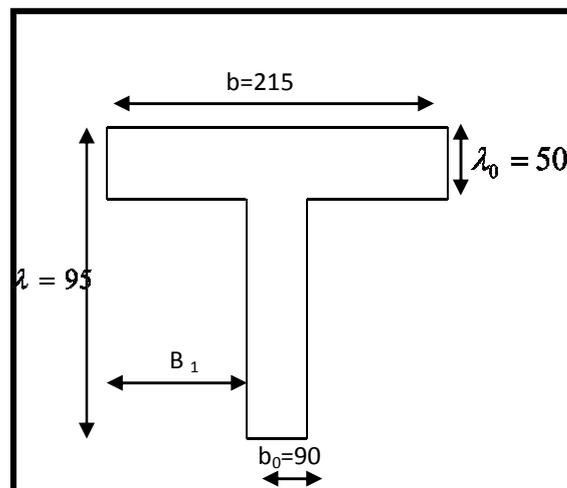


Figure 38: Coupe type sur la poutre de redressement ou nervure

- En appui :  $M_{au} = 1228.3 \text{ KN.m}$ .

$$fbu = \frac{0.85 \times f_{c28}}{\gamma_b} = \frac{0.85 \times 20}{1.5} = 11.33 \text{ Mpa}$$

$$\mu_u = \frac{M_{au}}{b \times d^2 \times fbu} = \frac{1.228}{0.9 \times 0.855^2 \times 11.33} = 0.164$$

$$\mu_u \leq \mu_l = 0.392 \dots\dots\dots CV$$

$$\alpha = 1.25 (1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu_u}) = 1.25 \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.164}) = 0.226$$

$$z_b = d \times (1 - 0.6 \times \alpha)$$

$$z_b = 0.855 \times (1 - 0.6 \times 0.226) = 0.74$$

$$\mu_l \leq 0.186$$

$$\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 348 \text{ Mpa}$$

$$A_{au} = \frac{M_U}{Z_b \times \sigma_{st}} = \frac{1228.38 \times 10^{-3}}{0.74 \times 348} = 47.68 \text{ cm}^2$$

- Vérification selon B.A.E.L 91 :

$$A_{\min} = 0,23 \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$\Rightarrow A_{\min} = 0,23 \times 90 \times 85.5 \times \frac{1,8}{400} = 7.96 \text{ cm}^2 / \text{ml.}$$

$A > A_{\min} \Rightarrow$  (On adoptera  $A = 47.68 \text{ cm}^2$ )  $\longrightarrow$  Soit : **10HA20 + 5HA16 + 2HA14**

**- En travée :**  $M_u = 1471 \text{ KN} \cdot \text{m}.$

$M_u > M_u \Rightarrow$  On calcul comme une section rectangulaire  $(90 \times 95) \text{ cm}^2$ .

$$\mu_{bu} = \frac{M_t}{b_0 d^2 f_{bu}} = \frac{1471 \times 10^{-3}}{0.9 \times 0.855^2 \times 11.33} = 0.197$$

$$\mu_{lu} = 0.288 > \mu_{bu} = 0.197 \quad \Rightarrow \text{pas d'armature e comprimée (A' = 0)}$$

$$\mu_{bu} = 0.197 < 0.275 \quad \Rightarrow \text{formule simplifiée}$$

$$Z_b = d (1 - 0.6 \mu_{bu}) \quad \Rightarrow Z_b = 0.75 \text{ m}$$

$$A_t = \frac{M_t}{Z_b \times \frac{f_e}{\gamma_s}} = 56,36 \text{ cm}^2$$

- Condition de non fragilité :

$$A_{\min} = 0,23 \cdot \frac{f_{tj}}{f_e} \cdot b \cdot d = 0,23 \times \frac{1,8}{400} \times 0,9 \times 0,855 = 7.96 \text{ cm}^2.$$

On a donc :

$A > A_{\min} \Rightarrow$  (On adoptera  $A$ )  $\longrightarrow$  Soit : **10HA20 + 6HA20 + 3HA14.**

**Note :**

Le ferrailage de la nervure est :

- En appui  $\longrightarrow$  5HA20 +2HA16.
- En travée  $\longrightarrow$  10HA20 +6HA14+3HA14.

❖ **Exemple de calcul de la dalle :**

**A) E.L.U :**

Le calcul des sollicitations agissant sur le radier sera effectué par le logiciel CBS (Concrete Building Structural).

Et on obtient les résultats suivants :

- Moment en travée :  $M_{tx} = 310.5 \text{ KN.m.}$   
 $M_{ty} = 299.6 \text{ KN.m.}$
- Moment en appui :  $M_{ax} = 280.63 \text{ KN.m.}$   
 $M_{ay} = 291.97 \text{ KN.m.}$

• **Ferraillage :**

- **Selon X :**

En travée :  $\longrightarrow$   $M_{tx} = 310.5 \text{ KN.m.}$

- $$\mu_{bu} = \frac{M_{tx}}{b \cdot d^2 \cdot f_{bu}} = \frac{310.5 \times 10^{-3}}{1 \times (0.45)^2 \times 11.33} = 0.135.$$

$\mu_{bu} < 0.275$   $\longrightarrow$  Par la méthode simplifiée.

- $Z_b = d \cdot (1 - 0.6 \mu_{bu}) = 0.45 \times (1 - 0.6 \times 0.135) = 0.41 \text{ m.}$

- $A = \frac{310.5 \times 10^{-3}}{0.42 \times 348} = 21.2 \text{ cm}^2 / \text{ml.}$

En appui :  $\longrightarrow$   $M_{ax} = 280.63 \text{ KN.m.}$

- $\mu_{bu} = 0.09.$
- $Z_b = 0.42 \text{ m.}$
- $A = 19.36 \text{ cm}^2 / \text{ml.}$

- **Selon Y :**

En travée :  $\longrightarrow$   $M_{ty} = 299.6 \text{ KN.m.}$

- $\mu_{bu} = 0.104.$
- $Z_b = 0.42 \text{ m.}$
- $A = 20.49 \text{ cm}^2 / \text{ml.}$

En appui :  $\longrightarrow M_{ay} = 291,97 \text{ KN.m.}$

- $\mu_{bu} = 0,101.$
- $Z_b = 0,42 \text{ m.}$
- $A = 19,97 \text{ cm}^2/\text{ml}.$

**B) E.L.S :**

$$\begin{cases} M_{0x} = 103,39 \text{ KN.m.} \\ M_{0y} = 87,62 \text{ KN.m.} \end{cases}$$

Pour une fissuration préjudiciable :

$$\bar{\sigma} = \min \begin{cases} \frac{2}{3} \cdot f_e \\ 110 \sqrt{\eta \cdot f_{tj}} \end{cases} \Rightarrow \bar{\sigma} = 202 \text{ MPa.}$$

- Moment en travée :  $M_{tx} = 0,75 \cdot M_{0x} = 77,54 \text{ KN.m.}$

$$M_{ty} = 0,75 \cdot M_{0y} = 65,71 \text{ KN.m.}$$

- Moment en appui :  $M_{ax} = 0,5 \cdot M_{0x} = 51,70 \text{ KN.m.}$

$$M_{ay} = 0,5 \cdot M_{0y} = 43,81 \text{ KN.m.}$$

**- Selon X :**

En travée :  $\longrightarrow M_{tx} = 77,54 \text{ KN.m.}$

$$\bullet \quad \bar{\alpha}_1 = \frac{15 \cdot \bar{\sigma}_{bc}}{15 \cdot \bar{\sigma}_{bc} + \bar{\sigma}_s} \quad \text{Avec :} \quad \bar{\sigma}_{bc} = 0,6 \cdot f_{c28} = 12 \text{ MPa.}$$

$$\Rightarrow \bar{\alpha}_1 = 0,47.$$

D'où le moment résistant limite de service du béton vaut :

$$M_{rb} = \frac{1}{2} \cdot \bar{\alpha}_1 \left( 1 - \frac{\bar{\alpha}_1}{3} \right) b_o \cdot d^2 \cdot \bar{\sigma}_{bc}$$

$$\Rightarrow M_{rb} = \frac{1}{2} \times 0,47 \times \left( 1 - \frac{0,47}{3} \right) \times 1,00 \times (0,45)^2 \times 12 = 0,48 \text{ MN.m.}$$

$M_{ser} < M_{rb} \Rightarrow$  armature comprimée non nécessaire ( $A' = 0$ ).

$$\bullet \quad A_{ser} = \frac{M_{ser}}{Z_b \cdot \bar{\sigma}_s} \quad \text{Avec :} \quad \bar{Z}_b = d \cdot \left( 1 - \frac{\bar{\alpha}_1}{3} \right) = 0,45 \times \left( 1 - \frac{0,47}{3} \right) = 0,37 \text{ m.}$$

$$\Rightarrow A_{ser} = \frac{77,54 \times 10^{-3}}{0,37 \times 202} = 10,30 \text{ cm}^2/\text{ml}.$$

En appui :  $\longrightarrow M_{ser} = 51,70 \text{ KN.m.}$

- $\bar{\alpha}_1 = 0,47.$
- $M_{rb} = 0,48 \text{ MN.m.}$

$$M_{ser} < M_{rb} \Rightarrow \text{armature comprimée non nécessaire (A' = 0).}$$

- $\bar{Z}_b = 0,37 \text{ m.}$

$$A_{ser} = \frac{51,7 \times 10^{-3}}{0,37 \times 202} = 6,9 \text{ cm}^2/\text{ml}.$$

### - Selon Y :

En travée :  $\longrightarrow M_{ty} = 65,71 \text{ KN.m.}$

- $\bar{\alpha}_1 = 0,47.$
- $M_{rb} = 0,48 \text{ MN.m.}$

$$M_{ser} < M_{rb} \Rightarrow \text{armature comprimée non nécessaire (A' = 0).}$$

- $\bar{Z}_b = 0,37 \text{ m.}$

- $A_{ser} = \frac{65,71 \times 10^{-3}}{0,37 \times 202} = 8,79 \text{ cm}^2/\text{ml}.$

En appui :  $\longrightarrow M_{ser} = 43,81 \text{ KN.m.}$

- $\bar{\alpha}_1 = 0,47.$
- $M_{rb} = 0,48 \text{ MN.m.}$

$$M_{ser} < M_{rb} \Rightarrow \text{armature comprimée non nécessaire (A' = 0).}$$

- $\bar{Z}_b = 0,37 \text{ m.}$

$$A_{ser} = \frac{43,81 \times 10^{-3}}{0,37 \times 202} = 5,86 \text{ cm}^2/\text{ml}.$$

### - Vérification selon B.A.E.L 91 :

$$A_{min} = 0,23.b.d.\frac{f_{t28}}{f_e}$$

$$\Rightarrow A_{min} = 0,23 \times 100 \times 45 \times \frac{1,8}{400} = 4,66 \text{ cm}^2/\text{ml}.$$

Donc les sections adoptées selon BAEL 91 modifié 99 sont :

**- Selon X et selon Y :**

15 HA14 = 21.8 cm<sup>2</sup>/ml. (Double nappe).

**- Espacement maximal :**

- Fissuration préjudiciable :  $S_{tx}$  et  $S_{ty} \leq \min \begin{cases} 2.h_0 = 100 \text{ cm.} \\ 25 \text{ cm.} \end{cases}$

Soit :  $S_{tx} = S_{ty} = 15 \text{ cm.}$

**Note :** Pour des raisons de sécurité, le ferrailage du radier est :

**- Selon X et selon Y :**

HA 14 espacée de 15 cm (Double nappe).

- **Vérification des contraintes :**

On doit vérifier :

$$\sigma_{bc} \leq \bar{\sigma}_{bc} = 0,6.f_{c28} = 12 \text{ MPa.}$$

$$\sigma_s \leq \bar{\sigma}_s = 202 \text{ MPa.}$$

Le tableau suivant représente la vérification des contraintes dans les deux sens en travée et en appui :

**Tableau 19: Vérification des contraintes**

	En travée			En appui		
	$y_{ser}$ [cm]	$\sigma_{bc}$ [MPa]	$\sigma_s$ [MPa]	$y_{ser}$ [cm]	$\sigma_{bc}$ [MPa]	$\sigma_s$ [MPa]
Selon X	18.36	9.07	197	18.36	8.2	178
Selon Y	18.36	8.7	190	18.36	8.5	185

## **ANNEXE 2 : CALCUL D'ASSAINISSEMENT**

### **Exemple de calcul d'installation de l'assainissement pour 2 étages**

Calcul d'installations, Etudes des diamètres des tubes								
Répère	Désignation appareil, chute	Nombre d'appareils	Débit de base (L/s)(1)		Coefficient de simultanéité(2)	Débit probable	diamètre	
			Appareil	Tronçon			Lu(mm)(3)	Tube
<b>Colonne 1 (C1)</b>								
A3	Wc	1	0,12				8,8	TAG(4) 21,3
	Douche	1	0,2					
	Lavabo	1	0,2					
	Total A3	3	0,52					
A2	Idem A3	3	0,52				8,8	TAG 21,3
	A3+A2	6		1,04	0,357	0,372	18	26,9
A1	Idem A2	3	0,52				8,8	TAG 21,3
	A3+A2+A1	9		1,56	0,283	0,442	19	26,9
<b>Colonne 2 (C2)</b>								
A1	Robinet	1	0,33				8,8	TAG 21,3
<b>Colonne 3 (C3)</b>								
A3	Wc	1	0,12				8,8	TAG 26,9
	Lavabo	1	0,2					
	Douche	1	0,2					
	Baignoire	1	0,33					
	Total A3	4	0,85					
A2	Idem A3	4	0,85				8,8	TAG 26,9
	A3+A2	8		1,67	0,282	0,47	20	TAG 26,9
A1	Idem A2	4	0,85				8,8	TAG 26,9
	A3+A2+A1	12		2,62	0,221	0,579	22	TAG 33,7
<b>Colonne 4 (C4)</b>								
A3	Lavabo	1	0,2				8,8	TAG 26,9
	Evier	1	0,2					
	Douche	1	0,2					
	Baignoire	1	0,33					
	Total A3	4	0,93					
A2	Lavabo	1	0,2				6,5	TAG 21,3
	WC	1	0,12					
	Douche	1	0,2					
	Total A2	3	0,52					
	A3 + A2	7		1,67	0,282	0,47	20	TAG 26,9
A1	Idem A2	3	0,52				6,5	TAG 21,3
	A3 + A2+ A1	9		2,3	0,241	0,554	20	TAG 33,7
<p>(1) les débits de bases des appareils sont lus sur le tableau 16</p> <p>(2) Les coefficients de simultanéité sont lus sur la figure 24</p> <p>(3) Les diamètres sont lus sur l'abaque de la figure 23 pour une vitesse de 1,5 m/s ou 2 m/s pour une conduite principale au sol,</p> <p>(4) Les TAG( Tubes en acier galvanisé) sont choisis sur les tableaux 5 et 6,</p>								

Tableau 20: Calcul d'installation: études des diamètres

Appareil	Débit de base		Diamètre courant	
	(L/min)	(L/s)	Tube cuivre (mm)	Tube PVC (mm)
Baignoire (distance entre siphon et chute < 1 m) .....	72	1,2	34/36	33,6/40
Baignoire (distance entre siphon et chute > 1 m) .....	72	1,2	38/40	43,6/50
Douche .....	30	0,5	34/36	33,6/40
Lavabo .....	45	0,75	30/32	33,6/40
Bidet, lave-mains, appareil avec bonde à grille .....	30	0,5	30/32	33,6/40
Évier .....	45	0,75	34/36	33,6/40
Bac à laver .....	45	0,75	34/36	33,6/40
Urinoir .....	30	0,5	34/36	33,6/40
Urinoir à action siphonique (diamètre minimal) .....	60	1,0	34/36	33,6/40
Urinoir à action siphonique (diamètre usuel) .....	60	1,0	38/40	43,6/50
WC à chasse directe .....	90	1,5	.....	93,6/100
WC à action siphonique .....	90	1,5	.....	68,6/75
Lave-linge (domestique) .....	40	0,65	34/36	33,6/40
Lave-vaisselle (domestique) .....	25	0,40	34/36	33,6/40

Tableau 21: les débits de base des appareils

Désignation de l'appareil	Chute ou descente		Colonne de ventilation secondaire (mm)
	Sans ventilation secondaire (mm)	Avec ventilation secondaire (mm)	
<b>WC à chasse directe :</b>			
— jusqu'à 3 appareils .....	90	90	40
— plus de 3 appareils .....	100	100	50
<b>Baignoire :</b>			
— jusqu'à 3 appareils .....	80	60	40
— de 4 à 7 appareils .....	80	80	40
— de 8 à 15 appareils .....	90	80	40
— plus de 15 appareils .....	100	90	50
<b>Lavabo ou bidet :</b>			
— jusqu'à 3 appareils .....	50	50	20
— de 4 à 7 appareils .....	60	50	20
— de 8 à 15 appareils .....	80	60	30
— plus de 15 appareils .....	90	80	40
<b>Évier :</b>			
— jusqu'à 3 appareils .....	80	80	30
— de 4 à 12 appareils .....	90	80	30
— plus de 12 appareils .....	100	90	40

Tableau 22: Choix de diamètre de la tuyauterie

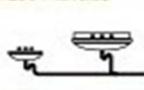
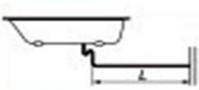
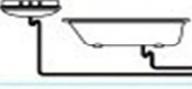
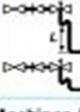
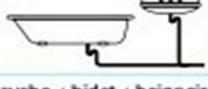
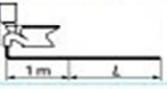
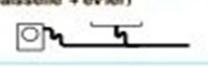
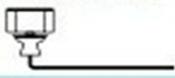
Appareil	Diamètre intérieur minimal (mm)	Observations	Appareil groupé dans le sens de l'écoulement	Diamètre intérieur minimal (mm)	Observations
Lavabo, lave-mains, bidet 	30		Lavabo + bidet 	30	
Évier, poste d'eau, douche, urinoir 	33		Bidet + lavabo 		
Baignoire 	33 38	Si L ≤ 1 m Si L > 1 m	Lavabo ou bidet ou machine à laver + baignoire 		2 vidanges séparées sont nécessaires
Groupe de sécurité 	20 25	Si L ≥ 1 m Sans partie verticale ou L < 1 m	Baignoire + lavabo ou bidet ou machine à laver 		Choisir le diamètre immédiatement supérieur ou diamètre de l'appareil le plus important
Machines à laver le linge et la vaisselle 	33		Lavabo + bidet + baignoire (ordre indifférent) 		2 collecteurs sont nécessaires (voir cas précédents). Le diamètre minimal dépend du regroupement des appareils
WC à action siphonique 	60 77	Sur longueur de 1 m Sur partie L > 1 m	Machine à laver (linge ou vaisselle + évier) 	33	
WC à chasse directe 	80				

Tableau 23: Coefficient de simultanéité des appareils

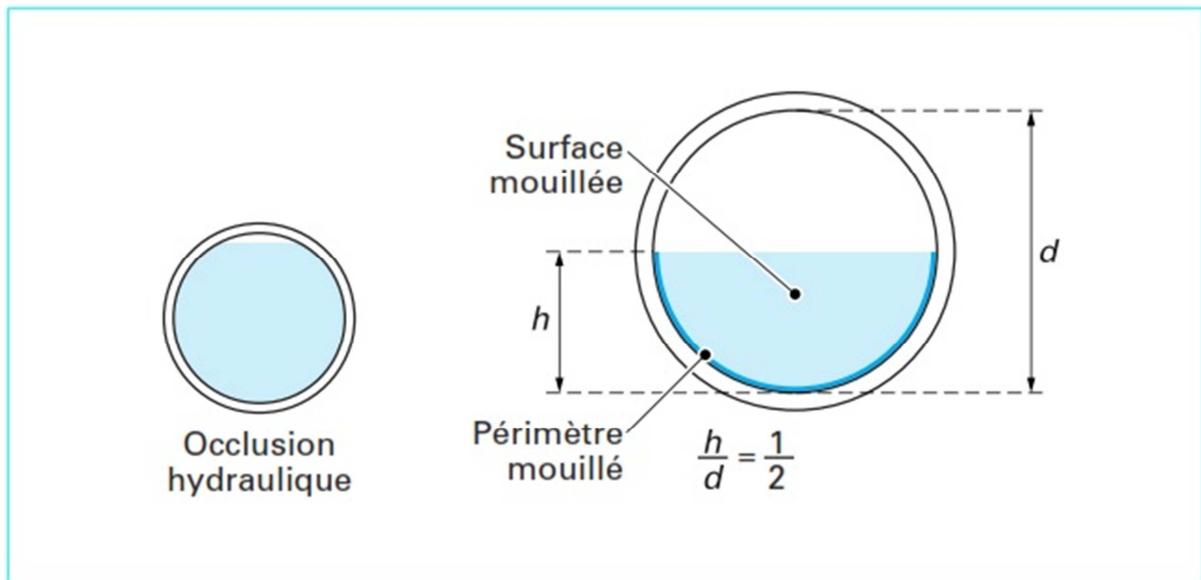


Figure 39: Surface mouillée

**ANNEXE 3 : CALCUL D'ELECTRICITE****Exemple d'évaluation des puissances des récepteurs**

- 1-Circuits lumières ;
- 2-Circuits brasseurs d'air ;
- 3-circuits prise courant ;
- 5-Tous les autres appareils qui reçoivent de l'énergie.

**1-Circuits lumineux****1. RDC****Circuit1**

Il est composé de :

- 6 lampes de 120 dans les terrasses;
- 6 lampes de 120 dans le Hall ;

$$P= 12 \times 40= 480w$$

**Circuit2**

- 5 lampes de 120 dans l'accueil et sécurité;
- 12 lampes de 120 dans les toilettes;

$$P=17 \times 40 = 680 w$$

**Circuit3**

- 18 lampes fluo de 120 dans le magasin;
- 9 lampes fluo de 120 dans les bureaux;

$$P= 25 \times 40= 1000 w$$

**Circuit4**

- 3 lampes fluo de 120 dans les cages d'escaliers;
- 18 lampes fluo de 120 dans les douches et wc.

$$P= 21 \times 40= 840w$$

**Circuit5**

- 9 lampes fluo de 120 dans la salle d'attente;

$$P=9 \times 40=360w$$

$$\text{Puissance totale RDC} = 3360 W$$

**b) R+1 ; R+2 ; R+3****Circuit1**

Il est composé de :

- 12 lampes de 120 dans les bureaux;
- 3 lampes de 120 dans le Hall ;

**$P=15 \times 40= 600 \text{ w}$**

**Circuit2**

- 8 lampes de 60 dans les douches;
- 2 lampes de 60 dans le WC hommes et femmes.

**$P=10 \times 20=200 \text{ w}$**

**Circuit3**

- 15 lampes de 120 dans les salles de réunions.
- 6 lampes au secrétariat ;
- 2 dans le bureau du Directeur

**$P=23 \times 40= 920 \text{ w}$**

**Circuit4**

- 8 lampes de 120 dans les terrasses-balcons.
- 24 lampes dans les dégagements

**$P= 32 \times 40=1280 \text{ w}$**

**Puissance totale R+1 , R+2, R+3 =  $3000 \times 3 = 9000 \text{ W}$**

**c) R+4 ; R+5 ; R+6 ; R+7**

**Circuit1**

Il est composé de :

- 22 lampes de 120 dans les chambres;
- 6 lampes de 120 dans le Hall ;

**$P=28 \times 40= 1120 \text{ w}$**

**Circuit2**

- 22 lampes de 60 dans les douches;
- 8 lampes de 60 dans le WC hommes et femmes.

**$P=30 \times 20=600 \text{ w}$**

**Circuit3**

- 8 lampes de 120 dans les vestibules.
- 6 lampes à la cuisine;
- 2 dans le magasin

**$P=16 \times 40= 640 \text{ w}$**

**Circuit 4**

- 8 lampes de 120 dans les terrasses-balcons.
- 24 lampes dans les dégagements

$$P = 32 \times 40 = 1280 \text{ W}$$

$$\text{Puissance totale R+4, R+5, R+6, R+7} = 3640 \times 4 = 14\,560 \text{ W}$$

Ainsi la puissance totale du circuit lumineux des différents niveaux donne :

$$P = 3360 + 9000 + 14560 = 26\,920 \text{ W}$$

## **2-Circuits brasseurs d'air**

### **RDC**

#### **Circuit1**

- 18 brasseurs d'air dans les boutiques;
- 3 brasseurs d'air à l'accueil et sécurité;

$$P = 21 \times 120 = 2520 \text{ W}$$

#### **Circuit2**

- 12 brasseurs d'air dans les halls, les bureaux, les toilettes;

$$P = 12 \times 120 = 1440 \text{ W}$$

Totale puissance brasseurs d'air  $P = 3960 \text{ W}$

Ainsi la puissance totale du circuit brasseur d'air des différents niveaux donne :

$$P = 27720 \text{ W}$$

Les puissances des autres circuits sont données directement, leur procédure de calcul est la même que celle de circuit lumineux et ventilation.

## **3-Circuits prise force**

Les prises forces sont placées dans ces différentes pièces parce qu'elles sont susceptibles de recevoir des machines des grandes puissances.

### **a) RDC**

#### **Circuit1**

- 12 prises force au niveau RDC

$$P = 12 \times 7296 = 87552 \text{ W}$$

### **b) R+1 à R+7**

#### **Circuit1**

- 10 prises force

$$P = 10 \times 7296 \times 7 = 510720 \text{ W}$$

Totale puissance brasseurs d'air  $P = 43776 \text{ W}$

125 prises simples en RDC soit  $P = 125 \times 2816 = 35200 \text{ W}$

152 prises simples en R+1 à R+7 soit  $P = 152 \times 2816 \times 7 = 299622 \text{ W}$

Les différentes puissances pour des raisons d'économie sont affectées de coefficient d'utilisation  $K_u = 0,2$  pour toutes les prises de courant. Pour les autres récepteurs on prendra  $K_u = 1$ .

Le coefficient de simultanéité est  $k_s = \left(0,1 + \frac{0,9}{N}\right)$ , pour les prises de courant ou  $N$  représente le nombre de prises sur chaque départ.  $K_s = 1$  pour les autres appareils.

D'où la puissance totale du bâtiment est de : **PT= 456 019 W**

-Calcul de la puissance totale majorée de 10% pour des prévisions ou extensions éventuelles.

Par définition :  $P_m = P_{utile} \times 1,1 \longrightarrow P_m = 456019 \times 1,1 = 501\,621\,9 \text{ W} \longrightarrow \mathbf{P_m = 501\,621\,9 \text{ W}}$

-Calcul de la puissance apparente totale

Par définition on a :  $S = P_m / \cos\varphi$

$$S = \frac{501621,9}{0,8} = 627026,125 \longrightarrow \mathbf{S = 627.026 \text{ KVA}}$$

-Calcul de l'intensité totale du courant

$$\text{Par définition : } I = \frac{P_{app}}{\sqrt{3} \times U} \longrightarrow I = \frac{627026}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,8} = 1191 \text{ A} \longrightarrow \mathbf{I = 1191 \text{ A}}$$

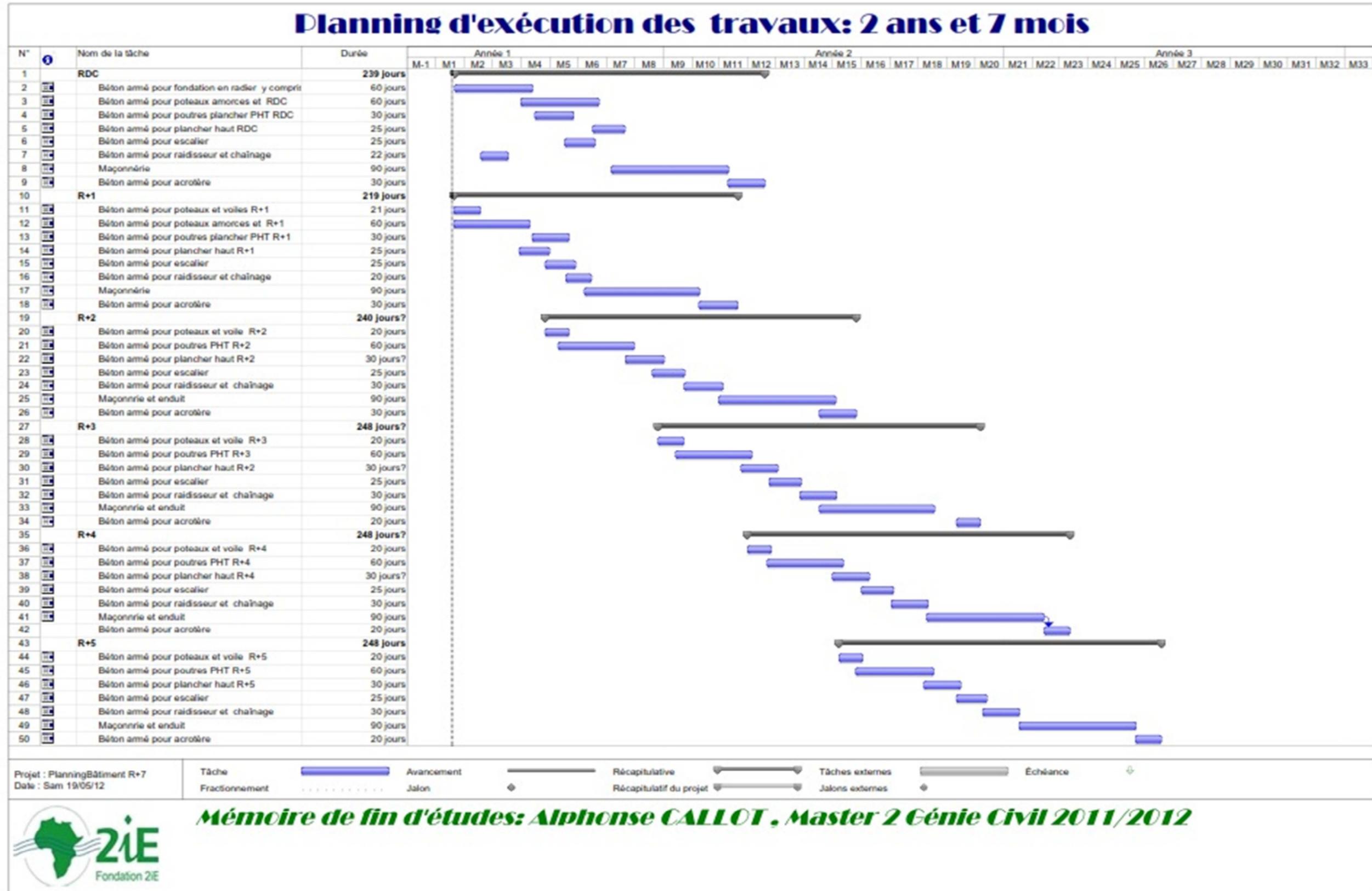
Le même calcul est fait pour déterminer la puissance et l'intensité pour les différents appareils.

## ANNEXE 4 : DEVIS ESTIMATIFS

PROJET DE CONSTRUCTION D'UN BATIMENT R+7 HOTEL ADMINISTRATIF					
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF					
N°	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	Qtité	P. U	P.T
<b>I- TRAVAUX PREPARATOIRES</b>					
I.1	Installation et replis du chantier	ff	1	2 000 000	2 000 000
I.2	Préparation et nettoyage du terrain	m²	1047,61	500	523 807
I.3	Implantation de l'ouvrage	ff	1	500 000	500 000
<b>Sous-total I</b>					<b>3 023 807</b>
<b>II-TERRASSEMENT</b>					
II.1	Fouilles en pleine masse pour le radier général	m3	1 504,1	3 000	4 512 243
II.3	Remblais mis en dépôt	m3	221,9	4 500	998 730
<b>Sous-total II</b>					<b>5 510 973</b>
<b>III-MACONNERIE ET BETON</b>					
III.1	Béton de propreté dosé à 150kg/m3, ep = 10 cm	m3	111,4	180 000	20 054 412
III.2	Béton armé pour le radier dosé à 350kg/m3	m3	668,5	200 000	133 696 080
III.3	Béton armé pour poteau amorce fondation à 350kg/m3, (80 x 80)	m3	8,5	200 000	1 702 400
III.4	Béton armé pour poteau amorce fondation à 350kg/m3, (85x 85)	m3	13,7	200 000	2 745 500
III.5	Béton armé pour poteau amorce fondation à 350kg/m3, (50 x 120)	m3	4,6	200 000	912 000
III.6	Béton armé pour poteau elevation à 350kg/m3, (80 x 80)	m3	286,7	200 000	57 344 000
III.7	Béton armé pour poteau elevation à 350kg/m3, (85 x 85)	m3	462,4	200 000	92 480 000
III.8	Béton armé pour poteau elevation à 350kg/m3, (50 x 120)	m3	153,6	200 000	30 720 000
III.9	Béton armé pour poutre dosé à 350kg/m3, (30x40ht)	m3	297,1	200 000	59 425 920
III.10	Béton armé pour poutre dosé à 350kg/m3, (30x75ht)	m3	58,3	200 000	11 664 000
III.11	Béton armé pour poutre dosé à 350kg/m3, (30x30ht)	m3	21,7	200 000	4 341 600
III.12	Béton armé pour poutrelle dosé à 350kg/m3, ep = 20+5 cm	m3	213,2	200 000	42 647 040
III.13	Béton armé pour chaînage fenêtres et portes dosé à 350kg/m3	m3	105,8	200 000	21 166 080
III.14	Plancher dalle de compression dosé à 350kg/m3, ep = 5 cm	m3	471,4	200 000	94 285 260
III.16	Béton armé pour les voiles périphériques et les escaliers	m3	363,3	200 000	72 664 320
III.17	Béton armé pour escalier principal	m3	42,6	200 000	8 511 050
III.18	Béton armé pour escalier de secours	m3	14,0	200 000	2 800 000
III.19	Mur elevation en agglomérés pleins de 20x15x40 cm	m²	9 524,7	10 000	95 247 360
<b>Sous-total III</b>					<b>752 407 022</b>
<b>IV-ETANCHEITE</b>					
IV.1	Film polyane	m²	142,581	2 000	285 163
IV.2	Forme de pente en béton leger (5 cm)	m3	52,3807	180 000	9 428 526
IV.3	Portection en gravier (2 cm)	m²	20,9523	15 000	314 284
<b>Sous-total IV</b>					<b>10 027 973</b>
<b>V-ENDUITS ET REVETEMENTS</b>					
V.1	Enduit exterieur dosé a 400kg/m3	m²	9524,74	3 000	28 574 208
V.2	Enduit interieur dosé à 400kg/m3	m²	9 524,7	3 000	28 574 208
V.3	Enduit sous plafond dosé à 400kg/m3	m²	1047,61	3 000	3 142 842
V.4	Mortier de pose de 2cm	m²	706,65	4 500	3 179 925
V.5	Revetements en grés ceramique de 30 x 30cm dans les toilettes	m²	1107,32	35 000	38 756 200
V.6	Revetement en faience de 10 x 10 cm	m²	205	35 000	7 175 000
<b>Sous-total V</b>					<b>109 402 383</b>
<b>VI-MENUISERIE-ALU-METALLIQUE</b>					
VI.1	<b>Porte interieure isoplane en alu de :</b>				
VI.2	80 x 220 cm	U	151	40 000	6 040 000
VI.3	70 x 220 cm	U	55	40 000	2 200 000
VI.4	155 x 220 cm	U	15	85 000	1 275 000
VI.5	<b>Baies vitrées de :</b>				
VI.6	90 x 120 cm	U	351	30000	10530000
VI.7	120 x 120 cm	U	256	45000	11520000
VI.8	Cloisons vitrées	ml	96,89	250 000	24 222 500
<b>Sous-total VI</b>					<b>55 787 500</b>

<b>VII-ELECTRICITE</b>					
VII.1	Installation des fileries	ff	1	350 000	350 000
VII.2	Tableau general basse tension (TGBT)	ff	1	250 000	250 000
VII.3	Tableau divisionnaire	ff	5	300 000	1 500 000
VII.4	Mise à la terre des installations	ff	1	10 000	10 000
VII.5	Reglette fluo 120cm	U	3051	20 000	61 020 000
VII.6	Reglette fluo 60cm	U	550	10 000	5 500 000
VII.7	Hublot plafonnier	U	88	7 500	660 000
VII.8	Prise de courant	U	1159	2 000	2 318 000
VII.9	Interrupteur SA encastré	U	2000	2 000	4 000 000
VII.10	Interrupteur V V encastré	U	500	2 500	1 250 000
VII.11	Brasseur d'air + rheostat	U	230	50 000	11 500 000
VII.12	Split de 1,5 cv	U	112	1 500 000	168 000 000
VII.13	Split de 2 cv	U	80	1 850 000	148 000 000
VII.14	Raccordement telephonique depuis standard	ff	1	100 000	100 000
VII.15	Canalisation des distribution telephonique	ff	1	50 000	50 000
VII.16	Prise de telephone	U	4	12 000	48 000
VII.17	Extincteur de type CO2(6KG)	U	60	350 000	21 000 000
<b>Sous-total VII</b>					<b>425 556 000</b>
<b>VIII-PLOMBERIE SANITAIRE</b>					
VIII.1	Raccordement en eau (depuis arrivé ONEA)	ff	1	500 000	500 000
VIII.2	Canalisation de distribution d'eau	ff	1	150 000	150 000
VIII.3	WC à l'anglaise	U	192	150 000	28 800 000
VIII.4	Tuyauteries d'evacuation en eau vanne PVC Ø120mm	ens	1	75 000	75 000
VIII.5	Tuyauteries d'evacuation en eau usée PVC Ø70mm	ens	1	75 000	75 000
VIII.6	Descente d'eau pluvial PVC Ø100	ens	1	30 000	30 000
VIII.7	Baignoire	U	30	2 000 000	60 000 000
VIII.8	Porte-papier hygienique	U	192	9 000	1 728 000
VIII.9	Porte-savon	U	60	9 000	540 000
VIII.10	porte-serviette	U	60	9 000	540 000
VIII.11	lavabo simple	U	60	125 000	7 500 000
VIII.12	siphon de sol	U	30	7 500	225 000
VIII.13	Glace lavabo de (40x60cm)	U	60	35 000	2 100 000
<b>Sous-total VIII</b>					<b>101 075 000</b>
<b>IX-PEINTURE</b>					
IX.1	Peinture à eau lessivage (FOM) en 3 couches	m²	9524,74	2 000	19 049 472
IX.2	Peniture vinylique sur la maçonnerie	m²	9524,74	2 250	21 430 656
IX.3	Peniture glycerol sur la menuiserie	m²	5714,84	2 500	14 287 104
<b>Sous-total IX</b>					<b>54 767 232</b>
<b>X-VOIES ET RESEAUX DIVERS</b>					
X.1	Aménagement de la cour	ff	1	2 000 000	2 000 000
X.2	Nombre des regards	U	6	100 000	600 000
X.3	Nombre des fosses sceptique	U	2	300 000	600 000
X.4	Puits filtrant de 2m de diamètre et 8m de profondeur	U	2	1 500 000	3 000 000
<b>Sous-total X</b>					<b>6 200 000</b>
<b>TOTAL HORS TAXE</b>					<b>1 523 757 890</b>
<b>Imprévus de 10%</b>					<b>152 375 789</b>
<b>TVA 18%</b>					<b>274 276 420</b>
<b>TOTAL TTC</b>					<b>1 950 410 099</b>
<b>Arrêté le présent dévis à la somme de UN MILLIARD NEUF CENTS CINQUANTE MILLIONS QUATRES CENTS DIX MILLE CINQ CENTS F CFA</b>					
Fait à Ouagadougou, le 14 Mai 2012					

ANNEXE 5 : PLANNING GENERALE D'EXECUTION DES TRAVAUX





**ANNEXE 6 : PLAN COMPLET D'EXECUTION**