



**PROJET DE CONSTRUCTION D'UN HOTEL R+5 DANS LA VILLE
DE N'DJAMENA**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU
MASTER EN EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT

OPTION : **GENIE- CIVIL (Routes Et Ouvrage D'art)**

Présenté et soutenu publiquement le 21 juillet 2015 par

ADOUM Younous

Travaux dirigés par : Dr. Ismaïla GUEYE,
Chef de département de génie-civil
Ing AHMAT SORTO Ramadan,

Directeur Général du bureau BECETP

Jury d'évaluation du stage :

Président : **Dr. MESSAN Adamah**

Membres et correcteurs : **SIMAL Amadou**
OVONO Célestin

Promotion [2014/2015]

DEDICACE

A mon affectueuse mère, FATIME AHMAT HISSEIN, celle qui a sacrifié son temps précieux pour mon éducation. Trouves ici la légitime satisfaction morale et ma profonde reconnaissance pour les multiples peines que tu as endurées.

REMERCIEMENT

Ce travail ne saurait être une œuvre individuelle. Plusieurs personnes, de loin ou de près ont contribué à sa concrétisation. J'exprime mes profondes gratitudees :

A l'ensemble du corps professoral de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de L'Environnement (2IE) pour tous les efforts consentis à faire de moi un produit utile pour la Société d'aujourd'hui et de demain, en particulier à mes encadreurs de mémoire :

- **Dr. Ismaila GUEYE**, enseignant et responsable des Masters Génie Civil à 2ie,
- **Ingénieur AHMAT SORTO Ramadan**, Directeur General du bureau BECETP.

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

RESUME

L'objectif de cette étude est de faire sortir un dossier d'exécution pour la construction d'un hôtel à N'Djamena.

Après la présentation du site de l'implantation de l'ouvrage, une évaluation des charges (permanentes et d'exploitation) et un pré dimensionnement sont faits sur tous les éléments de la structure, le pré dimensionnement a permis connaître les dimension géométrique des éléments. Ces deux étapes, ont permis de faire un dimensionnement des ossatures de tous les éléments porteurs on rappelle que les calculs sont mené suivant les règles BAEL91 modi 99.

Une fois les armatures de la superstructure sont connues, il est question de faire une étude en infrastructure, sur ce fait une analyse sur les éléments de la fondation ce qui conduit au dimensionnement d'une poutre raidisseur, pour la stabilité des semelles excentres ou au droit des joints suivant les prescriptions du DTU 13.12.

Par la suite , une étude d'un assainissement autonome du projet est fait qui nous permis de déterminer les dimension d'une fosse septique qui comporte deux compartiments et un générateur de **1250 kVA** est prévue au cas de délestage intempestive.

Pour avoir une idée sur le cout du projet une étude sur le devis estimatif en utilisant les prix unitaires donner par le bordereau 2011 du ministère des infrastructure et des transports , le cout total monte a un milliard cent quatre-vingt-huit millions cinq cent trente-neuf trois cent trente franc CFA tout taxe comprise(**1 188 539 330 Fcfa**).

Mot clé :

- 1- Dimensionnement ;
- 2- Impact ;
- 3- Ossature.

ABSTRACT

After the presentation of the site of the implantation of the work, an assessment of the loads (permanentes and of exploitation) and a meadow dimensionality is made on all elements of the structure, the meadow dimensionality allowed to know the size geometric of the elements. These two stages, permitted to make a dimensionality of the frames of all elements carriers one recalls that the calculations are led according to the BAEL91 rules modi 99.

Once the armatures of the superstructure are known, he/it is question to make a survey in infrastructure, on this fact an analysis on the elements of the foundation what drives to the dimensionement of a beam raidisseur, for the stability of the eccentric soles or to the right of the joints according to the prescriptions of the DTU 13.12.

Thereafter, a survey of an autonomous purification of the project is made that permitted us to determine the size of a septic tank that includes two compartments and a generator of 1250 kVA is foreseen to the case of inopportune diversion.

To have an idea on the cost of the project a survey on the approximate estimate while using the unit prices to give by the slip 2011 of the ministry of the infrastructure and transportation, the total cost goes up has one billion hundred eighty-eight millions five hundred thirty-nine three hundred thirty CFA franc all taxes comprise(1 188 539 330 Fcfas).

Key word:

- 1 - dimensionality;
- 2 - impact;
- 3 - frame.

LISTE DES ABREVIATIONS

G : charge permanente

Q : charge d'exploitation

f_{cj} : résistance caractéristique a **j** jour

E_{ij} : module de de formation longitudinal du béton

ν : Déformation transversale du béton

f_e : limite d'élasticité de l'acier

Géométrique

l_x : la plus grande porte ;

l_y : la plus petite porte ;

h : hauteur de la poutre ;

h_t : hauteur de la dalle ;

h_0 : épaisseur de la dalle de compression ;

b_0 : base de la poutrelle ;

E : émargement ;

L_v : longueur de la volé ;

L_p : longueur de la pailleasse ;

E_p : épaisseur de la pailleasse ;

N_u : effort normal ;

B_r : section réduite du béton ;

A_{sc} : section d'acier comprimé ;

γ_b : coefficient du béton

. λ : élancement ;

L_f : longueur de flambement ;

S : surface de répartition ;

A_{sth} : section théorique des aciers ;

A_{smax} : section maximal d'acier ;

A_{min} : section minimal d'acier ;

A_{sc} : section de calcul (compression) ;

$\overline{\sigma}_{bc}$: Contrainte limite de béton ;

\emptyset_t : diamètre des acier transversaux ;

\emptyset_t : diamètre des aciers longitudinaux;

L_r : longueur de recouvrement ;

S_t : espacement des aciers transversaux ;

M_w : moment sur appui de gauche ;

M_e : moment sur appui de droite ;

M_t : moment maximal dans la travée ;

M_{iso} : moment isostatique de référence ;

M_{iso} : moment isostatique;

M_t = moment en travée;

V_u : effort tranchant ;

α_u : profondeur réduite de l'axe neutre ;

Z_b : bras levier ;

A_{st} : section tendue (flexion) ;

μ_{bu} : réduit agissant ;

LISTE DES SIGLE

BAEL : Béton Armé aux Etats Limite

PGES : Plan de Gestion Environnementale et Sociale

2IE : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et d'Environnement

BECETP : Bureau d'Etude de Construction d'Entretien des Travaux Publics

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	i
Remerciement	ii
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
Liste des abréviations.....	v
Liste des tableaux.....	4
LISTE DES FIGURES.....	5
Introduction	6
Chapitre I : PRESENTATION DE L'OUVRAGE ET LES HYPOTHESES DE CALCUL.....	7
I. Présentation du projet et de son site.....	7
I.1- Présentation.....	7
I.2- Site du projet.....	7
II. Norme et hypothese	8
II.1- Contrainte et déformation selon les états limites.....	10
Chapitre II : EVALUATION DES CHARGES ET PRE DIMMENSIONNEMENT	11
I. EVALUATION DES CHARGES	11
I. Charges permanentes	11
I.1- Charges d'exploitations	11
II. Pré dimensionnement des éléments principaux	11
II.1- Dalles	11
II.2- Poutres.....	13
II.3- Longrines	14
II.4- Escaliers	14
II.5- Poteaux.....	15
Chapitre III : DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTs PORTEURs	18
I. les poteaux.....	18
I.1- Poteaux central (P ₄) au 6e niveau (fil I ; axe 2).....	18
II. les poutres.....	18
III.1- Poutre secondaire (Poutre fil G axe 1 ; 2 ; 3 ;...)	18

III. Les escaliers	22
III.1- Evaluation des charges.....	22
III.2- Dimensionnement des escaliers rectangulaire.....	23
Chapitre IV : ANALYSE ET DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS EN INFRASTRUCTURES.....	25
I. Les fondations	25
I.1- Semelle sous le poteau central.....	25
Chapitre V : plomberie- SANITAIRES ET ELECTRICITE	28
I. electricite	28
I.1- Matériel installé	28
II.1- Alimentation en eau du bâtiment.....	30
II.2- Dimensionnement de la fosse septique	31
II.3- Puisard.....	32
Chapitre VI : ETUDES D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL	33
I. Définition.....	33
II. Présentation du projet.....	33
III. Identification des effets de l'environnement.....	33
IV. Mesure d'atténuation de ses impacts	34
Chapitre VII : DEVIS estimatif ET PLANNING d'	36
I. devis estimatif et quantitatif.....	36
II. Planning d'exécution	36
Conclusion.....	38
Bibliographie.....	39
ANNEXE I : Tableaux ulistratifs.....	1
annexe ii : note des calculs.....	20
1. Descente des charges sur poteau central.....	21
2. Exemple de calcul détaille du poteau (p ₄) au 6 ^e niveau	26
3. Détail de calcul pour la poutre secondaire (Poutre fil G axe 1 ; 2 ; 3 ;...)..	29
4. Dimensionnement des dalles.....	40
5. Semelle au droit de joint (fil E ; axe 14).....	45
6. Dimensionnement de la longrine de la longrine de redressement.....	47
7. Détail de dimensionnement de la fosse septique.....	50

8. Détail de calcul de Puisard	50
9. escalier.....	51
III.2- Calcul de la poutre palière	54
Annexe iii : dossier d'exécution.....	57

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: les normes utilisés	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 2: récapitulatif de la descente de la charge sur poteau central	17
Tableau 3: récapitulatif calcul des armatures.....	18
Tableau 4: Récapitulatif des moments en travée et sur appui à l'ELU	20
Tableau 5: Récapitulatif des moments en travée et sur appui à l'ELU	20
Tableau 6: Récapitulatif des armatures de la poutre principale	22
Tableau 7: Matériel installer	28
Tableau 8: Bilan des puissances	29
Tableau 9: Récapitulatif debit par niveau	31
Tableau 10: Récapitulatif des devis par niveau	36
Tableau 11: Pièces bloc A.....	2
Tableau 12: Tableau illustratif bloc B	2
Tableau 13: Dosage des bétons.....	4
Tableau 14: Charges du plancher terrasse	4
Tableau 15:Charges pour tablier courant	5
Tableau 16: Charges pour plancher RDC	5
Tableau 17: Charge du palier	5
Tableau 18: Charge de la paillasse.....	6
Tableau 19: Charge de la maçonnerie.....	6
Tableau 20: Récapitulatif poteau d'angle	6
Tableau 21: Récapitulatif du poteau d'angle	7
Tableau 22: Récapitulatif des armature du poteau d'angle	7
Tableau 23: Récapitulatif d'armature du poteau de rive	7
Tableau 24: Récapitulatif de calcul des débits de base.....	8
Tableau 25: Impact	8
Tableau 26: Devis estimatif	10

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Perspectives du bâtiment	7
Figure 2: présentation du site	8
Figure 3: Coupes sur la dalle à corps creux	12
Figure 4 : Modélisation escalier	24
Figure 5: ferraillage de l'escalier	24
Figure 6: Schéma unifilaire général	30
Figure 7: fosse septique a deux compartiments	32
Figure 8: Planning de GANTT	37

INTRODUCTION

Le développement d'un pays se fait sentir que par l'existence d'un nombre important d'infrastructures (bâtiments ; routes ; autoroutes ;.....) qui ne peuvent voir le jour que par le travail des cadres compétents formés pour ce domaine.

Le TCHAD, l'un de pays du tiers monde ne se verra changer que par la multiplication de ses infrastructures. Cette multiplication se fera tant du côté des infrastructures que du côté des cadres compétents. C'est dans ce bût, que l'institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement (**2iE**) a eu le souci de créer une filière de génie-civil pour former des ingénieurs, qui à la fin de leurs formations de master 2 pour l'obtention du titre d'ingénieur, devront passes un stage de quatre mois dans une structure et présenter un mémoire de fin d'étude.

En suivant ces règles qu'un stage de quatre (4) mois est accordé par le bureau **BECETP** en vue d'élaborer un dossier d'exécution pour la construction du présent projet intituler « **Projet de construction d'un hôtel R+5 dans la ville de N'Djamena** ».

Une structure doit être conçue et calculer de telle manière qu'elle reste apte à l'utilisation pour laquelle elle a été prévue, compte tenu de sa durée de vie envisagée et de son coût. La présente étude consiste à concevoir, modéliser et dimensionner une structure et des fondations en béton armé d'un immeuble composé de cinq (5) niveaux. Le problème posé est de concevoir une structure respectant les règles BAEL91 modifié 99. Cette structure devrait répondre aux critères de fonctionnalité et d'intégration architecturale. Pour répondre aux exigences énoncées ci-dessus, nous subdivisons l'étude en sept chapitres que nous allons les développés par la suite.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'OUVRAGE ET LES HYPOTHESES DE CALCUL

I. PRESENTATION DU PROJET ET DE SON SITE

I.1- Présentation

Ce projet de fin d'étude consiste à étudier un bâtiment à usage commercial (hôtel). Le bâtiment regroupe deux blocs dont le premier appelé «bloc A» comporte deux niveaux avec une toiture en tôle et le second appelé «bloc B», est à six niveaux avec une terrasse en dalle non accessible. L'ossature de ce bâtiment est réalisée en béton armé, tous les planchers de différents niveaux sont à corps creux excepté le plancher bas du rez-de-chaussée et les balcons qui sont en dalle pleine, la maçonnerie est en brique parpaing de 20cm×20cm×40 cm.

Caractéristique géométrique du bâtiment sont les suivantes :

- ✓ longueur totale : 40,60 m ;
- ✓ largeur totale : 33,54 m ;
- ✓ hauteur totale : 22,70 m ;
- ✓ hauteur d'un niveau : 3,00 m

Pour plus des informations sur les différentes superficies des pièces par niveau voir (**Annexe I, Tableau 10et11, Pg 3-4**)



Figure 1: Perspectives du bâtiment

I.2- Site du projet

Ce projet de construction sera implanté sur un terrain vierge au quartier NDJARI dans le 5^e arrondissement de la ville de N'DJAMENA. Il est situé à 980 m au sud du palais de 15 janvier sur la voie de contournement qui relie le rondpoint du palais de 15 janvier et le marché de DEMBE, non loin de la gare routière d'ABECHE.



Figure 2: présentation du site

II. NORME ET HYPOTHESE

a) Le béton

Le béton est un matériau hétérogène formé d'un mélange de plusieurs constituants dont les granulats (sable, gravier), le ciment, l'eau et éventuellement des adjuvants en faible quantité pour changer ses propriétés chimiques.

Tous ces constituants sont dosés dans des proportions convenables pour obtenir une consistance fiable et les quantités requises selon la destination de son utilisation pour plus de détail voir (**Annexe I, tableau 11-12, Pg 2-3**). De ce dosage découlent les différentes caractéristiques du béton suivant :

Résistance caractéristique du béton

Un béton dans les cas est défini par la valeur de sa résistance caractéristique à l'âge de 28 jours, qui est mesuré par compression du béton dans un cylindre de révolution de diamètre 16cm et d'une hauteur de 32cm.

Cette résistance caractéristique est notée f_{c28} et quand la charge est appliquée avant 28 jours elle devient f_{cj} où j correspond au nombre des jours considérés. Cette résistance est fonction du nombre des jours par les relations suivantes :

$$\text{Pour } f_{c28} \leq 40\text{MPa} ; f_{cj} = \frac{j}{4,76+8,83j} \times f_{c28}$$

$$\color{red}{\oplus} \text{ Pour } f_{c28} \geq 40\text{MP}_a ; f_{cj} = \frac{j}{1,4+0,95j} \times f_{c28}$$

Dans le cas où la charge est appliquée après 60 jours on a :

$$F_{cj} = 1,10 \cdot f_{c28}$$

La résistance caractéristique du béton à la traction en j jour (notée f_{tj}) est conventionnellement définie à partir de la résistance caractéristique à la compression par la relation suivante :

$$F_{tj} = 0,6 + 0,06 \cdot f_{c28} \quad \text{cette relation n'est valable que pour } f_{cj} \leq 60\text{MP}_a$$

$$\text{Pour } f_{cj} \geq 60\text{MP}_a, \text{ on a : } f_{tj} = 0,275 \cdot f_{cj}^{2/3}$$

Déformation longitudinale du béton

Sous l'application d'un effort normal d'une durée de 24h on admet à défaut de mesure que, l'âge de j jour le module de déformation longitudinal instantané du béton noté E_{ij} défini par la relation suivante :

$$E_{ij} = 11000 \sqrt[3]{f_{cj}} \quad (\text{MPa})$$

NB : cette formule n'est valable que pour le béton habituellement durcissant au chantier.

Lorsque l'application des charges est de longue durée, les phénomènes de retrait et du fluage entre dans les calculs et s'additionnent sans atténuation. Cela conduit au module d'élasticité différé du béton à j jour donné par la relation suivante :

$$E_{vj} = 3700 \sqrt[3]{f_{cj}} = \frac{1}{3} E_{ij}$$

Déformation transversale du béton

La déformation transversale se traduit par le coefficient de poisson donné par la relation suivante :

$$\nu = \frac{\frac{\Delta d}{d}}{\frac{\Delta l}{l_0}}$$

Avec : $\frac{\Delta d}{d}$ = déformation ou allongement de section transversale ;

$\frac{\Delta l}{l_0}$ = déformation ou allongement de la section longitudinale.

Le coefficient de poisson est pris égal à :

- 0,20 pour le calcul des déformations (calcul au Etat Limite de Service : béton non fissuré) ;
- Zéro (0) pour le calcul des sollicitations (calcul au Etat Limite Ultime : béton fissuré)

b) L'acier

L'acier est issu de la fusion des minerais mélangés à la coke dans le haut fourneau en présence de l'air et sous l'effet de la chaleur. Ce mélange est réduit à l'état composé **fer-carbone**. Dans cette composition lorsque le pourcentage du carbone est compris entre 0,2 et 2,1%, on obtient l'acier.

Les aciers sont généralement utilisés dans les éléments porteurs pour reprendre les efforts de traction, limiter les fissures dans les éléments fléchis et tendus, reprendre les efforts de compression, limiter le phénomène de flambement dans les éléments comprimés.

L'acier est caractérisé par :

- son module d'élasticité longitudinal pris par convention égal à :
 $E = 200\,000 \text{ MPa}$;
- sa limite d'élasticité notée f_e .

Les différents types d'aciers utilisés dans les ouvrages en béton armé son :

- acier rond lisse ou acier doux de limite d'élasticité $f_e = 215$ ou 235 MPa .
- acier à haute adhérence de limite d'élasticité $f_e = 100$ ou 500 MPa
- les treillis soudés qui sont des grilles assemblés au point de croisement par soudure électrique, de limite d'élasticité $f_e = 500 \text{ MPa}$.

Pour le cas de notre projet, nous utilisons les aciers à haute adhérence (HA) de module d'élasticité : $f_e E 400 \text{ MPa}$.

II.1- Contrainte et déformation selon les états limites

Dans le domaine de construction, un état limite est celui qui satisfait strictement aux conditions (de stabilité, de durabilité, de déformation admissible) prévues sous l'effet des actions (forces, moments, ...) qui agissent sur la structure. Nous distinguons deux états limite à s'avoir :

- ▶ Etat limite ultime, Qui est base selon le BAEL sur les hypothèses de calcul suivant :

H₁ : les sections planes avant déformation restent planes après déformation ;

H₂ : pas de glissement relatif entre les armatures et le béton en dehors du voisinage immédiat de fissure ;

H₃ : la résistance du béton à la traction est négligée ;

H₄ : les diagrammes de contrainte de déformation sont ci-après :

- Pour le béton en compression,
- Pour l'acier en traction.

- ▶ Etat limite de service, aussi base selon BAEL sur les hypothèses calcul suivant :

H₁ : les hypothèses de calcul aux états limite ultime ;

H₂ : le béton et l'acier sont considérées comme des matériaux linéairement élastique (loi de HOOKE);

H₃ : par convention des rapports « **n** » du module d'élasticité longitudinal de l'acier et celui du béton à pour valeur **15** ($\frac{E_s}{E_b} = n = 15$).

CHAPITRE II : EVALUATION DES CHARGES ET PRE DIMENSIONNEMENT

I. EVALUATION DES CHARGES

Les charges réglementaires sont généralement de deux types :

- ✚ Les charges permanentes qui représentent le poids propre de l'élément ou poids mort ; il s'agit de considérer le poids réel des éléments mis en œuvre pour construire l'ouvrage. Ces charges sont symbolisées par « G »
- ✚ Les charges d'exploitation sont strictement liées à l'usage de l'ouvrage et sont symbolisées par « Q ».

I. Charges permanentes

La règle BAEL91 modifié 99 donne des valeurs indicatives pour les charges permanentes de chaque matériau :

Poids volumique

Béton armé.....	25KN /m ³ ;
Brique creuse :	
20x20x40.....	14 KN /m ³ ;
15x20x40	14 KN /m ³ ;
Mortier	22 KN /m ³ ;
Carrelage granitoux.....	22 KN /m ³ ;
Gravillon de protection.....	18 KN /m ³ ;
Etanchéité multicouche.....	0,12 KN /m ² ;
Plancher à corps creux (20 + 4)	3,30 KN /m ² ;

Ainsi donc nous ferons un récapitulatif des charges permanentes sur les éléments (dalle, escalier,...) dans les tableaux voir (**annexe I tableau 14 -18, Pg 4-5**)

I.1- Charges d'exploitations

Plancher non accessible	1 KN /m ² ;
Plancher accessible	1,5KN /m ² ;
Escalier.....	2,5KN /m ² .

II. PRE DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS PRINCIPAUX

L'opération du pré-dimensionnement se fait sur la base des prescriptions du règle de BAEL91 modifié 99. Cette opération nous donne un ordre de grandeur de départ pour chaque élément structural du bâtiment.

II.1- Dalles

Le pré-dimensionnement des dalles se fait pour le plus grand panneau reposant sur quatre appuis et selon la valeur de α .

La valeur de α n'est rien d'autre que le quotient de la petite portée notée l_x et sur la grande portée notée l_y .

$$\alpha = \frac{l_x}{l_y} \quad \text{si} \quad \left\{ \begin{array}{l} \alpha \leq 0,4 ; \text{ la dalle porte un seul sens ;} \\ \alpha \geq 0,4 ; \text{ la dalle porte dans les deux sens} \end{array} \right.$$

a) Dalle du sol

Le panneau le plus chargé pour notre projet a pour dimensions : $l_x = 5,35\text{m}$ $l_y = 6,40\text{m}$

$$\alpha = \frac{l_x}{l_y} = \frac{5,35}{6,40} = 0,84$$

$\alpha = 0,84 > 0,4$ Donc les charges de notre dalle se répartissent dans les deux sens, c'est une répartition triangulaire (dans le sens de la petite portée) et trapézoïdale (dans le sens de la grande portée).

Hauteur ou épaisseur

La formule suivante nous permettra de déterminer l'épaisseur de notre dalle

$$\frac{l_x}{50} \leq h \leq \frac{l_x}{40} \quad \text{avec } l_x = 535 \text{ cm}$$

$$\frac{535}{50} \leq h \leq \frac{535}{40}$$

$$10,7\text{cm} \leq h \leq 13,4 \text{ cm}$$

D'où on prend : **h = 12 cm**

b) Dalle à corps creux

La dalle à corps creux se présente comme dans le schéma suivant en considérant les mêmes dimensions que précédemment. Alors la formule suivante nous permettra de déterminer la hauteur de notre dalle :

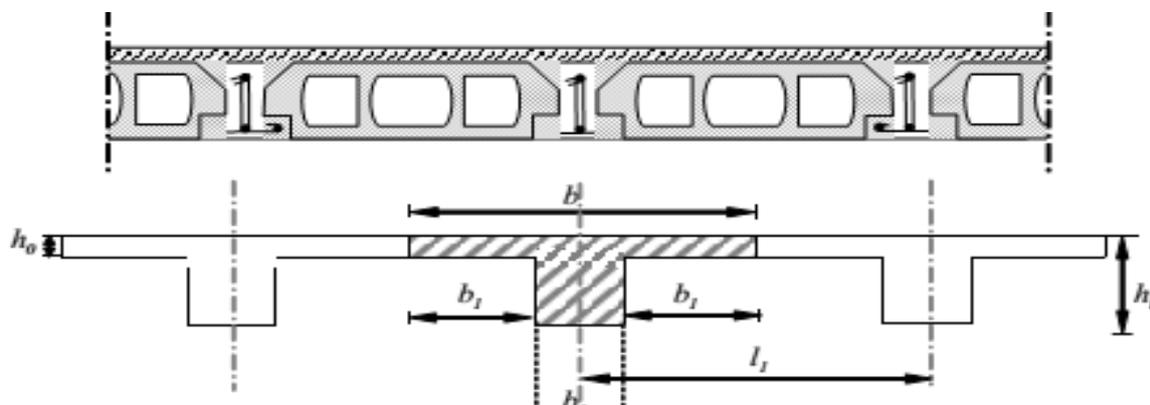


Figure 3: Coupes sur la dalle à corps creux

Hauteur ou épaisseur

$$h_t \geq \frac{l_x}{22} \quad \text{avec } h_t : \text{ la hauteur}$$

l_x : la petite portée ($L_x = 525 \text{ cm}$).

$$h_t \geq \frac{510}{22} = 24 \text{ cm}$$

Donc on prend **$h_t = 24 \text{ cm}$**

Poutrelle

$$b_1 = \min \left\{ \frac{l_x}{2} ; \frac{L_x}{10} ; 30 \text{ à } 40 \right\} \quad \text{Avec :}$$

l_x : qui représente l'inter axe standard des nervures. $l_x = 48 \text{ cm}$;

L_x = la petite portée du panneau considéré.

$$b_1 = \min \left\{ \frac{48}{2} ; \frac{510}{10} ; 30 \text{ à } 40 \right\}$$

$$b_1 = \min \{ 24 ; 51 ; 30 \text{ à } 40 \} \quad \Rightarrow \quad b_1 = 24 \text{ cm}$$

$$b = 2b_1 + b_0 \quad \text{avec :} \quad \begin{cases} b_1 = 12 \text{ cm cette valeur est standard} \\ b_0 = 60 \text{ cm} \end{cases}$$

$$b = 2 \times 24 + 12 \quad \Rightarrow \quad b = 60 \text{ cm}$$

Comme notre dalle est à corps creux d'épaisseur $h_t = 24 \text{ cm}$, alors nous prendrons notre poutrelle comme une poutre en Té de dimension suivantes : $b = 60 \text{ cm}$; $b_0 = 12 \text{ cm}$; $h_t = 24 \text{ cm}$; $h_0 = 4 \text{ cm}$.

II.2- Poutres

Dans ce projet nous avons des poutres principales suivant les fils et des poutres secondaires dans le sens des axes.

a) Poutres principales

Pour respecter les conditions admissibles de la flèche, on doit choisir la hauteur de la poutre h telle que :

$$\frac{l_{\max}}{16} \leq h \leq \frac{l_{\max}}{10} \quad \text{Avec : } l_{\max} = 640 \text{ cm}$$

$$\frac{640}{16} \leq h \leq \frac{640}{10} \quad \Rightarrow \quad 40 \text{ cm} \leq h \leq 64 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad h = 55 \text{ cm}$$

Ainsi donc la base de la poutre doit répondre à la condition suivante :

$$0,3h \leq b \leq 0,5h$$

$$0,3 \times 55 \leq b \leq 0,5 \times 55$$

$$15 \leq b \leq 27,5 \quad \Rightarrow \quad b = 25 \text{ cm}$$

Notre poutre longitudinale a pour dimension : $b \times h = 25 \text{ cm} \times 55 \text{ cm}$

b) Poutres secondaires

Par respect des conditions admissibles à la flèche on a :

$$\frac{l_{\min}}{16} \leq h \leq \frac{l_{\min}}{10} \quad \text{avec } L_{\min} = \text{ la petite portée du panneau considéré précédemment}$$

$$\frac{585}{16} \leq h \leq \frac{585}{10} \quad \Rightarrow \quad 36,56 \text{ cm} \leq h \leq 58,5 \text{ cm}$$

On prend $h = 50 \text{ cm}$

Pour la largeur de cette poutre on aura :

$$0,3h \leq b \leq 0,5h$$

$$0,3 \times 45 \leq h \leq 0,5 \times 50$$

$$13,5 \leq h \leq 25 \quad \Rightarrow b = 25 \text{ cm}$$

Donc notre poutre à pour dimensions : $b \times h = 25 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$

II.3- Longrines

Les longrines travaillent dans les mêmes conditions que les poutres et toujours par respect des conditions admissibles de la flèche, on doit choisir la hauteur h telle que :

$$\frac{l_{max}}{16} \leq h \leq \frac{l_{max}}{10} \quad \text{Avec : } l_{max} = 640 \text{ cm}$$

$$\frac{640}{16} \leq h \leq \frac{640}{10} \quad \Rightarrow 40 \text{ cm} \leq h \leq 64 \text{ cm}$$

On prend $h = 55 \text{ cm}$

La largeur b devra vérifier les conditions suivantes :

$$0,3h \leq b \leq 0,5h$$

$$0,3 \times 55 \leq b \leq 0,5 \times 55$$

$$16,5 \leq b \leq 27,5$$

Nous prenons : $b = 25 \text{ cm}$

$$\frac{h}{b} \leq 4 \quad \Rightarrow \frac{60}{25} = 2,4 < 4 \quad \text{condition vérifiée}$$

Donc notre longrine a pour dimensions : $b \times h = 25 \text{ cm} \times 55 \text{ cm}$

II.4- Escaliers

L'escalier est une partie du bâtiment, qui permet la circulation d'un niveau à un autre. Ce dernier est constitué de volée en béton armé reposant sur des poutres palière en béton armé coulé sur place.

Dans notre projet nous avons trois escaliers dont deux de forme rectangulaire (l'un principal et l'autre secondaire) et un autre de forme circulaire.

a) Escalier principal

Pour le pré dimensionnement, nous utiliserons la formule de BLONDEL, définie par la relation suivante :

Giron

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

D'où : $h = 16$ ou 18 cm ; on prend $h = 16 \text{ cm}$

g = giron ou marche de l'escalier

$$60 \text{ cm} \leq (2 \times 16) + g \leq 65 \text{ cm}$$

$$60 - 32 \leq g \leq 65 - 32$$

$$28 \text{ cm} \leq g \leq 33 \text{ cm}$$

On prend : $g = 30$ cm

Détermination du nombre des giron (g)

$$N = \frac{H}{h} \quad \text{avec} \quad \left\{ \begin{array}{l} H: \text{hauteur entre plancher (} H = 300 \text{)} \\ h: \text{hauteur de contre marche (} h = 16 \text{)} \end{array} \right\}$$

$$\text{AN: } N = \frac{300}{16} \quad \Leftrightarrow \quad N = 18,75 \approx 20 \quad \text{d'où 10 marches par volée}$$

Emargement

C'est la hauteur utile des marches qui est notée $E > 100$ cm. On prend pour notre cas : $E = 120$ cm

Longueur de la volée

$$L_v = \left(\frac{N}{2} - 1 \right) \times g$$

$$\text{AN: } L_v = \left(\frac{20}{2} - 1 \right) \times 30 \quad \Leftrightarrow \quad L_v = 270 \text{cm}$$

Longueur de la paillasse (L_p) :

$$\cos \alpha = \frac{L_v}{L_p} \quad \Leftrightarrow \quad L_p = \frac{L_v}{\cos \alpha}$$

calculons l'angle d'influence α

$$\tan \alpha = \frac{h}{g} \quad \Leftrightarrow \quad \tan \alpha = \frac{16}{30} \quad \Leftrightarrow \quad \alpha = 28,87^\circ$$

$$\text{d'où } L_p = \frac{2,70}{\cos 28,87} \quad \Leftrightarrow \quad L_p = 3,15 \text{m}$$

Epaisseur de la paillasse

L'épaisseur de la paillasse se détermine à l'aide de la formule suivante :

$$\frac{L_p}{30} \leq e_p \leq \frac{L_p}{20} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{3,15}{30} \leq e_p \leq \frac{3,15}{20} \quad \text{alors prenons } e_p = 15 \text{ cm}$$

b) Escalier secondaire

De même que l'escalier principal et en adoptant une hauteur des contre marche $h = 18$ cm, on aura :

- Le giron $g = 28$ cm
- La hauteur de contre marche $h = 18$ cm
- le nombre de marches $N = 18$
- la longueur de volée $L_v = 2,24$ m
- la longueur de la paillasse $L_p = 2,66$ m
- l'épaisseur de la paillasse $e_p = 12$ cm
- l'angle d'inclinaison $\alpha = 32,73^\circ$

II.5- Poteaux

Dans ce projet nous subdivisons les poteaux selon leurs positions dans le bâtiment, ce qui déduit la gravité de la charge qu'ils reçoivent ainsi donc nous dénombrons quatre types de poteau (poteau de rive, central, angle, droit de joint).

Le calcul de la section du béton sera fait en compression centrée. Les règles BAEL 91 modifiées 99 préconisent de prendre la section réduite en laissant 1cm de chaque cote pour tenir compte de la ségrégation du béton. L'effort normal ultime N_u agissant en tête d'un poteau doit être au plus égal à la valeur suivante :

$$N_u \leq N_{u \text{ lim}} = \alpha \left[\frac{B_r \times f_{c28}}{0,9 \times \gamma_b} + A_s \frac{f_e}{\gamma_s} \right]$$

Elles préconisent aussi de prendre la section réduite B_r :

$$B_r \geq \frac{N_u \times \beta}{\frac{f_{bu}}{0,9} + 0,85 \frac{A_s \times f_e}{B_r \times \gamma_s}}$$

D'où : B_r = section réduite du poteau ;

A_s = section d'acier comprimé prise en compte dans le calcul ;

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

f_e : limite d'élasticité de l'acier utilisé ($f_e = 400 \text{ MPa}$)

$\gamma_b = 1,5$ (coefficient de sécurité du béton) ;

β : Coefficient de correction dépendant de l'élançement mécanique λ des poteaux qui prend les valeurs :

$$\beta = 1 + 0,2 \left(\frac{\lambda}{35} \right)^2 \quad \text{avec : } \alpha = \frac{0,85}{\left[1 + 0,2 \left(\frac{\alpha}{35} \right)^2 \right]} \quad \text{si } \lambda \leq 50$$

$$\beta = \frac{0,85 \times \lambda}{1500} \quad \text{avec : } \alpha = 0,6 \left(\frac{50}{\lambda} \right) \quad \text{si } 50 < \lambda < 70$$

Un certain nombre des choix étant libre on se fixe un élançement $\lambda = 35$ et $\frac{B_r}{A_s} = 1\%$, pour rester toujours dans le domaine de la compression centrée d'où $\beta = 1,2$ alors :

$$B_r \geq \frac{N_u \times \beta}{\frac{f_{bu}}{0,9} + 0,0085 \times \frac{f_e}{\gamma_s}}$$

a) *Descente des charges sur le Poteau central le plus sollicité*

Les règles BAEL99 préconisent que la loi de dégression des charges est applicable à un bâtiment dont le nombre des niveaux est supérieur ou égal à cinq (c'est-à-dire $n \geq 5$). Alors pour notre projet nous appliquerons cette loi.

La descente des charges se fait par niveau c'est-à-dire nous obtenons les sections de poteau par niveau (**annexe II, Pg 21-25**).

Tableau 1: récapitulatif de la descente de la charge sur poteau central

Niveau	venant	G	Q	N _U	f _{bu} /0,9	f _{su}	B _r	l _f	λ	a(m)	b(m)	section
1 ^{er}	0,00	252,20	27,05	0,38	15,73	347,83	0,02	1,93	35,00	0,19	0,10	25x20
2 ^e	252,20	498,46	67,63	0,77	15,73	347,83	0,05	1,93	35,00	0,19	0,20	25x20
3 ^e	591,38	744,57	94,36	1,15	15,73	347,83	0,07	1,93	35,00	0,19	0,29	25x25
4 ^e	838,35	991,54	123,78	1,52	15,73	347,83	0,10	1,93	35,00	0,19	0,39	25x30
5 ^e	1086,18	1239,36	142,16	1,89	15,73	347,83	0,12	1,93	35,00	0,19	0,48	25x45
5 ^e	1336,59	1465,75	162,38	2,22	15,73	347,83	0,14	1,93	35,00	0,19	0,57	25x50
6 ^e	1563,83	1693,00	221,82	2,62	15,73	347,83	0,17	1,93	35,00	0,19	0,67	25x50

En utilisant les mêmes procédures de calcul pour les poteaux, qui restent nous avons fait un récapitulatif des résultats dans des tableaux voir (**annexe I, tableau 20-21, Pg 6-7**).

CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS PORTEURS

I. LES POTEAUX

I.1- Poteaux central (P_4) au 6e niveau (fil I ; axe 2)

Le calcul des poteaux ce fait en compression simple, sur ce fait un exemple de calcul détailler dans l'annexe qui concerne le poteau (p_4) au 6^e niveau (**annexe II, Pg 21-25**).

Tableau 2: récapitulatif calcul des armatures

Niveau	Section	L_f	λ	α	Nu(MN)	Br (cm ²)	Asc (cm ²)	\emptyset_1 (mm)	\emptyset_t (mm)	St (cm)
1 ^{er}	25x25	1,95	27,05	0,76	0,38	0,15	3,60	4HA12	HA6	15,00
2 ^e	25x25	1,95	27,05	0,76	0,77	0,04	7,28	4HA16	HA6	20,00
3 ^e	25x30	1,95	27,05	0,76	1,15	0,05	15,26	8HA16	HA6	20,00
4 ^e	25x35	1,95	27,05	0,76	1,52	0,08	17,31	6HA20	HA6	30,00
5 ^e	25x50	1,95	27,05	0,76	1,89	0,10	18,78	5HA20 +3HA12	HA6	30,00
6 ^e	25x50	1,95	27,05	0,76	2,22	0,11	25,38	8HA20	HA6	30,00
7 ^e	25x50	1,95	27,05	0,76	2,62	0,11	40,38	7HA25 + 3HA16	HA8	35,00

En utilisant les mêmes procédures de calcul pour les poteaux qui restent nous avons fait aussi un récapitulatif des résultats dans des tableaux voir (**annexe I, P g 25**).

II. LES POUTRES

Pour le dimensionnement des poutres et longrines le calcul serra mené de deux manières :

- **sur un logiciel** nous allons utiliser le logiciel robot RSA (Robot Structural Analysis 2012) ;
- **et Manuel** nous considérons la poutre qui a la plus grade porté et qui à évidemment un nombre de travée maximum.

III.1- Poutre secondaire (Poutre fil G axe 1 ; 2 ; 3 ;...)

c) Descente des charges sur cette poutre

Charge permanant (g) :

- Dimension de la poutre (a x b) : 25cm × 55cm
- Largeur de la reprise des charges : $l = 3,20 \text{ m} + 1,25 \text{ m} = 4,45 \text{ m}$;
- Descente des charges sur cette poutre :

- poids propre de la poutre : $0,25\text{m} \times 0,55\text{m} \times 25\text{m} = 3,44\text{KN/m}$;
- poids propre de la dalle : $4,86\text{m} \times 4,45\text{m} = 21,63\text{ KN/m}$;
- poids propre du mur : $3,24\text{m} \times 2,65\text{m} = 8,591\text{ KN/m}$;

$$\begin{aligned}\text{Total : } g_0 &= 3,44 + 21,63 + 8,591 \\ &= 33,65\text{ KN/m};\end{aligned}$$

Charge d'exploitation (q):

$$q_0 = 1,5 \times 4,70 = 7,05\text{ KN/m} ;$$

Combinaison des charges :

à l'état limite ultime (ELU) :

$$q_u = 1,35 g_0 + 1,5 q_0$$

$$q_u = 1,35 \times 33,65\text{ KN/m} + 1,5 \times 7,10\text{ KN/m}$$

$$q_u = 56\text{ KN/m}$$

à l'état limite de service (ELS) :

$$q_{\text{ser}} = g_0 + q_0$$

$$q_{\text{ser}} = 33,65 + 7,05 \Rightarrow q_{\text{ser}} = 40,70\text{ KN/m}$$

d) Calcul des sollicitations

Choix de la méthode

La règle BAEL91 propose une méthode simplifier dite méthode forfaitaire, cette méthode n'est applicable que si les quatre conditions sont remplies :

- La charge d'exploitation est dite modérée c'est-à-dire $q \leq \max(2g ; 5\text{ KN/m})$;
- Les moments d'inertie des sections transversales sont les même dans les différentes travées ;
- Les portés successives des travées sont dans un rapport compris entre : $0,8 \leq L_i/L_{i+1} \leq 1,25$;
- La fissuration est peu préjudiciable (FPP) .

Application

- la fissuration est peu préjudiciable (FPP) ;
- inertie des travées I est constante dans toutes les travées ;
- $q \leq \max(2g ; 5\text{ KN/m}) = \max(2 \times 33,65 ; 5\text{ KN/m})$

$$q \leq \max(67,30\text{ KN/m} ; 5\text{ KN/m}) \Rightarrow q = 7,10\text{ KN/m} < 67,30\text{ KN/m}$$

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{585}{500} = 1,17 \in [0,8 ; 1,25]$$

$$\frac{L_2}{L_3} = \frac{500}{479} = 1,04 \in [0,8 ; 1,25]$$

$$\frac{L_3}{L_4} = \frac{479}{535} = 0,89 \in [0,8 ; 1,25]$$

$$\frac{L_4}{L_5} = \frac{535}{500} = 1,07 \in [0,8 ; 1,25]$$

$$\frac{L5}{L6} = \frac{500}{487} = 1,02 \in [0,8 ; 1,25]$$

$$\frac{L6}{L7} = \frac{487}{250} = 1,94 \notin [0,8 ; 1,25]$$

Comme un de rapport successif des travées n'appartient pas à l'intervalle [0,8 ; 1,25] alors cette méthode n'est pas préconisée nous utilisons la méthode d'ALBERT CAQUOT pour le calcul des sollicitations.

Cette méthode nous permet de calculer le moment sur appui, le moment en travée et les efforts tranchants.

Nous résumons les résultats dans le tableau qui suit :

Tableau 3: Récapitulatif des moments en travée et sur appui à l'ELU

Appui	A	B	C	D	E	F	G	H
Moment sur appui	0	176,72	101,37	109,56	113,31	102,75	77,01	0
Travée	AB	BC	CD	DE	EF	FG	GH	
Portée	5,85	5	4,8	5,35	5	4,87	2,5	
Moment isostatique	239,57	175,01	161,29	200,37	175,01	166,03	43,75	
M_w	0	151,44	91,21	100,89	101,53	92,66	65,51	
M_e	168,54	91,21	100,89	101,53	92,66	62,54	0	
M_t	239,49	174,96	161,22	200,31	174,95	165,97	43,74	

En utilisant les mêmes méthodes de calcul en à l'état limite de service (ELS) nous avons obtenu le résultat des moments le tableau suivant :

Tableau 4: Récapitulatif des moments en travée et sur appui à l'ELU

Appui	A	B	C	D	E	F	G	H
Moment sur appui	0,00	-127,48	-73,13	-79,03	-81,74	-74,12	-54,12	0,00
Travée	AB	BC	CD	DE	EF	FG	GH	
Portée	5,85	5,00	4,80	5,35	5,00	4,87	2,50	
Moment isostatique	172,82	126,25	116,35	144,54	126,25	119,77	31,56	
M_w	0,00	110,63	66,36	73,25	73,89	67,40	47,89	
M_e	122,10	66,36	73,25	73,89	67,40	45,80	0,00	
M_t	172,74	126,20	116,29	144,48	126,19	119,71	31,55	

M_w : Moment à gauche de la travée considérée ;

M_e : Moment à droite de la travée considérée ;

M_t : Moment en travée.

Pour voir les détails de calcul confère (ANNEXE II ;Pg 29-35).

a) Calcul des armatures

Pour les armatures nous ferons un récapitulatif des travées de la poutre principale dans le tableau suivant :

Tableau 5: Récapitulatif des armatures de la poutre principale

	Moment en travée							Moment sur les appuis						
	AB	BC	CD	DE	EF	FG	GH	B	C	D	E	F	G	
M _u	239,49	174,96	161,22	200,31	174,95	165,97	43,74	176,72	101,37	109,56	113,31	102,75	77,01	
M _{ser}	172,74	126,00	116,29	144,48	126,19	119,71	31,55	127,48	73,13	79,03	81,74	7412,00	54,12	
γ	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	1,39	
b	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	
h	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	55,00	
d	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	
f _{bu}	14,16	14,16	14,16	14,16	14,16	14,16	14,16	14,16	14,16	14,16	14,16	14,16	14,16	
f _{c28}	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	
F _{t28}	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	
μ _{bu}	0,28	0,20	0,19	0,23	0,20	0,19	0,05	0,20	0,12	0,13	0,13	0,12	0,09	
μ _{lu}	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,31	
α _u	0,41	0,28	0,26	0,33	0,28	0,27	0,06	0,29	0,16	0,17	0,18	0,16	0,12	
Z _b	0,41	0,44	0,44	0,43	0,44	0,44	0,48	0,44	0,46	0,46	0,46	0,46	0,47	
A _s	16,67	11,67	10,45	13,42	11,47	10,80	2,61	11,60	6,28	6,83	7,08	6,37	4,69	
choix	9HA16	6HA16	5HA16	7HA16	6HA16	5HA16	2HA16	6HA16	4HA16	4HA16	4HA16	4HA16	2HA16	
A _{min}	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	1,49	

Pour les détails des calculs voir (ANNEXE II ;Pg 35-39).

III. LES ESCALIERS

Ce engendre deux types d'escalier suivant leurs forme structurelle, ainsi que leurs forme fonctionnelle :

- Suivant la forme structurelle nous avons un escalier circulaire et un rectangulaire ;
- Suivant la fonctionnalité nous avons un escalier de secours et deux principaux.

III.1- Evaluation des charges

a) Paillasse

$$\text{Paillasse} \quad \frac{\rho_b \times e}{\cos \alpha} = \frac{25 \times 0.15}{\cos(28.87)} = 3 \text{ KN/ml}$$

Marches	$\rho_b \times h/2 = 25 \times 0,16/2 = 2 \text{ KN/ml}$
Carrelage	$\rho_{\text{carr}} \times e_{\text{carr}} = 22 \times 0,02 = 0,44 \text{ KN/ml}$
Mortier de pose	$\rho_{\text{mor}} \times e_{\text{mor}} = 22 \times 0,02 = 0,44 \text{ KN/ml}$
Enduit plâtre	$\rho_{\text{pla}} \times e_{\text{pla}} = 18 \times 0,02 = 0,36 \text{ KN/ml}$
Garde-corps	$= 0,5 \text{ KN/ml}$
Charge permanente	$G_p = 6,74 \text{ KN/ml}$

b) Palier

Palier	$\rho_b \times e_{\text{palier}} = 25 \times 0,12 = 3 \text{ KN/ml}$
Enduit plâtre	$\rho_{\text{pla}} \times e_{\text{pla}} = 18 \times 0,02 = 0,36 \text{ KN/ml}$
Carrelage	$\rho_{\text{carr}} \times e_{\text{carr}} = 22 \times 0,02 = 0,44 \text{ KN/ml}$
Mortier de pose	$\rho_{\text{mor}} \times e_{\text{mor}} = 22 \times 0,02 = 0,44 \text{ KN/ml}$
Charge permanente	$G_p = 4,24 \text{ KN/ml}$

III.2- Dimensionnement des escaliers rectangulaire**a) Charges à l'état limite ultime :****► Paillasse (volée)****Charge permanente**

$$G_v = g_v \times 1\text{m} \quad \text{avec } g_v = 6,74 \text{ KN/m}^2$$

$$G_v = 6,74 \text{ KN/m}^2 \times 1\text{m} \Rightarrow G_v = 6,74 \text{ KN/m}$$

Charge d'exploitation

$$Q_v = q_v \times 1\text{m} \quad \text{avec } q_v = 2,5 \text{ KN/m}^2$$

$$Q_v = 2,5 \text{ KN/m}^2 \times 1\text{m} \Rightarrow Q_v = 2,5 \text{ KN/m}$$

$$q_{uv} = 1,35g_v + 1,5q_v = 1,35 \times 6,74 + 1,5 \times 2,5 \Rightarrow q_{uv} = 12,85 \text{ KN/m}$$

$$q_{\text{serv}} = g_v + q_v = 6,74 + 2,5 \Rightarrow q_{\text{serv}} = 9,24 \text{ KN/m}$$

Palier de repos**Charge permanente**

$$g_p = G_p \times 1\text{m} \quad \text{avec } G_p = 4,24 \text{ KN/m}^2$$

$$g_p = 4,24 \text{ KN/m}^2 \times 1\text{m} \Rightarrow g_p = 4,24 \text{ KN/m}$$

Charge exploitation

$$q_p = q_p \times 1\text{m} \quad \text{avec } Q_p = 2,5 \text{ KN/m}^2$$

$$q_p = 2,5 \text{ KN/m}^2 \times 1\text{m} \Rightarrow q_p = 2,5 \text{ KN/m}$$

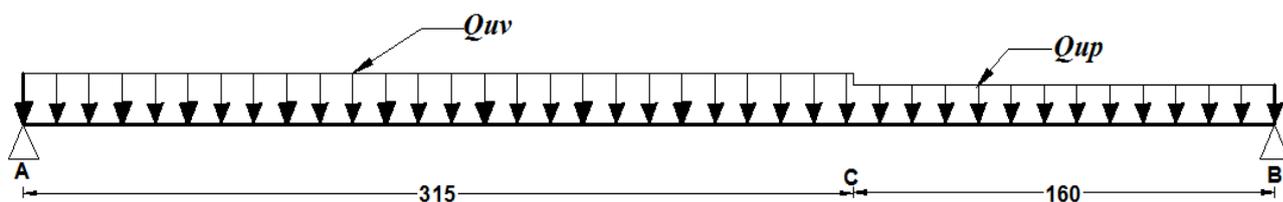
$$q_{up} = 1,35g_p + 1,5q_p = 1,35 \times 4,24 + 1,5 \times 2,5 \Rightarrow q_{up} = 9,47 \text{ KN/m}$$

$$q_{\text{serv}} = g_p + q_p = 4,24 + 2,5 \Rightarrow q_{\text{serv}} = 6,74 \text{ KN/m}$$

b) Les sollicitations

Pour déterminer les moments et effort tranchant maximum, les escaliers sont modélisés comme une poutre isostatique qui est chargée par deux différentes charges : une charge paillière et une charge de la paillasse.

Figure 4 : Modélisation escalier



Pour les détails de calcul voir (ANNEXE II ;Pg 51-55).

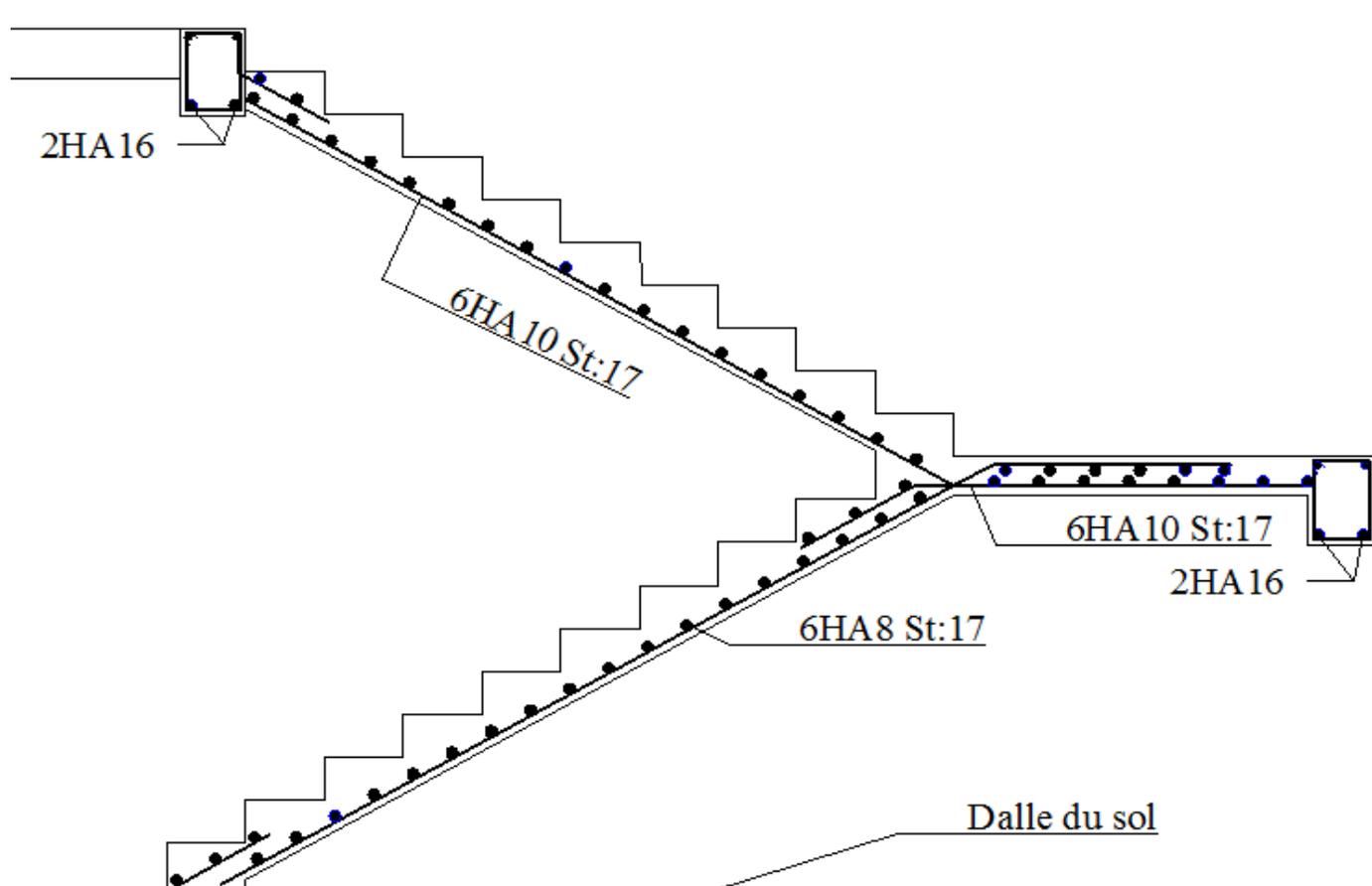


Figure 5: ferrailage de l'escalier

CHAPITRE IV : ANALYSE ET DIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS EN INFRASTRUCTURES

I. LES FONDATIONS

La fondation d'une construction est la partie de l'ouvrage, qui est en contact avec le sol au quel elle lui transmet les charges de la superstructure.

De ce qui précède, nous avons adoptés des semelles isolées reposant directement sur le sol .ce qui nous amènera à dimensionner quatre différents types des semelles :

- une semelle isolée rectangulaire sous poteau rectangulaire de section 25cm× 50cm pour toutes les semelles centrales ;
- une semelle isolée rectangulaire sous poteau rectangulaire de section 25cm × 30cm pour toutes les semelles d'angles ;
- une semelle isolées rectangulaire sous poteau rectangulaire de section 25cm × 30cm pour toutes les semelles de rive ;
- deux semelles isolées rectangulaire et carré sous poteau carré et rectangulaire de section 25cm × 25cm et 25cm × 45cm pour toutes les semelles au droit de joint et deux longrines de redressement pour mobiliser les efforts complémentaires horizontaux.

En fait, la fondation de notre ouvrage se trouve à 3,0m de profondeur avec une contrainte limite du sol de trois bar ($\bar{\sigma}_{sol} = 2,5bars = 0,3MP_a$) selon le résultat de rapport l'étude fournie par le laboratoire de Bâtiment et Travaux Public (LBTP)

1.1-Semelle sous le poteau central

Données : $N_g = 1382,79$ KN ; $N_q = 174,85$ KN ; $\bar{\sigma}_{sol} = 3bars = 0,3MP_a$; $a = 25cm$; $b = 50cm$; $f_{c28} = 25MP_a$; $f_e = 400MP_a$; $\gamma_b = 1,5$; $\gamma_s = 1,15$; $\theta = 1$; $\eta = 1,6$; la fissuration est considérée comme préjudiciable.

Les valeurs des charges N_g et N_q sont celles obtenues lors de la descente des charges sur le poteau central (niveau N_{13} + poids propre du poteau amorce).

f) Combinaison des charges :

à l'ELU

$$N_u = 1,35N_g + 1,5N_q$$

$$N_u = 1,35 \times 1382,79 + 1,5 \times 174,85 \quad \Rightarrow \quad N_u = 2129,04KN = 2129,04.10^3 N$$

à l'ELS

$$N_{ser} = N_g + N_q$$

$$N_{ser} = 1382,79 + 174,85 \quad \Rightarrow \quad N_{ser} = 1557,64 KN = 1,5576 MN$$

g) Géométrie de la semelle

Section

$$A \geq \sqrt{\frac{a \times N_{ser}}{b \times \bar{\sigma}_{sol}}} \quad \text{et} \quad B \geq \sqrt{\frac{b \times N_{ser}}{a \times \bar{\sigma}_{sol}}}$$

$$A \geq \sqrt{\frac{0,25 \times 1,5576}{0,5 \times 0,3}} \Rightarrow A \geq 1,61 \text{ m}$$

$$B \geq \sqrt{\frac{0,50 \times 1,5576}{0,25 \times 0,3}} \Rightarrow B \geq 3,22 \text{ m}$$

Alors nous prenons : $A=1,80 \text{ m}=180 \text{ cm}$ et $B=3,30 \text{ m}=330 \text{ cm}$

Calcul de la hauteur (H) de la semelle

$H = d + c$ avec c : enrobage de 5cm et $d \geq \max [d_a ; d_b]$

$$d_a = \frac{A-a}{4} = \frac{180-25}{4} \Rightarrow d_a = 38,75 \text{ cm}$$

$$d_b = \frac{B-b}{4} = \frac{330-50}{4} \Rightarrow d_b = 70 \text{ cm}$$

$$d \geq \max [38,75 \text{ cm} ; 70 \text{ cm}] \Rightarrow d = 70 \text{ cm}$$

$$H = 70 + 5 \Rightarrow H = 75 \text{ cm}$$

Les dimensions de la semelle isolée sous poteau central le plus sollicité sont : $180 \text{ cm} \times 330 \text{ cm} \times 75 \text{ cm}$

Vérification de la condition de non poinçonnement

la contrainte sur le sol

$$\bar{\sigma}_{\text{sol}} \geq \sigma_{\text{sol}} = \frac{N_{\text{ser}} + G_0}{A \times B} \quad \text{avec } G_0 : \text{ poids propre de la semelle}$$

$$G_0 = H \times A \times B \times \rho \quad \rho = 25 \text{ KN/m}^3$$

$$G_0 = 0,75 \times 1,80 \times 3,30 \times 25 \Rightarrow G_0 = 111,375 \text{ KN} = 0,11138 \text{ MN}$$

$$\sigma_{\text{sol}} = \frac{1,5576 + 0,11138}{1,80 \times 3,30} \Rightarrow \sigma_{\text{sol}} = 0,28 \text{ MPa}$$

$\bar{\sigma}_{\text{sol}} > \sigma_{\text{sol}} = 0,28$ alors les dimensions de la semelle sont suffisantes

la charge poinçonnant (N_u')

$$N_u' \leq 0,045 \times \mu_c \times H \times \sigma_{bc} \quad \text{avec } \mu_c = 2 \times a_1 = 2(a + H) = 2(25 + 75) = 200 \text{ cm}$$

$$\sigma_{bc} = 14,16 \text{ MPa}$$

$$N_u' = N_u - (N_u + 1,35G_0) \left[\frac{a^2 \times b^2}{A \times B} \right]$$

$$a_2 = a + 2H = 25 + 2 \times 75 = 175 \text{ cm}; \quad b_2 = b + 2H = 50 + 2 \times 75 = 200 \text{ cm};$$

$$N_u' = 2129,04 - (2129,04 + 1,35 \times 111,375) \left[\frac{1,75 \times 2}{1,80 \times 3,30} \right] \Rightarrow N_u' = 820,93 \text{ KN}$$

$N_u' = 820,93 \text{ KN} < 0,045 \times 2000 \times 750 \times 14,16 = 955,8 \cdot 10^3 \text{ N} = 955,8 \text{ KN}$ alors la condition est vérifiée donc l'épaisseur de la semelle est suffisante.

h) Calcul des armatures par la méthode de belle

Calcul à l'ELU

$$A_a = \frac{N_u (A - a)}{8 \times d_a \times \sigma_s} \quad \text{et} \quad A_b = \frac{N_u (B - b)}{8 \times d_b \times \sigma_s}$$

$$\text{Avec } \sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 347,82 \text{ MPa}$$

$$A_a = \frac{2129040(1800 - 250)}{8 \times 387,5 \times 347,82} \quad \Rightarrow \quad A_a = 3182,92 \text{mm}^2 = 31,83 \text{cm}^2$$

$$A_b = \frac{2129040(3300 - 500)}{8 \times 700 \times 347,82} \quad \Rightarrow \quad A_b = 3182,93 \text{mm}^2 = 31,83 \text{cm}^2$$

Calcul à l'ELS

$$A_a = \frac{N_{ser}(A - a)}{8 \times d_a \times \sigma_s} \quad \text{et} \quad A_b = \frac{N_{ser}(B - b)}{8 \times d_b \times \sigma_s}$$

$$\text{Avec } \sigma_s = 110 \sqrt{f_{t28} \times \eta} = 110 \sqrt{2,1 \times 1,6} = 202 \text{MP}_a$$

$$A_a = \frac{1557640(1800 - 250)}{8 \times 387,5 \times 202} \quad \Rightarrow \quad A_a = 3998,10 \text{mm}^2 = 39,98 \text{cm}^2$$

$$A_b = \frac{1557640(3300 - 500)}{8 \times 700 \times 202} \quad \Rightarrow \quad A_b = 3998,10 \text{mm}^2 = 39,98 \text{cm}^2$$

Donc les sections d'armature déterminée pour l'état limite ultime ne sont pas nécessaires, alors on doit prendre les sections correspondantes au calcul pour l'état limite de service.

Choix des aciers :

20HA16 avec une section de 40,21cm²

Epaisseur de la semelle au bord libre :

$$e \geq 6\phi + 6 \text{cm} = 6 \times 1,6 + 6 = 15,6 \text{cm} \quad \text{soit } e = 20 \text{cm}$$

Longueur de scellement

$$l_{s(a)} = l_{s(b)} = \frac{\phi f_e}{4 \times \bar{\tau}_s} \quad \text{avec} \quad \bar{\tau}_s = 2,83 \text{MP}_a$$

$$l_{s(a)} = l_{s(b)} = \frac{16 \times 400}{4 \times 2,83} \quad \Rightarrow \quad l_{s(a)} = l_{s(b)} = 565,37 \text{mm} = 56,64 \text{cm}$$

Comme :

$$\frac{B}{8} = \frac{330}{8} = 41,25 \text{cm} < l_s < \frac{B}{4} = 82,5 \text{cm} ;$$

Alors toutes les barres doivent être prolongée jusqu'aux extrémités de la semelle mais peuvent ne pas comporter de crochets.

CHAPITRE V : PLOMBERIE- SANITAIRES ET ELECTRICITE**I. ELECTRICITE*****I.1- Matériel installé*****Tableau 6: Matériel installé**

Matériel	RDC	R+1	Etage courant
Appliques muraille	17	28	27
Appliques muraille étanche	23	-	-
Hublot plafonnier	6	35	44
Hublot étanche	2	5	5
Spot	34	15	-
Vasque nid d'abeille	37	24	-
Linolithes lavabo	4	7	13
Réglette 120	15	16	14
Prises courant 2P+T16A	85	87	66
Prise courant 2P+T32A	7	-	-
Prise courant 2P+T20A	5	-	-
Prise courant 3P+T20	1	-	-
Split	20	23	14
Lustre décoratif	-	4	1

Nous devons noter ici que l'immeuble est constitué des différents locaux tel que :

3 niveaux identiques, RDC et R+1 différents, nous dimensionnons l'ensemble des équipements en utilisant le logiciel **ID - Spec Large - Quick Tour FR** pour fournir un offre technique qui englobe les point suivant :

- Schéma général unifilaire
- Plan de distribution électrique
- Bilan de puissance
- Dimensionnement et choix du groupe électrogène

Plan de distribution électrique dans l'immeuble

Sur cette partie faire un schéma électrique du système comment le câblage doit être fait voir plan d'électricité voir l'ANNEXE III.

Bilan des puissances

Les différents équipements qui sont prévus dans les locaux auront une certaine consommation Électrique. C'est le lieu ici d'en faire le bilan. Tous les calculs liés au bilan de puissance ont été effectués dans le fichier Excel. Nous vous ferons un récapitulatif par niveau dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7: Bilan des puissances

Niveau lo-cale	Puissance Active (kW)	Puissance foisonnée kVA	Puissance à Installée kVA
RDC	423,3	376	470
R+1	143,52	128	159
R+2	92,8	82	103
R+3	92,8	82	103
R+4	92,8	82	103
R+5	92,8	82	103
Total	938,02	832	1041

Nous devons noter que les totaux effectués dans le précédent prennent directement en compte des coefficients de simultanéité et d'utilisation. Au vu des résultats, nous serons amenés à choisir un transformateur de puissance 400 kVA.

Choix du groupe électrogène

Nous devons noter que pour le groupe électrogène, nous avons pris toute la charge en compte comme c'est une hôtel ou il faut que les clients doivent se sentir à l'aise.

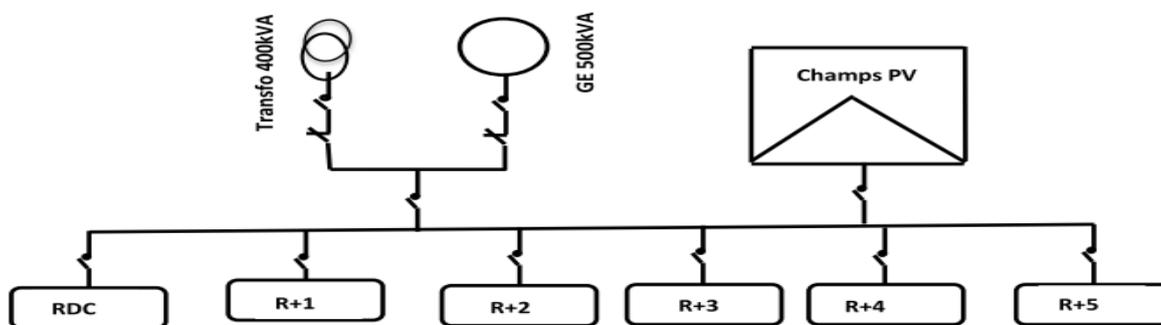
Au vu des résultats, nous serons emmenés à choisir un groupe électrogène de puissance supérieur **1250 KVA**.

Choix des sources d'énergies (transformateur, groupe électrogène, répartiteur) Le choix des sources d'énergie est basé sur les résultats de calcul présentés précédemment et au travers des résultats obtenus dans le fichier Excel nous utilisons le logiciel ID- spec- plus pour dimensionner les équipements.

Schéma général unifilaire

Tous les calculs de dimensionnement, ont été effectués à partir des schémas unifilaires Suivants :

Figure 6: Schéma unifilaire général



On a fait un exemple de schéma unifilaire détaillé pour le niveau R+1 à l'ANNEXE III.

II. PLOMBERIE-SANITAIRE

II.1- Alimentation en eau du bâtiment

La disponibilité de l'eau en qualité, en quantité, au moment opportun et sans aucune nuisance participent au confort des usagers dans un local. C'est la raison pour laquelle nous voulons assurer l'alimentation en eau de notre bâtiment. Et pour ce faire, nous allons tout d'abord évaluer le débit d'alimentation en eau du bâtiment et par la suite dimensionner les sections des différentes canalisations.

Le calcul des installations d'alimentation nécessite la connaissance des débits maximal (Q_{min} en l/s) et des diamètres intérieurs minimaux ($D_{\text{intérieures min}}$)

a) Débit de point du bâtiment

La formule utiliser pour le calcul des débits est :

$$Q = \sum K_i Q_i$$

Avec K = coefficient de simultanété ;

Q_i = débit des base des appareils installer.

$$K = \frac{1}{\sqrt{N-1}}, \text{ généralement } 0,2 \leq K \leq 1$$

N = nombre d'appareil installer

Le récapitulatif de calcul du débit est dans le tableau qui suit :

Tableau 8: Récapitulatif debit par niveau

Niveau	Débit total (l/s)
RDC	6,56
R+1	7,57
Etage courant	8,93

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{RDC}} + Q_{\text{R+1}} + Q_{\text{courant}} \times 4 \Rightarrow Q_{\text{Total}} = 49,45 \text{ l/s}$$

Pour le détail du calcul voir (Annexe I, tableau 23, Pg 7).

b) Diamètre intérieur minimal

Il y a deux méthodes Pour déterminer les diamètres en installations collectives :

1^{ère} méthode : par la formule de FLAMANT ;

$$J = 0,00141 Q^{7/4} D^{-19/4}$$

D = dimetre ; j = perte de charge ; Q=debit

2^e méthode : par lecture sur un abaque connaissant le débit et la vitesse qui est de **1,5m/s** pour les montant on peut lire la perte de charge et les dimètre à l'aide d'une règle.

II.2- Dimensionnement de la fosse septique

Pour un volume utile supérieur ou égal à 15m³ il est préférable de réaliser une fosse septique de deux compartiments ; comme Vu=24m³ > 15m³ alors nous réaliserons une fosse à deux compartiments.

D'où nous avons deux une fosse septique avec deux compartiment de dimension :

- Premier compartiment : **3,53m × 2,25m × 2,00m.**
- Deuxieme compartiment : **1,77m × 2,25m × 2,00m.**

Le règlement sur l'évacuation des eaux usées des résidences isolées stipule que les fosses septiques qui, sont utilisées à longueur d'année à tous les 2 ans.

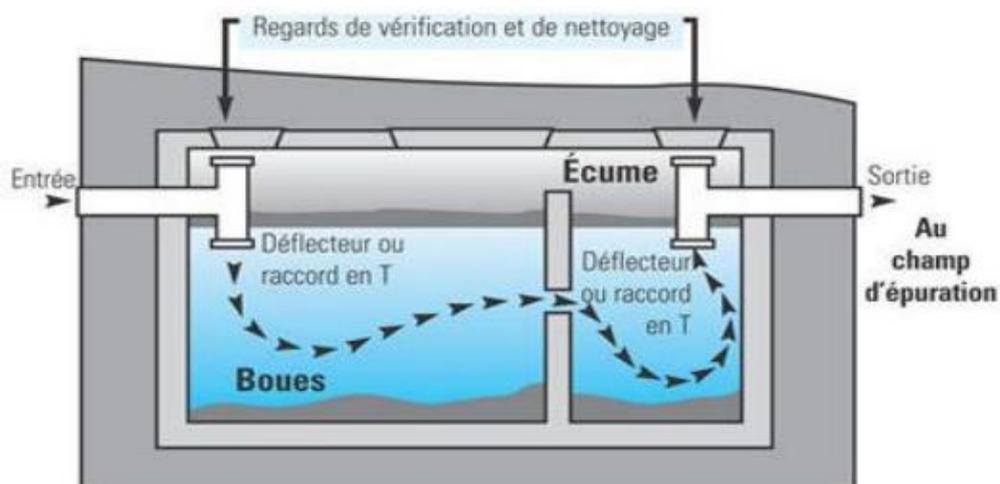


Figure 7: fosse septique a deux compartiments

II.3- Puisard

Le puisard est placé pour assurer l'évacuation et la diffusion dans le sol des eaux provenant de fosse septique.

Notre puisard serait cylindrique de dimensions :

Rayon : $R = 5,67\text{m}$;

Diamètre : $D = 11,34\text{ m}$;

Surface : $S = 427\text{m}^2$

Volume : $V = 128001$ soit $12,8\text{m}^3$

CHAPITRE VI : ETUDES D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

I. DEFINITION

L'environnement est un ensemble des éléments physiques, chimiques et biologiques, naturels ou artificiels et des facteurs économiques, sociaux politiques et culturels qui ont un effet sur le processus de maintien de la vie, la transformation et le développement du milieu, les ressources naturelles ou non et les activités humaines. L'étude d'impact environnemental consiste à évaluer les différentes interactions avec les considérations économiques et sociales. Cette étude revient à élaborer un dossier qui met en lumière les conséquences environnementales et (ou les dangers) d'un projet pour en limiter, ou atténuer et ou compenser les impacts négatifs. Le concept d'environnement est assez complexe et peut se subdiviser en trois axes traduisant l'interaction entre l'homme et son milieu.

- L'environnement physique : appelé communément milieu physique, il est caractérisé par les facteurs abiotiques (climat, sol et eau) et les facteurs biotiques (faune et flore).
- L'environnement social, économique et culturel : il est caractérisé par les facteurs anthropiques (société, activités de l'homme).
- L'environnement politique et juridique : il est caractérisé par les cadres institutionnels, législatifs et réglementaires

II. PRESENTATION DU PROJET

Le projet vise à construire un hôtel de cinq niveaux sur un terrain dégager au quartier N'diari, sur ce fait Les activités du projet peuvent être regroupées en trois groupe ainsi qu'il suit :

- L'aménagement du site : travaux de terrassement, de fouille, mise en œuvre des fondations des différentes infrastructures, réalisation des fosses (fosse de décantation des eaux, fosse septique, etc.) ;
- La mise en place des équipements : tuyauteries, fixation des distributeurs, installations électriques, adduction d'eau, remblayage des installations, aménagement de l'aire de l'hôtel ;
- La finition : application de la peinture sur tout le bâtiment.

III. IDENTIFICATION DES EFFETS DE L'ENVIRONNEMENT

L'identification et l'analyse des impacts liés au projet ont été faites sur la base de l'envergure des activités menées en relation avec les éléments du milieu suivant :

- Les conditions climatiques locales et la qualité de l'air,
- le contexte pédologique et l'occupation des sols,
- la faune et la flore,

- le milieu socioéconomique. L'examen de l'ensemble des activités envisagées a finalement permis la détermination des sources, l'identification et l'évacuation des impacts

III.1- Les sources d'impacts

Les sources des d'impacts peuvent surgir de divers phase l'ors de l'exécution du projet :

- Phase d'aménagement du site ou installation du chantier (construction des infrastructures),
- phase de mise en place des équipements,
- phase de mise en service.

III.2- Evaluation des impacts

L'évaluation des impacts consiste à déterminer la nature ou la qualité de l'impact (positif ou négatif), l'étendue (ponctuelle, locale, régionale), la durée (court terme, moyen terme, long terme) et l'intensité (mineure, moyenne, majeure). Voir le tableau 24 dans l'annexe I pour l'évaluation des impacts. L'évaluation des impacts sera faite avec la matrice de FECTEAU et insérant l'intensité, l'étendue et la durée. En utilisant cette matrice, nous avons les importances absolues des impacts suivantes :

IV. MESURE D'ATTENUATION DE SES IMPACTS

Face à des impacts importants, il faut définir et mettre en œuvres des mesures d'atténuation. Ces mesures visent à réduire ou à éliminer la gravité des impacts environnementaux négatifs prévus et à améliorer la performance et l'acceptabilité globale du projet sur le plan environnemental.

IV.1- Mesure de protection du milieu naturel

► L'air

Entretien régulièrement du matériel de chantier : réduction des émissions anormales d'odeurs et d'échappement ;

- entretenir régulier des véhicules de transport pour éviter des fuites du carburant ;
- arrêter certains travaux générateurs de poussières pendant les vents forts ;
- arroser le chantier pendant les travaux ;
- pavage du site ;
- interdire tout brûlage sur le site, o respecter les normes de rejets des polluants dans l'air ;
- utiliser de matériels et équipements pétroliers conformes à la réglementation et aux normes internationales....

IV.2- Mesure de protection Socioéconomique

► Contre les bruits

Conformité réglementaire des véhicules, des matériels de manutention et engins de chantier avec entretien régulier ;

- respect de la quiétude nocturne (voir les heurs de fonctionnement) ;
- éviter les activités génératrices de bruit pendant les heures de repos ;
- insonorisation du local abritant le compresseur et le groupe électrogène ;
- entretien régulier du groupe, ou entretien périodique des distributeurs ;
- ravitaillement de la station en dehors des heures de forte affluence ;...

► **Sécurité et sante**

- Mener des campagnes de sensibilisation pour le personnel du chantier sur les IST et le VIH/SIDA ;
- Informer et sensibiliser la population locale du déroulement des travaux et les risques d'accident qui sont associés ;
- Signaler le chantier par un panneau des travaux temporaire ;
- Barricader les zones dangereuses ;
- Doter aux ouvriers des équipements adéquats ;...

CHAPITRE VII : DEVIS ESTIMATIF ET PLANNING D'

I. DEVIS ESTIMATIF ET QUANTITATIF

Pour faire le devis les prix par unité de mesure sont donnés par le **bordereau des prix unitaires pour les entreprises.2010**, du ministère des infrastructures et de transport du TCHAD. Le cout total du projet c'est-à-dire la somme de cout des différentes tâches est résumée dans le tableau suivant ,il monte a neuf cent cinquante-deux mille cinq cent trente-neuf trois cent trente franc CFA tout taxe comprise(**1 188 539 330 Fcfa**) :

Tableau 9: Récapitulatif des devis par niveau

Niveau	Total	TVA(18%)	Cout(TTC)
RDC	684103795	123138683,1	807242478,1
R+1	215287605	38751768,9	254039373,9
Etage courant	107845320	19412157,6	127257477,6

Pour le détail de calcul voir (**annexe I, tableau 25, Pg 10-14**).

II. PLANNING D'EXECUTION

Nous avons utilisés le logiciel MS PROJECT 2013 pour tracer le diagramme de GANTT, dont le résultat est présenter dans la figure suivante ;



Figure 8: Planning de GANTT

CONCLUSION

Dans cette étude, nous avons conçu, modélisé, aménagé et dimensionné la structure et les fondations en béton armé d'un immeuble de sept niveaux. La conception structurale du projet s'est basée sur le respect des règles d'art de la construction et des contraintes architecturales. Une structure poteaux-poutres porteurs a été retenue en essayant de limiter les portées des poutres et éviter les flèches ainsi que les retombées non préférables de poutres dans les travées des locaux. Ces derniers assurent le contreventement de l'ouvrage avec l'escalier.

Pour le choix du plancher, nous avons opté pour les dalles nervurées classiques en béton armé et à hourdis (corps creux). Ce choix est dicté pour des résistances, d'économie et de facilité et rapidité d'exécution. Au regard des caractéristiques mécaniques du sol d'assise $\sigma_{sol} = 3$ bars, nous avons opté pour la solution fondations superficielles .

La modélisation et le dimensionnement de la structure ont été menés principalement manuel et à l'aide

du logiciel RSA module ossature. Nous avons également dimensionné manuellement quelques éléments de la structure tels qu'un poteau en compression simple, et une semelle isolé. En outre, nous avons dimensionné et ferrillé un escalier en béton armé.

L'étude de ce projet nous a permis de comprendre la démarche à suivre lors de l'étude de ce type de projet. Lors de la conception de ce bâtiment, nous avons rencontré des vrais problèmes dont la résolution nécessite la pris en compte de plusieurs critères tels que le coût, la qualité, les délais, l'esthétique et les moyens d'exécution.

BIBLIOGRAPHIE

1. Henry Thonier Tome 1-6 « conception et calcul des structure de bâtiment » ;
2. Cours de Samy LEBELLE « L'essentiel du béton arme selon BAEL 91 aditif 99 » partie 1-3 ;
3. Règles BAEL 91 révisée 99 (DTU P 18-702) (Février 2000) : Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et construction en Béton Armé suivant la méthode des états limites ;
4. Jean COURBON et Jean-Noël THEILLOUT, « Résistance des matériaux, formulaire » ;
5. Marcelin KOUAKOU, Etude d'Impact Environnemental et Social (EIES), cours Master2, 2014 ;
6. C.ROUX « le formulaire des installations sanitaires » Tome 1 : EAU FROIDE ;
7. « Précis de bâtiment » Edition NATHAN et AFNOR 1999

ANNEXE I : TABLEAUX ULISTRATIFS

ANNEXE

Tableau 10: Pièces bloc A

Bloc A		
	Pièces	Surfaces (m ²)
RDC	Un bar	109
	Un restaurant	176
	Une terrasse	123,82
	Un escalier circulaire	28,75
R+1	Une salle de conférence	205
	Salles de réunion(1)	28,4
	Salles de réunion(2)	84,9
	Salles de réunion(3)	28,97
	Un escalier circulaire	14 ,38
	Dégagements	68,56
	Dégagements(2)	12
	Une salle libre	18,75

Tableau 11: Tableau illustratif bloc B

Bloc B		
Niveaux	Pièces	Surfaces (m ²)
RDC	Une salle de rangement	21
	Une salle de vaisselle	27
	Une cuisine	40
	Un vestiaire	20
	Deux escaliers rectangulaires	23 et 9
	Deux toilette chacune	6
	Deux salles de réserves	13 et 18
	Deux patio chacun	17
	Une salle de légume	7
	Une chambre froide	13

ANNEXE

	Une salle de rangement	22
	Une salle de lavage	15
	Deux toilettes	5
	Une salle d'équipement	35
	Une espace gouvernante	12
	Une salle de linge	17
	Une salle d'attente	61
	Une salle pour les agents de sécurité	11
	Une salle d'accueille	32
	Les couloires	139
	Deux terrasses	61 et 29
	Deux cabinet d'ascenseurs chacun	5
	Deux restaurant secrets chacun	30
	R+1	Un magasin
Sept toilettes chacun		4
Sept chambres de dimension respectives		15 ; 16 ; 23 ; 23 ; 24 ; 25 et 25
Deux patio chacun a		17
Un salon		26
Deux autres toilettes chacun a		14
Quatre balcons chacun a		4
Trois salles multimedia		29
Trois salles multimedia		13;14;15
Deux cages d'escalier		23 et 9
Deux cages d'ascenseur chacun		5
Les couloirs occupent		149
Etage courant		Treize toilettes chacun a
	Trois chambres chacun a	24

ANNEXE

	Deux chambres chacun a	25
	Trois chambres chacun a	23
	Deux chambres chacun a	21
	Trois chambres de	13;15; et 28
	Un magasin	6
	Deux patio chacun	17
	Huit balcons chacun ;	4
	Les couloires occupent	152

Tableau 12: Dosage des bétons

	Sable (litre)	Gravier (litre)	Ciment (kg)	Eau (litre)
Béton de propriété	540	720	150	90
Béton dosé 300	400	800	300	180
Béton dosé 350	420	840	350	200

Tableau 13: Charges du plancher terrasse

Désignation	Epaisseur en cm	Poids volumique en KN /m3	Poids surfacique en KN /m3
Gravillon de protection	4	18	0,72
Etanchéité multi-couche	2		0,12
Forme de pente	20	20	4
Dalle à corps creux	20+4		3,3
Enduit de ciment	2	18	0,36
Plâtre	4	10	0,4
Total:			8,9

ANNEXE

Tableau 14: Charges pour tablier courant

Désignation	Epaisseur en cm	Poids volumique en KN /m3	Poids surfacique en KN /m3
Carrelage	2	22	0,44
Mortier de pose	2	22	0,44
Dalle en corps creux	20+4		3,3
Enduit de ciment	2	18	0,36
Plâtre	4	10	0,4
Total:			4,94

Tableau 15: Charges pour plancher RDC

Désignation	Epaisseur en cm	Poids volumique en KN /m3	Poids surfacique en KN /m2
Carrelage	2	22	0,44
Mortier de pose	2	22	0,44
Dalle pleine en BA	12	25	3
Total:			3,88

Tableau 16: Charge du palier

Elément	Epaisseur en cm	Poids volumique KN /m3	Charges surfaciques	
			Formules	Valeurs
Palier	12	25	$E_P \times PV$	3,39
Enduit	2	18	$E_P \times PV$	0,36
Carrelage	2	22	$E_P \times PV$	0,44
Mortier de pose	2	22	$E_P \times PV$	0,44
Total:				4,27

ANNEXE

Tableau 17: Charge de la paillasse

Elément	Epaisseur en cm	Poids volumique KN /m3	Charges surfaciques	
			Formules	Valeurs
Paillasse	15	25	$\frac{EP \times PV}{\cos \alpha}$	3
Marches	16	25	$\frac{h \times PV}{2}$	2
Enduit vertical	2	18	$E_P \times PV$	0,36
Enduit horizontal	2	18	$E_P \times PV$	0,36
Carrelage	2	22	$E_P \times PV$	0,44
Mortier de pose	2	22	$E_P \times PV$	0,44
Total:				6,6

Tableau 18: Charge de la maçonnerie

Désignation	Epaisseur en cm	Poids volumique en KN /m3	Poids surfacique en KN /m2
Brique creuse	20	14	2,8
Enduit de ciment	2	22	0,44
Total:			3,24

Tableau 19: Récapitulatif poteau d'angle

Niveau	venant	G	Q	N _U	f _{bu} /0,9	f _{su}	B _r	l _f	λ	A (m)	B (m)	Section
1 ^{er}	0,00	79,10	8,24	0,12	15,73	347,83	0,01	1,95	35,00	0,19	0,03	0,25x0,03
2 ^e	252,20	496,72	20,59	0,70	15,73	347,83	0,05	1,95	35,00	0,19	0,18	0,25x0,18
3 ^e	547,61	599,00	26,41	0,85	15,73	347,83	0,05	1,95	35,00	0,19	0,22	0,25x0,21
4 ^e	649,89	701,28	34,64	1,00	15,73	347,83	0,06	1,95	35,00	0,19	0,26	0,25x0,25
5 ^e	753,04	804,43	39,79	1,15	15,73	347,83	0,07	1,95	35,00	0,19	0,29	0,25x0,29
6 ^e	856,20	900,86	45,45	1,28	15,73	347,83	0,08	1,95	35,00	0,19	0,33	0,25x0,33
7 ^e	953,50	1066,65	67,23	1,54	15,73	347,83	0,10	1,95	35,00	0,19	0,40	0,25x0,37

ANNEXE

Tableau 20: Récapitulatif du poteau d'angle

Niveau	Venant	G	Q	N _U	f _{bu} /0,9	f _{su}	B _r	l _f	λ	A (m)	B (m)	Section
1 ^{er}	0,00	144,32	15,25	0,22	15,73	347,83	0,01	1,95	35,00	0,19	0,06	0,25x0,20
2 ^e	252,20	496,72	38,13	0,73	15,73	347,83	0,05	1,95	35,00	0,19	0,19	0,25x0,20
3 ^e	568,38	658,97	51,21	0,97	15,73	347,83	0,06	1,95	35,00	0,19	0,25	0,25x0,25
4 ^e	731,51	822,10	67,17	1,21	15,73	347,83	0,08	1,95	35,00	0,19	0,31	0,25x0,25
5 ^e	894,63	985,22	77,14	1,45	15,73	347,83	0,09	1,95	35,00	0,19	0,37	0,25x0,25
6 ^e	1058,63	1179,68	88,11	1,72	15,73	347,83	0,11	1,95	35,00	0,19	0,44	0,25x0,30
7 ^e	1253,09	1343,68	130,34	2,01	15,73	347,83	0,13	1,95	35,00	0,19	0,52	0,25x0,30

Tableau 21: Récapitulatif des armature du poteau d'angle

Niveau	Section	L _f	λ	α	N _u (MN)	B _r (cm ²)	A _{sc} (cm ²)	Øl (mm)	Øt (mm)	S _t (cm)
1er	25x20	1,95	27,05	0,76	0,22	0,04	3,60	4HA12	HA6	15,00
2e	25x20	1,95	27,05	0,76	0,73	0,04	5,51	4HA14	HA6	20,00
3e	25x25	1,95	27,05	0,76	0,97	0,05	8,43	6HA14	HA6	20,00
4e	25x25	1,95	27,05	0,76	1,21	0,05	17,67	6HA20	HA8	30,00
5e	25x25	1,95	27,05	0,76	1,45	0,05	26,58	5HA25+1HA16	HA8	30,00
6e	25x30	1,95	27,05	0,76	1,72	0,06	31,02	8HA25	HA8	30,00
7e	25x30	1,95	27,05	0,76	2,01	0,06	41,80	8HA25+2HA12	HA8	30,00

Tableau 22: Récapitulatif d'armature du poteau de rive

Niveau	Section	L _f	λ	α	N _u (MN)	B _r (cm ²)	A _{sc} (cm ²)	Øl (mm)	Øt (mm)	S _t (cm)
1er	25x20	1,95	27,05	0,76	0,12	0,04	3,60	4HA12	HA6	15,00
2e	25x20	1,95	27,05	0,76	0,70	0,04	4,00	4HA12	HA6	15,00
3e	25x25	1,95	27,05	0,76	0,85	0,05	4,52	4HA12	HA6	15,00
4e	25x25	1,95	27,05	0,76	1,00	0,05	9,65	6HA16	HA6	20,00
5e	25x25	1,95	27,05	0,76	1,15	0,05	15,00	6HA20	HA6	25,00
6e	25x30	1,95	27,05	0,76	1,30	0,06	15,21	6HA20	HA6	25,00
7e	25x30	1,95	27,05	0,76	1,43	0,06	19,92	6HA20+HA12	HA6	25,00

ANNEXE

Tableau 23: Récapitulatif de calcul des débits de base

Niveau	Equipement	Nombre d'équipement	Nombre total des robinets	Débits de base/robinet	Coefficient (k)	Débit total (l/s)	diamètre du collecteur d'appareil (mm)
RDC	Urinoir	4,00	4,00	0,15	0,58	0,35	33
	Lavabo individuel	4,00	4,00	0,20	0,58	0,46	30
	Baignoire	4,00	4,00	0,33	0,58	0,76	38
	Douche	4,00	4,00	0,20	0,58	0,46	33
	wc avec robinet de chasse	4,00	4,00	1,50	0,58	3,46	80
	Machine a laver les vaisselles	3,00	3,00	0,10	0,71	0,21	33
	Machine a laver les linges	3,00	3,00	0,20	0,71	0,42	33
	Evier à deux compartiments	5,00	3,00	0,20	0,71	0,42	33
Total:						6,56	
R+1	Urinoir	9,00	9,00	0,15	0,35	0,48	33
	Lavabo individuel	9,00	9,00	0,20	0,35	0,64	30
	Baignoire	9,00	9,00	0,33	0,35	1,05	33
	douche	9,00	9,00	0,20	0,35	0,64	33
	wc avec chasse	9,00	9,00	1,50	0,35	4,77	80
Total:						7,57	
Etage courant	Urinoir	13,00	13,00	0,15	0,29	0,56	33
	Lavabo individuel	13,00	13,00	0,20	0,29	0,75	30
	Baignoire	13,00	13,00	0,33	0,29	1,24	38
	Douche	13,00	13,00	0,20	0,29	0,75	33
	wc avec chasse	13,00	13,00	1,50	0,29	5,63	80
Total:						8,93	

ANNEXE

Tableau 24: Impact

Récepteur	Impact	Action environnemental	Objectif de l'action	Tache de l'action	Acteur de l'action	Acteur de suivi	calendrier/fréquence de suivi	Indicateur de suivi
Air	Dégradation de la qualité de l'air liée au soulèvement de poussière	Dotation du personnel de chantier en équipement de protection individuelle	Protéger les employés contre les risques sanitaires liés à l'absorption de poussière	Achat et distribution des EPI	Entreprise	BECETP	Au démarrage du chantier	Nombre d'employés doté d'IPE
		Réalisation de travaux pendant les heures normales de travail	Eviter d'émettre de la poussière dans l'air pendant les heures de repos des populations riveraines	Sensibiliser le personnel du chantier Arroser le chantier	Entreprise	BECETP	Une fois par semaine	Calendrier des travaux et règlement en matière de travail par temps de vent disponible
Ambiance sonore	Nuisances sonores liées à l'augmentation localisée du niveau de bruit	Programma d'entretien régulier des véhicules de chantier et du groupe électrogène de secours	Réduire les nuisances sonores par les bruits des véhicules et du groupe électrogène pour les employés et les populations riveraines	Entretien régulier des moteurs des véhicules Disposer d'un groupe électrogène insonorisé ou capoté	Entreprise	BECETP	quinquennal/annuel	Certificat d'épreuve des cuves et des tuyaux, Résultats d'analyse des eaux, Rapport d'inspection
Sol	Erosion et pollution du sol	Pavage de l'air de circulation	Eviter les coupes des arbres	Contrôle l'exécution	Entreprise	BECETP	Pendant les travaux Selon programme d'inspection des station	Nombre des arbres détruits

ANNEXE

		Ré végétalisation des zones qui ne sont revêtue	Protéger les sols contre l'érosion hydrique et éolienne	Recenser les zones nues et y apporter des aménagements	entreprise	BECETP	Selon programme d'inspection des stations	Toutes les zones non bétonnées sont protégées contre l'érosion
		Gestion appropriée des déchets solides et liquides	Eviter la pollution du sol par les rejets des déchets	Assurer la collecte des déchets et leur dépôt dans les déch-charge	Entreprise	BECETP	Semestriel	Nombre de vi-dange/semestre
		Entretien régulier du groupe électro-gène de secours	Eviter la contamina-tion des sols par les fuites des huiles du moteur	Etablir et res-pecter le calen-drier d'entretien du groupe	Entreprise	BECETP	Selon programme d'inspection des stations	Pas de traces d'huile au sol
Végétation et faune	Destruction des habitats naturels et risques de mortalité de la faune	Plantation d'arbres fruitiers sur le site	Atténuer la perte de la végétation et de la biodiversité	Sélectionner les espèces à re-planter les arbre	Entreprise	BECETP	Pendant les travaux	Nombre de pieds d'arbres replantés
Milieu hu-main	Risque d'acci-dents impli-quant la pollu-tion riveraine, les employés et les animaux	Construction de clôture et pose de signaux préven-tifs, recrutement d'agents pour as-surer la sécurité et réglementer la circulation	Eviter les accidents et les pertes de vie de personnes	Construire une clôture pour délimiter le site	Entreprise	BECETP	Pendant les travaux	Présence de clô-tures autour du site

ANNEXE

Tableau 25: Devis estimatif

Installation de chantier					
N°	Désignation	Unité	Quantité	Prix uni- taire	Prix total (Fcfa)
1	Installation de chantier	FF	1	1500000	1500000
2	Nettoyage du terrain	m ²	18000	50	900000
3	Implantation	FF	1	1000000	1000000
Sous total :					3400000
Terrassement					
1	Fouilles en puits pour les semelles	m ³	1799,18	4 000	7196720
2	Fouilles en rigole pour soubassement de 20	m ³	111,99	3 000	335970
3	Remblais des fouilles	m ³	1540,83	5 000	7704150
4	Remblai sous dallage en sable de dune	m ³	1333,62	5 000	6668100
Sous total:					21904940
Fondation					
1	Béton de propreté pour semelles dosé à 150 kg/m ³	m ³	41,75	150 000	6 262 500
2	Béton arme pour semelles dosé à 350 kg/m ³	m ³	263,91	310 000	81 812 100
3	Béton arme pour poteaux amorces dosé à 350 kg/m ³	m ³	44,79	310 000	13 884 900
4	Béton de propreté pour soubassement dosé à 150 kg/m ³	m ³	11,19	150 000	1 678 500
5	Soubassement en agglos pleins de 20x20x40	m ²	511,95	16 000	8 191 200
6	Longrines dosé à 350 kg/m ³	m ³	95,99	310 000	29 756 900
7	Dallage sol ép. 12 cm	m ³	148,18	310 000	45 935 800
Sous total:					91824900
REZ-DE-CHAUSSEE					
Béton arme en élévation					
1	Béton armé pour Poteaux dosé à 350 kg/m ³	m ³	21,4	310 000	6 634 000
2	Béton armé pour Poutres dosé à 350 kg/m ³	m ³	82,84	310 000	25 680 400
3	Béton armé pour Escalier dosé à 350 kg/m ³	m ³	7,55	310 000	2 340 500
4	Béton armé pour Marche Entrée dosé à 350 kg/m ³	m ³	22,53	310 000	6 984 300
5	Béton armé pour chainage Linteaux dosé à 350 kg/m ³	m ³	10,17	310 000	3 152 700

ANNEXE

6	Béton armé pour Appui fenêtre dosé à 350 kg/m ³	m ³	1,5	310 000	465 000
7	Plancher en Hourdis 20+4	m ²	1300,27	60 000	78 016 200
8	Béton armé pour mur acrotère	m ³	2,17	310 000	672 700
Sous total:					123945800
Maçonnerie et enduit					
1	Maçonnerie élévation en agglos creux de 15	m ²	706,13	13 000	9179690
2	Maçonnerie élévation en agglos creux de 20	m ²	243,08	15 000	3646200
3	Enduit intérieur et extérieur au mortier de ciment sur maçonnerie	m ²	4067,88	5 500	22373340
4	Enduit sous plafond	m ²	1300,27	5 500	7151485
Sous total:					42350715
Carrelage et revêtement					
1	F et P Carreaux grés cérame 30 X 30 (chambre, vestiaire réserves, marches escalier,.....)	m ²	747,79	35 000	26172650
2	F et P Carreaux faïence pour toilettes et cuisine 20 X 20	m ²	67,89	35 000	2376150
3	F et P Plinthe pour carreaux grés cérame 8 X 50 (couloirs, hall)	ml	361,71	35 000	12659850
Sous total:					41208650
Menuiserie en bois					
1	Porte 1 battant à panneaux bois serrure bricard 90x220	U	30	60 000	1800000
2	Placard BOIS150 X200	U	3	150 000	450000
Sous total:					2250000
Menuiserie en aluminium					
1	Fenêtre simple volet fixe à soufflet châssis aluminium vitrée avec grillage moustiquaire 400X115	U	3	460000	1380000
2	Fenêtre simple volet fixe à soufflet châssis aluminium vitrée avec grillage moustiquaire 300X115	U	4	345 000	1380000
3	Fenêtre simple volet fixe à soufflet châssis aluminium vitrée avec grillage moustiquaire 450X115	U	3	517 500	1552500
4	Fenêtres à 2 volets coulissants châssis aluminium vitre 115X120	U	7	138 000	966000
5	Fenêtre simple volet fixe à soufflet châssis aluminium vitrée avec grillage moustiquaire 60X60	U	3	36 000	108000

ANNEXE

Sous total:					5386500
Menuiserie métallique					
1	Porte métallique à une battante face avec oculus vitre 90 X 220	U	4	118 000	472000
2	Porte métallique à deux battants double face avec oculus vitre 40 * 70 (180X220)	U	6	600 000	3600000
3	garde-corps sur escalier hauteur 90	ml	20,18	35 000	706300
Sous total:					4778300
Peinture					
1	Peinture sur murs intérieurs	m ²	4067,88	3 500	14237580
2	Peinture sur menuiserie bois	m ²	59,4	4 000	237600
3	Peinture sur menuiserie métallique	m ²	59,8	4 000	239200
Sous total:					14714380
Plomberie/sanitaire					
1	WC à L'anglaise	U	4	189 540	758160
2	Alimentation en eaux en tube galvanisé	FF	1	300 000	300000
3	Evacuation des eaux en pvc	FF	1	250 000	250000
4	Lavabo	U	4	120 000	480000
5	baaignoire	U	4	200 000	800000
6	porte savon et serviette	U	4	23 500	94000
7	Siphon de sol plus porte papier hygiénique	U	4	23 000	92000
8	receveur de douche complet	U	4	100 000	400000
Sous total:					3174160
VRD					
1	Regard de visite	U	8	180 000	1440000
2	Fosse septique	U	1	2 000 000	2000000
3	puisard	U	1	900 000	900000
Sous total:					4340000
Plâtre sous plancher					
1	Plâtre sous plancher haut	m ²	92,27	15 000	1384050
Sous total:					1384050

ANNEXE

Electricité					
1	Applique murale	U	17	41 000	697000
2	Applique murale étanche	U	23	41 000	943000
3	Hublot plafonnier	U	6	26 000	156000
4	Hublot plafonnier étanche	U	2	26 000	52000
5	spot	U	34	37 500	1275000
6	Vasque nid d'abeille	U	37	25 000	925000
7	Linolithes lavabo	U	4	20 000	80000
8	réglettes de 120	U	15	22 000	330000
9	unités intérieurs de 2,5KW	U	20	800 000	16000000
10	unités extérieurs de 31,5 KW	U	2	1 700 000	3400000
11	interrupteur SA	U	13	5 000	65000
12	interrupteur va et vient	U	24	5 500	132000
13	Prises courants 2P +T16A	U	95	9 800	931000
14	Prises courants 2P +T32A	U	7	35 000	245000
15	Prises courants 2P +T20A	U	5	35 000	175000
16	Prise courant 3P +T20A	U	1	35 500	35500
17	tableau général	U	1	1 250 000	1250000
18	tableau divisionnaire	U	4	825 000	3300000
19	Disjoncteur générale à pâtir du compteur SNE	U	1	1 250 000	1250000
20	prise de terre	U	1	375 000	375000
Sous total:					31616500
Total RDC:					392278895
R+1					
Béton en élévation					
1	Poteaux dosé à 350 kg/m ³	m ³	19 ,84	310 000	6150400
2	Poutres dosé à 350 kg/m ³	m ³	60,71	310 000	18820100
3	Escalier dosé à 350 kg/m ³	m ³	7,55	310 000	2340500
4	chainage Linteaux dosé à 350 kg/m ³	m ³	8,8	310 000	2728000
5	Appui Fenêtre dosé à 350 kg/m ³	m ³	1,94	310 000	601400

ANNEXE

6	Plancher en Hourdis 20+4	m ²	976,81	60 000	58608600
7	Béton armé pour balcon	m ³	10,79	310 000	3344900
8	Béton armé pour mur acrotère	m ³	4,45	310 000	1379500
Sous total:					93973400
Maçonnerie et enduit					
1	Maçonnerie élévation en agglos creux de 15	m ²	508,45	13 000	6609850
2	Maçonnerie élévation en agglos creux de 20	m ²	370,1	15 000	5551500
3	Enduit intérieur et extérieur au mortier de ciment sur maçonnerie	m ²	1885,74	5 500	10371570
4	Enduit sous plafond	m ²	982,81	5 500	5405455
Sous total:					27938375
Carrelage et revêtement					
1	F et P Carreaux grés cérame 30 X 30 (chambre, séjour, salles,.....)	m ²	863,19	35 000	30211650
2	F et P Carreaux faïence pour toilettes 20 X 20	m ²	48,25	35 000	1688750
3	F et P Plinthe pour carreaux grés cérame 8 X 50 (couloirs, balcon)	ml	164,99	35 000	5774650
Sous total:					37675050
Menuiserie en bois					
1	Porte un battant à panneaux bois serrure bricard 90x220	U	22	60 000	1320000
2	Porte un battant à panneaux bois serrure bricard 80x220	U	9	60 000	540000
3	Placard BOIS150 X200	U	6	150 000	900000
Sous total:					2760000
Menuiserie en aluminium					
1	Fenêtre simple volet fixe à soufflet châssis alu vitrée avec grillage moustiquaire 200X115	U	10	230000	2300000
2	Fenêtre simple volet fixe à soufflet châssis alu vitrée avec grillage moustiquaire 400X115	U	8	460 000	3680000
3	Fenêtres à 2 volets coulissants châssis alu vitre 115X120	U	4	138000	552000
4	Fenêtre simple volet fixe à soufflet châssis alu vitrée avec grillage moustiquaire 60X60	U	5	36000	180000
Sous total:					6712000

ANNEXE

Menuiserie métallique					
1	Porte iso plane sur cadre métallique à deux battantes face avec oculus vitre 200 X 220	U	2	118000	236000
2	garde corps sur escalier hauteur 90	ml	20,18	35 000	706300
Sous total:					942300
Peinture					
1	Peinture sur murs intérieurs	m ²	1885,74	3 500	6600090
2	Peinture sur menuiserie bois	m ²	239,4	4 000	957600
3	Peinture sur menuiserie métallique	m ²	37,52	4 000	150080
Sous total:					7707770
Plomberie sanitaire					
1	WC a L'anglaise	U	9	189 540	1705860
2	Alimentation en eaux en tube galvanisé	FF	1	300 000	300000
3	Evacuation des eaux en pvc	FF	1	250 000	250000
4	Lavabo	U	9	120 000	1080000
5	baignoire	U	9	200 000	1800000
6	porte savon et serviette	U	9	23 500	211500
7	Siphon de sol plus porte papier hygiénique	U	9	23 000	207000
8	receveur de douche complet	U	9	100 000	900000
Sous total:					6454360
Plâtre					
1	Plâtre sous plancher courant et plancher terrasse	m ²	26,95	15 000	404250
Sous total:					404250
Electricité					
1	Applique murale	U	28	41 000	1148000
2	Hublot plafonnier étanche	U	5	41 000	205000
3	Hublot plafonnier	U	35	26 000	910000
4	spot	U	15	37 500	562500
5	Vasque nid d'abeille	U	24	25 000	600000
6	Linolithes lavabo	U	7	20 000	140000

ANNEXE

7	réglottes de 120	U	16	22 000	352000
8	unités intérieurs de 2,5KW	U	23	800 000	18400000
9	unités extérieurs de 31,5 KW	U	2	1 700 000	3400000
10	interrupteur SA	U	33	5 000	165000
11	interrupteur va et vient	U	22	5 500	121000
12	Prises courants 2P +T16A	U	87	9 800	852600
13	tableau divisionnaire	U	4	825 000	3300000
14	lustre décoratif	U	4	115 000	460000
15	Disjoncteur tripolaires	U	4	26 000	104000
Sous total:					30720100
Total R+1:					215287605
ETAGE COURANT					
Béton en élévation					
1	Poteaux dosé à 350 kg/m ³	m ³	12,22	310 000	3788200
2	Poutres dosé à 350 kg/m ³	m ³	45,77	310 000	14188700
3	Escalier dosé à 350 kg/m ³	m ³	7,55	310 000	2340500
4	chainage Linteaux dosé à 350 kg/m ³	m ³	9,69	310 000	3003900
5	Appui Fenêtre dosé à 350 kg/m ³	m ³	0,156	310 000	48360
6	Plancher en Hourdis 20+4	m ²	713,23	60 000	42793800
7	Béton armé pour balcon	m ³	17,15	310 000	5316500
8	Béton armé pour mur acrotère	m ³	7,76	310 000	2405600
Sous total:					73885560
Maçonnerie et enduit					
1	Maçonnerie élévation en agglos creux de 15	m ²	719,77	13 000	9357010
2	Maçonnerie élévation en agglos creux de 20	m ²	184,18	15 000	2762700
3	Maçonnerie élévation en agglos creux de 10	m ²	31,92	9 000	287280
4	Enduit intérieur et extérieur au mortier de ciment sur maçonnerie	m ²	1807,9	5 500	9943450
5	Enduit sous plafond	m ²	103,63	5 500	569965
Sous total:					22920405

ANNEXE

Carrelage et revêtement					
1	F et P Carreaux grés cérame 30 X 30 (chambre, escaliers,.....)	m²	338,4	35 000	11844000
2	F et P Carreaux faïence pour toilettes 20 X 20	m²	61,75	35 000	2161250
3	F et P Plinthe pour carreaux grés cérame 8 X 50 (couloirs, balcon)	ml	193,08	35 000	6757800
Sous total:					20763050
Maçonnerie en bois					
1	Porte un battant à panneaux bois serrure bricard 90x220	U	17	60 000	1020000
2	Porte un battant à panneaux bois serrure bricard 80x220	U	13	60 000	780000
3	Placard BOIS150 X200	U	12	150 000	1800000
Sous total:					3600000
Maçonnerie en aluminium					
1	Fenêtre simple volet fixe à soufflet châssis alu vitrée avec grillage moustiquaire 480X300	U	4	1 440 000	5760000
2	Fenêtres à 2 volets coulissants châssis alu vitre 115X120	U	3	138000	414000
3	Fenêtre simple volet fixe à soufflet châssis alu vitrée avec grillage moustiquaire 60X60	U	3	36000	108000
Sous total:					6282000
Menuiserie métallique					
1	Porte iso plane sur cadre métallique à deux battantes face avec oculus vitre 200 X 220	U	8	118000	944000
2	garde-corps sur escalier hauteur 90	ml	20,18	35 000	706300
Sous total:					1650300
Peinture					
1	Peinture sur murs intérieurs et extérieur	m2	1807,9	3 500	6327650
2	Peinture sur menuiserie bois	m2	714,48	4 000	2857920
3	Peinture sur menuiserie métallique	m2	35,76	4 000	143040
Sous total:					9328610
Plomberie sanitaire					
1	WC à L'anglaise	U	13	189 540	2464020
2	Alimentation en eaux en tube galvanisé	FF	1	300 000	300000

ANNEXE

3	Evacuation des eaux en pvc	FF	1	250 000	250000
4	Lavabo	U	13	120 000	1560000
5	baignoire	U	13	200 000	2600000
6	porte savon et serviette	U	13	23 500	305500
7	Siphon de sol plus porte papier hygiénique	U	13	23 000	299000
8	receveur de douche complet	U	13	100 000	1300000
Sous total:					9078520
plâtre					
1	Plâtre sous plancher haut	m2	26,95	15 000	404250
Sous total:					404250
Electricité					
1	Applique murale	U	27	41 000	1107000
2	Hublot plafonnier étanche	U	5	41 000	205000
3	Hublot plafonnier	U	44	26 000	1144000
4	Vasque nid d'abeille	U	24	25 000	600000
5	Linolithes lavabo	U	13	20 000	260000
6	réglettes de 120	U	14	22 000	308000
7	unités intérieurs de 2,5KW	U	14	800 000	11200000
8	unités extérieurs de 31,5 KW	U	2	1 700 000	3400000
9	interrupteur SA	U	41	5 000	205000
10	interrupteur va et vient	U	37	5 500	203500
11	Prises courants 2P +T16A	U	66	9 800	646800
12	tableau divisionnaire	U	2	825 000	1650000
13	lustre décoratif	U	1	115 000	115000
14	Disjoncteur tripolaires	U	2	26 000	52000
Sous total:					21096300
Total étage courant:					169008995
Etanchéité et protection					
1	Couche d'étanchéité	m ²	817,01	12 000	9804120
2	Forme de pente	m ²	817,01	9 000	7353090

ANNEXE

3	Gravillon de protection	m ²	817,01	12 000	9804120
Sous total:					26961330
Cout total du projet:					807236720
Taxe sur les valeurs ajoutées (TVA) 18% :					145302609,6
COUT TOTAL DU PROJET (TTC)					952539329,6

ANNEXE II : NOTE DES CALCULS

1. DESCENTE DES CHARGES SUR POREAU CENTRAL

Surface de reprise : $S = (2,3+2,45) (2,8+2,36) \Rightarrow S = 24.51 \text{ m}^2$

$S' = (2,3+2,45+0,25) (2,8+2,36+0,25) \Rightarrow S' = 27.05 \text{ m}^2$

Niveau 1 :

- plancher terrasse : $24.51 \times 8,90 = 218.13 \text{ KN}$;
- poutre longitudinal : $0,50 \times 0,25 \times 4,75 \times 25 = 16,32 \text{ KN}$;
- poutre transversale : $0,45 \times 0,25 \times 6,6 \times 25 = 17,73 \text{ KN}$;

$$G = 252,20 \text{ KN}$$

• **Pré dimensionnement du poteau central au 5^e niveau**

La charge d'exploitation Q vaut :

$$Q_0 = 1 \text{ KN/m}^2$$

$$Q = Q_0 \times S'$$

$$Q = 1 \times 27,05 \Rightarrow Q = 27,05 \text{ KN/m}$$

L'effort normal limite (N_U) vaut :

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

$$N_U = (1,35 \times 252,20) + (1,5 \times 27,05)$$

$$N_U = 381,05 \text{ KN} = 0,38105 \text{ MP}_a$$

$$\beta = 1,2$$

$$f_{bu} = 14,16 \text{ MP}_a \Leftrightarrow \frac{f_{bu}}{0,9} = \frac{14,16}{0,9} = 15,73 \text{ MP}_a$$

$$\Rightarrow \frac{f_e}{s} = \frac{400}{1,15} = 347,82 \text{ MP}_a$$

$$D'où : \quad B_r \geq \frac{1,2 \times 0,38105}{14,16 + (0,0085 \times 347,82)} \Rightarrow B_r \geq 0,02446 \text{ m}^2$$

Calcul d' un côté du Poteau

$$\lambda = \frac{2\sqrt{3}}{a} l_f \text{ or } \lambda = 35 \text{ et } l_f = 0,7 l_0 \text{ avec } l_0 = 2,75 \text{ m} \Rightarrow l_f = 1,925 \text{ m}$$

$$a = \frac{2\sqrt{3}}{\lambda} l_f$$

$$a \geq \frac{2\sqrt{3}}{35} \times 1,925 \Rightarrow a \geq 0,19 \text{ m}$$

$$\text{Or } B_r = (a - 0,02) (b - 0,02) \Rightarrow b = 0,02 + \frac{B_r}{a - 0,02}$$

$$b = 0,02 + \frac{0,0244}{0,19 - 0,02} \Rightarrow b = 0,09 \text{ m}$$

Le Poteau central du 5^e niveau est de section: 25cm × 0.1 cm

Niveau N₂ :

Venant de N₁: 252,20 KN

- Poids propre du plateau central du 5^e niveau: $0,25 \times 0,1 \times 2,75 \times 25 = 1,72 \text{ KN}$
- poids du Mur : $9,91 \times 2,75 \times 3,24 = 89,48 \text{ KN}$

$$G_2 = 252,20 + 1,72 + 88,29 = 342,21 \text{ KN}$$

ANNEXE

Niveau N₃

- Venant de $N_2 = 342,21 \text{ KN}$
- Plancher courant: $24,51 \times 4,86 = 119,11 \text{ KN}$
- Poutre longitudinal: $16,32 \text{ KN}$
- Poutre transversale: $17,73 \text{ KN}$

$$G_3 = 324,21 + 119,11 + 16,32 + 17,73 \Rightarrow G_3 = 498,45 \text{ KN}$$

Pré dimensionnement du Poteau central au 4^e niveau

La charge d'exploitation Q vaut:

$$Q = (Q_0 + Q_1) \times S'$$

$$Q = (1+1,5) \times 27,05 = 67,62 \text{ KN}$$

La charge limite Nu vaut:

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

$$\text{AN: } Nu = 1,35 \times 498,45 + 1,5 \times 67,62 \Rightarrow Nu = 774,35 \text{ KN} = 0,7743 \text{ MN}$$

En utilisant la même méthode que précédent, on trouve:

$$B_r \geq \frac{1,2 \times 0,7743}{14,16 + (0,0085 \times 347,83)} \Rightarrow B_r \geq 0,0497 \text{ m}^2$$

D'où $a \geq 0,19 \text{ m}$ et $b = 0,19 \text{ m}$

Le poteau central du 4^e niveau est de section: $25 \text{ cm} \times 19 \text{ cm}$

Niveau N₄:

Venant de $N_3 = 498,45 \text{ KN}$

- Poids propre du poteau: $0,25 \times 0,19 \times 2,75 \times 25 = 2,48 \text{ KN}$
- Mur : $89,48 \text{ KN}$

$$G_4 = 498,45 + 2,48 + 89,48 = 590,38 \text{ KN}$$

Niveau N₅:

- venant de $N_4 = 590,41 \text{ KN}$
- plancher courant: $119,11 \text{ KN}$
- poutre longitudinal: $16,32 \text{ KN}$
- poutre transversal: $17,73 \text{ KN}$

$$G_5 = 744,56 \text{ KN}$$

Pré dimensionnement du Poteau central au 3^e niveau

- la charge d'exploitation vaut:

$$Q = [Q_0 + 0,95(Q_1 + Q_2)] \times S'$$

$$Q = [1 + 0,95(1,5 + 1,5)] \times 27,05 \Rightarrow Q = 94,36 \text{ KN}$$

- La charge limite Nu vaut :

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

$$\text{AN: } Nu = 1,35 \times 744,56 + 1,5 \times 94,36 \Rightarrow Nu = 1146,71 \text{ KN} = 1,147 \text{ MN}$$

En utilisant la même méthode que précédemment, on trouve :

$$B_r \geq 0,073 \text{ m}^2 \Rightarrow a = 0,19 \text{ et } b = 0,30 \text{ m}$$

ANNEXE

Le poteau central du 3^e niveau est de section : 25cm × 30 cm

Niveau N₆:

- venant de N₅ = 744,56 KN
- Poids propre du poteau : $0,25 \times 0,30 \times 2,75 \times 25 = 4,29$ KN
- Poids propre du mur : 89,48 KN

$$G_6 = 838,35 \text{ KN}$$

Niveau N₇:

- venant de N₆ = 838,35 KN
- plancher courant : 119,11 KN
- poutre longitudinale : 16,32 KN
- poutre transversal: 17,73 KN

$$G_7 = 991,53 \text{ KN}$$

● *Pré dimensionnement du Poteau central du 2e niveau*

- la charge d'exploitation vaut :

$$Q = [Q_0 + 0,90(Q_1 + Q_2 + Q_3)] \times S'$$

$$\text{AN: } Q = [1 + 0,90(1,5 + 1,5 + 1,5)] \times 27,05 \quad \Rightarrow Q = 123,77 \text{ KN}$$

la charge limite Nu vaut :

$$Nu = 1,35 \times 991,53 + 1,5 \times 123,77 \quad \Rightarrow \quad Nu = 1524,14923 \text{ KN} = 1,524 \text{ MN}$$

En utilisant la même méthode que précédemment, on trouve :

$$B_r \geq 0,097 \text{ m}^2$$

D'où a = 0,25m et b = 0,39 m

Le Poteau central du 2^e niveau est de section: 25cm × 39 cm

Niveau N₈:

- venant de N₇ = 991,53 KN
- poids propre du Poteau: $0,25 \times 0,39 \times 2,75 \times 25 = 5,15$ KN
- poids propre du mur: 89,48 KN

$$G_8 = 1086,18 \text{ KN}$$

Niveau N₉:

- venant de N₈ = 1086,18 KN
- plancher courant: 119,12 KN
- poutre longitudinale : 16,32 KN
- poutre transversale : 17,73 KN

$$G_9 = 1239,36 \text{ KN}$$

● *Pré dimensionnement du Poteau central au 1^{er} niveau*

- la charge d'exploitation vaut :

$$Q = [Q_0 + 0,85(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4)] \times S'$$

$$\text{AN: } Q = [1 + 0,85(1,5 + 1,5 + 1,5 + 1,5)] \times 21,48 \quad \Rightarrow Q = 142,16 \text{ KN}$$

ANNEXE

La charge limite Nu vaut :

- la charge limite Nu vaut :

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

$$Nu = 1,35 \times 1239,36 + 1,5 \times 142,16 \quad \Rightarrow \quad Nu = 1886,37 = 1,886 \text{ MN}$$

En utilisant la même méthode que précédemment, on trouve :

$$B_r \geq 0,12 \text{ m}^2$$

D'où a = 0,25m et b = 0,45 m

Le Poteau central du 1^e niveau a pour section: 25cm × 45 cm

Niveau N₁₀:

- venant de N₉ = 1239,36 KN
- poids propre du Poteau: $0,25 \times 0,45 \times 2,75 \times 25 = 7,73 \text{ KN}$
- poids propre du mur: 89,48 KN

$$G_{10} = 1336,58 \text{ KN}$$

Niveau N₁₁:

- venant de N₁₀ = 1336,58 KN
- plancher courant: 119,11 KN
- poutre longitudinale : 16,32 KN
- poutre transversale : 17,73 KN

$$G_{11} = 1465,75 \text{ KN}$$

● *Pré dimensionnement du Poteau central au réez – de –chaussée (RDC)*

- la charge d'exploitation vaut :

$$Q = [Q_0 + 0,80(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5)] \times S'$$

$$\text{AN: } Q = [1 + 0,80(1,5 + 1,5 + 1,5 + 1,5 + 1,5)] \times 21,48 \quad \Rightarrow \quad Q = 162,37 \text{ KN}$$

- la charge limite Nu vaut :

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

$$Nu = 1,35 \times 1465,75 + 1,5 \times 162,37 \quad \Rightarrow \quad Nu = 2222,33 \text{ KN} = 2,222 \text{ MN}$$

En utilisant la même méthode que précédemment, on trouve :

$$B_r \geq 0,1426 \text{ m}^2$$

D'où a = 0,25m et b = 0,57 m

Le Poteau central du RDC a pour section: 25cm × 57cm

● *Pré dimensionnement du Poteau amorce*

Niveau N₁₂:

- venant de N₁₁ = 1181,69 KN
- poids propre du Poteau: $0,25 \times 0,57 \times 2,79 \times 25 = 8,59 \text{ KN}$
- poids propre du mur: 89,48 KN

$$G_{12} = 1563,83 \text{ KN}$$

Niveau N₁₃:

ANNEXE

- venant de N_{12} : 1563,83 kN
- dalle du sol : $3,88 \times 24,51 = 95,09$ kN
- longrine longitudinale : $0,25 \times 0,55 \times 4,33 \times 25 = 16,32$ kN
- longrine transversale : $0,25 \times 0,50 \times 4,60 \times 25 = 16,12$ kN

$$G_{13} = 1691,36 \text{ kN}$$

- la charge d'exploitation vaut :

$$Q = [Q_0 + 0,75(Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6)] \times S'$$

$$\text{AN: } Q = [1 + 0,75(1,5 + 1,5 + 1,5 + 1,5 + 1,5 + 2,5)] \times 27,05 \Rightarrow Q = 221,81 \text{ kN}$$

- la charge limite N_u vaut :

$$N_u = 1,35 \times G + 1,5 \times Q$$

$$N_u = 1,35 \times 1691,36 + 1,5 \times 221,81$$

$$N_u = 2618,26 \text{ kN} = 2,618 \text{ MN}$$

En utilisant la même méthode que précédemment, on trouve :

$$B_r \geq 0,1700 \text{ m}^2$$

$$\text{D'où } a = 0,25 \text{ m et } b = 0,67 \text{ m}$$

Le Poteau central du RDC a pour section: 25cm \times 67cm

Niveau N_{14} :

venant de N_{13} : 1372,48 kN,

pooids propre du poteau : $0,25 \times 0,66 \times 2,50 \times 25 = 10,31$ kN

$$G_{14} = 1382,79 \text{ kN}$$

NB : cette valeur (G_{14}), sera utilisée pour le dimensionnement de la semelle centrale poteau d'angle (fil K ; axe 1)

Niveau	venant	G	Q	N_U	$f_{bu}/0,9$	f_{su}	B_r	l_f	λ	A (m)	B (m)	section
1 ^{er}	0,00	79,10	8,24	0,12	15,73	347,83	0,01	1,95	35,00	0,19	0,03	0,25x0,03
2 ^e	252,20	496,72	20,59	0,70	15,73	347,83	0,05	1,95	35,00	0,19	0,18	0,25x0,18
3 ^e	547,61	599,00	26,41	0,85	15,73	347,83	0,05	1,95	35,00	0,19	0,22	0,25x0,21
4 ^e	649,89	701,28	34,64	1,00	15,73	347,83	0,06	1,95	35,00	0,19	0,26	0,25x0,25
5 ^e	753,04	804,43	39,79	1,15	15,73	347,83	0,07	1,95	35,00	0,19	0,29	0,25x0,29
6 ^e	856,20	900,86	45,45	1,28	15,73	347,83	0,08	1,95	35,00	0,19	0,33	0,25x0,33
7 ^e	953,50	1066,65	67,23	1,54	15,73	347,83	0,10	1,95	35,00	0,19	0,40	0,25x0,37

ANNEXE

Poteau de rive (fil F ; axe 6)

Niveau	venant	G	Q	N _U	f _{bu} /0,9	f _{su}	B _r	l _f	λ	A (m)	B (m)	section
1 ^{er}	0,00	144,32	15,25	0,22	15,73	347,83	0,01	1,95	35,00	0,19	0,06	0,25x20
2 ^e	252,20	496,72	38,13	0,73	15,73	347,83	0,05	1,95	35,00	0,19	0,19	0,25x0,20
3 ^e	568,38	658,97	51,21	0,97	15,73	347,83	0,06	1,95	35,00	0,19	0,25	0,25x0,25
4 ^e	731,51	822,10	67,17	1,21	15,73	347,83	0,08	1,95	35,00	0,19	0,31	0,25x0,25
5 ^e	894,63	985,22	77,14	1,45	15,73	347,83	0,09	1,95	35,00	0,19	0,37	0,25x0,25
6 ^e	1058,63	1179,68	88,11	1,72	15,73	347,83	0,11	1,95	35,00	0,19	0,44	0,25x0,30
7 ^e	1253,09	1343,68	130,34	2,01	15,73	347,83	0,13	1,95	35,00	0,19	0,52	0,25x0,30

2. EXEMPLE DE CALCUL DETAILLE DU POTEAU (P₄) AU 6^E NIVEAU

Données :

- Dimensions du poteau (a × b) : 25cm × 50cm
- Longueur libre du poteau : l₀ = 2 .75 m ;
- Les charges : N_g = 1465,75KN

$$N_q = 162,37 \text{ KN}$$

$$\text{Les matériaux : } \left\{ \begin{array}{l} \text{béton : } f_{c28} = 25 \text{ MPa ; } \partial b = 1,5 \\ \text{acier : } f_e E400 ; \partial s = 1,15 \end{array} \right\}$$

a) Effort normal centré (N_u) :

$$N_u = 1,35 N_g + 1,5 N_q$$

$$N_u = 1,35 \times 1465,75 \text{ KN} + 1,5 \times 162,37 \text{ KN}$$

$$N_u = 2222,33 \text{ KN} = 2,222 \text{ MN}$$

b) Section réduite du béton

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

$$B_r = (25 - 2) \times (50 - 2)$$

$$B_r = 1104 \text{ cm}^2 = 0,1104 \text{ m}^2$$

c) Longueur de flambement (l_f) :

$$l_f = 0,7 \times l_0$$

$$l_f = 0,7 \times 2,75 \text{ m}$$

$$l_f = 1,93 \text{ m}$$

d) Coefficient de l'élanement(λ) :

$$\lambda = \frac{2\sqrt{3}}{a} \times l_f$$

$$\lambda = \frac{2\sqrt{3}}{0,25} \times 1,93 \quad \Rightarrow \quad \lambda = 27,06 < 50$$

ANNEXE

$$\text{Quand } \lambda \leq 50 \Rightarrow \alpha = \frac{0,85}{1+0,2\left(\frac{\lambda}{35}\right)^2}$$

$$\alpha = \frac{0,85}{1+0,2\left(\frac{27,06}{35}\right)^2} \Rightarrow \alpha = 0,76$$

e) Section théorique des aciers (A_{sth})

$$\text{On pose } N_u \leq N_{ulim} = \alpha \left[\frac{Br \times fc28}{0,9 \times \partial b} + \frac{A_{sth} \times f_e}{\partial s} \right]$$

$$A_{sth} \geq \frac{\partial s}{f_e} \left[\frac{N_u}{\alpha} - \frac{Br \times fc28}{0,9 \times \partial b} \right]$$

$$A_{sth} \geq \frac{1,15}{400} \left[\frac{2,222}{0,76} - \frac{0,11 \times 25}{0,9 \times 1,5} \right] \Rightarrow A_{sth} = 25,28 \text{ cm}^2$$

f) Section maximale des aciers (A_{smax}) :

$$A_{smax} = \frac{5 \times a \times b}{100} \quad \text{avec a et b sections du poteau } 50 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$$

$$A_{smax} = \frac{5 \times 50 \times 25}{100} \Rightarrow A_{smax} = 62,5 \text{ cm}^2$$

g) Section minimale des aciers (A_{smin}) :

$$A_{smin} = \max \left[\frac{8(b+a)}{100} ; \frac{0,2 \times b \times a}{100} \right] \quad \text{avec a et b sections du poteau } 45 \text{ cm} \times 25 \text{ cm}$$

$$A_{smin} = \max \left[\frac{8(25+50)}{100} ; \frac{0,2 \times 25 \times 50}{100} \right] \Rightarrow A_{smin} = \max [6 ; 2,5]$$

$$\text{D'où } A_{smin} = 6 \text{ cm}^2$$

h) Section de calcul (A_{sc}) :

$$A_{sc} = \max [A_{smin} ; A_{sth}]$$

$$A_{sc} = \max [6 ; 25,28] \Rightarrow A_{sc} = 25,28 \text{ cm}^2$$

Vérification : $A_{sc} \leq A_{smax} \Rightarrow 25,28 < 62,5$ alors la condition est vérifiée.

i) Choix des armatures longitudinales :

8HA20 pour une section de $25,13 \text{ cm}^2$

j) Vérification à l'état limite de service (ELS)

Nous allons vérifier que : $\sigma_{bc} \leq \overline{\sigma_{bc}}$

$$\overline{\sigma_{bc}} = 0,6 \times f_{c28} \Rightarrow \overline{\sigma_{bc}} = 0,6 \times 25 = 15 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bc} = \frac{N_{ser}}{B + 15 \times A_{sc}} \quad \text{avec } \left\{ \begin{array}{l} N_{ser} = \text{effort normale en service} \\ B = \text{section du béton} \end{array} \right.$$

$$N_{ser} = N_g + N_q$$

$$N_{ser} = 1181,69 \text{ KN} + 143,99 \text{ KN} \Rightarrow N_{ser} = 1,32568 \text{ MN}$$

$$B = a \times b$$

$$B = 0,5 \times 0,25 \Rightarrow B = 0,125 \text{ m}^2$$

$$A_{sc} = 17,20 \text{ cm}^2 = 1,72 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\sigma_{bc} = \frac{1,32568}{0,125 + 15 \times 1,72 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow \sigma_{bc} = 9,73 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{bc} = 9,734 \text{ MPa} < \overline{\sigma_{bc}} = 15 \text{ MPa} \quad \text{condition vérifiée}$$

k) Diamètre des aciers transversaux (ϕ_t) :

ANNEXE

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

$$\phi_t = \frac{20}{3} = 6,66 \text{ mm on prend } \phi_t = 8 \text{ mm}$$

l) Longueur de recouvrement (l_r) :

l_r = 0,6 l_s avec l_s = 40φ_l longueur de scellement pour les aciers a haute adhérence

$$l_r = 0,6 \times 40 \times 20 \quad \Rightarrow \quad l_r = 480 \text{ mm} = 48,0\text{cm} \quad \text{nous prenons } l_r = 50 \text{ cm}$$

NB : il est nécessaire de disposer au moins trois aciers transversaux dans la zone de recouvrement.

m) Espacement des aciers transversaux (S_t) en zone courante :

$$S_t \leq \min [15 \times \phi_{lmax} ; a + 10\text{cm} ; 40\text{cm}] \text{ avec } \phi_{lmax} = 20 \text{ mm et } a = 25\text{cm}$$

$$S_t \leq \min [15 \times 2\text{cm} ; 25 + 10\text{cm} ; 40\text{cm}] \quad \Rightarrow \quad S_t \leq 30 \text{ cm} \quad \text{donc nous considérons un } S_t = 30 \text{ cm}$$

Poteau de rive (fil I ; axe 1)

Niveau	Section	L _f	λ	α	N _u (MN)	B _r (cm ²)	A _{sc} (cm ²)	φ _l (mm)	φ _t (mm)	S _t (cm)
1 ^{er}	25x20	1,95	27,05	0,76	0,22	0,04	3,60	4HA12	HA6	15,00
2 ^e	25x20	1,95	27,05	0,76	0,73	0,04	5,51	4HA14	HA6	20,00
3 ^e	25x25	1,95	27,05	0,76	0,97	0,05	8,43	6HA14	HA6	20,00
4 ^e	25x25	1,95	27,05	0,76	1,21	0,05	17,67	6HA20	HA8	30,00
5 ^e	25x25	1,95	27,05	0,76	1,45	0,05	26,58	5HA25+1HA16	HA8	30,00
6 ^e	25x30	1,95	27,05	0,76	1,72	0,06	31,02	8HA25	HA8	30,00
7 ^e	25x30	1,95	27,05	0,76	2,01	0,06	41,80	8HA25+2HA12	HA8	30,00

Poteau d'angle (fil K ; axe 1)

Niveau	Section	L _f	λ	α	N _u (MN)	B _r (cm ²)	A _{sc} (cm ²)	φ _l (mm)	φ _t (mm)	S _t (cm)
1 ^{er}	25x20	1,95	27,05	0,76	0,12	0,04	3,60	4HA12	HA6	15,00
2 ^e	25x20	1,95	27,05	0,76	0,70	0,04	4,00	4HA12	HA6	15,00
3 ^e	25x25	1,95	27,05	0,76	0,85	0,05	4,52	4HA12	HA6	15,00
4 ^e	25x25	1,95	27,05	0,76	1,00	0,05	9,65	6HA16	HA6	20,00
5 ^e	25x25	1,95	27,05	0,76	1,15	0,05	15,00	6HA20	HA6	25,00
6 ^e	25x30	1,95	27,05	0,76	1,30	0,06	15,21	6HA20	HA6	25,00
7 ^e	25x30	1,95	27,05	0,76	1,43	0,06	19,92	6HA20+HA12	HA6	25,00

3. DETAIL DE CALCUL POUR LA POUTRE SECONDAIRE (POUTRE FIL G AXE 1 ; 2 ; 3 ;...)

Moment maximum sur appuis et en travées à l'ELU

Soit :

M_w = moment sur appui de gauche ;

M_e = moment sur appui de droite ;

M_t = moment maximal dans la travée ;

M_{iso} = moment isostatique de référence.

Moment isostatique de référence en travée :

$$M_{iso1} = \frac{(11)^2 \times qu}{8} = \frac{56 \times (5,85)^2}{8} = 239,57 \text{ KN.m}$$

$$M_{iso2} = \frac{(12)^2 \times qu}{8} = \frac{56 \times (5,00)^2}{8} = 175,01 \text{ KN.m}$$

$$M_{iso3} = \frac{(13)^2 \times qu}{8} = \frac{56 \times (4,79)^2}{8} = 161,29 \text{ KN.m}$$

$$M_{iso4} = \frac{(14)^2 \times qu}{8} = \frac{56 \times (5,35)^2}{8} = 200,37 \text{ KN.m}$$

$$M_{iso5} = \frac{(15)^2 \times qu}{8} = \frac{56 \times (5,00)^2}{8} = 175,01 \text{ KN.m}$$

$$M_{iso6} = \frac{(16)^2 \times qu}{8} = \frac{56 \times (4,87)^2}{8} = 166,03 \text{ KN.m}$$

$$M_{iso7} = \frac{(17)^2 \times qu}{8} = \frac{56 \times (2,50)^2}{8} = 43,75 \text{ KN.m}$$

◆ *Moment sur appuis*

Pour le calcul des moments sur les appuis nous appliquons toutes les charges (poids propre, charges d'exploitation) combiner qui nous donne le cas de chargement le plus défavorable.

Le moment sur appui est calcul d'après la méthode de CAQUOT par la formule :

$$M_{appui} = - \frac{q_w \times (l'_w)^3 + q_e \times (l'_e)^3}{8,5 \times (l'_w + l'_e)} \quad \text{avec}$$

q_w : charge à gauche de l'appui considère ;

q_e : charge à droite de l'appui considère ;

l'_w : longueur de la travée à gauche de l'appui ;

l'_e : longueur de la travée à droit de l'appui.

➔ Appui A

$$M_A = 0$$

➔ Appui B

$$q_w = q_e = q_u = 56 \text{ KN.m}$$

$$l'_w = l_1 = 5,85 \text{ m}$$

$$l'_e = 0,8 \times l_2 = 0,8 \times 5,00 = 4 \text{ m}$$

ANNEXE

$$M_B = - \frac{56 \times (5,85)^3 + 56 (4)^3}{8,5 \times (5,85 + 4)} \quad \Rightarrow \quad M_B = -176,72 \text{ KN.m}$$

➔ Appui C

$$q_w = q_e = q_u = 56 \text{ KN .m}$$

$$l'_e = 0,8 \times l_2 = 0,8 \times 5,00 = 4 \text{ m}$$

$$l'_w = l_3 = 0,8 \times l_3 = 0,8 \times 4,80 = 3.84 \text{ m}$$

$$M_c = - \frac{56 \times (4)^3 + 56 (3,84)^3}{8,5 \times (3,64 + 4)} \quad \Rightarrow \quad M_c = -101,37 \text{ KN.m}$$

➔ Appui D

$$q_w = q_e = q_u = 56 \text{ KN .m}$$

$$l'_w = l_3 = 0,8 \times l_3 = 0,8 \times 4,80 = 3.84 \text{ m}$$

$$l'_e = 0,8 \times l_4 = 0,8 \times 5,35 = 4,28 \text{ m}$$

$$M_D = - \frac{56 \times (4,28)^3 + 56 (3,84)^3}{8,5 \times (3,64 + 4)} \quad \Rightarrow \quad M_D = -109,56 \text{ KN.m}$$

➔ Appui E

$$q_w = q_e = q_u = 56 \text{ KN .m}$$

$$l'_e = 0,8 \times l_4 = 0,8 \times 5,35 = 4,28 \text{ m}$$

$$l'_w = l_5 = 0,8 \times l_5 = 0,8 \times 5,00 = 4 \text{ m}$$

$$M_E = - \frac{56 \times (4,28)^3 + 56 (4)^3}{8,5 \times (3,64 + 4)} \quad \Rightarrow \quad M_E = -113,31 \text{ KN.m}$$

➔ Appui F

$$q_w = q_e = q_u = 55,67 \text{ KN .m}$$

$$l'_w = l_5 = 0,8 \times l_5 = 0,8 \times 5,00 = 4 \text{ m}$$

$$l'_e = 0,8 \times l_6 = 0,8 \times 4,87 = 3,89 \text{ m}$$

$$M_F = - \frac{56 \times (3,89)^3 + 56 (4)^3}{8,5 \times (3,64 + 4)} \quad \Rightarrow \quad M_F = -102,75 \text{ KN.m}$$

➔ Appui G

$$q_w = q_e = q_u = 55,67 \text{ KN .m}$$

$$l'_e = 0,8 \times l_6 = 0,8 \times 4,87 = 3,89 \text{ m}$$

$$l'_w = l_7 = 2,5 \text{ m}$$

$$M_G = - \frac{56 \times (3,89)^3 + 56 (2,5)^3}{8,5 \times (3,64 + 4)} \quad \Rightarrow \quad M_G = -77,01 \text{ KN.m}$$

➔ Appui H

$$M_H = 0$$

◆ *Moment en travée*

ANNEXE

De même le moment en travée se calcul par la formule suivant selon la méthode de CA-QUOT :

$$M_t = M_{iso} - \frac{[|M_w| + |M_e|]}{2} + \frac{(|M_w| - |M_e|)^2}{2 \times q_u \times (l_t)^2} \text{ avec}$$

q_w : charge à gauche de l'appui considéré ;

l'_w : porté à gauche de l'appui ;

l'_e : porté à droit de l'appui.

Q_u : charges pondéré

M_{iso} : moment isostatique de la travée

M_w : moment sur appui à gauche de la travée

M_e : moment sur appui à droit de la travée

NB : le moment sur les appuis se calculent selon le cas de chargement

➔ Travée AB

$$M_{tAB} = M_{iso1} - \frac{[|M_w| + |M_e|]}{2} + \frac{(|M_w| - |M_e|)^2}{2 \times q_u \times (12)^2} \text{ Avec}$$

$$M_{iso1} = 239,57 \text{ KN.m}$$

$$M_w = 0$$

$$M_e = - \frac{q_w \times (l'_w)^3 + q_e \times (l'_e)^3}{8,5 \times (l'_w + l'_e)}$$

$$l'_w = l_1 = 5,85 \text{ m} ; l'_e = 0,8 \times l_2 = 0,8 \times 5,00 \text{ m} = 4 \text{ m}$$

$$q_w = q_u = 56 \text{ KN.m} ; q_e = 1,35 \times g = 45,43 \text{ KN/m}$$

$$M_e = - \frac{56(5,85)^3 + 45,43(4)^3}{8,5 \times (5,85 + 4)} \Rightarrow M_e = -168,64 \text{ KN.m}$$

$$M_{tAB} = 239,57 - \frac{[|0| + |-168,64|]}{2} + \frac{(|0| - |-168,64|)^2}{2 \times 56(5,85)^2} \Rightarrow M_{tAB} = 239,49 \text{ KN.m}$$

➔ Travée BC

$$M_{tBC} = M_{iso2} - \frac{[|M_w| + |M_e|]}{2} + \frac{(|M_w| - |M_e|)^2}{2 \times q_u \times (12)^2} \text{ Avec}$$

$$M_{iso2} = 175,01 \text{ KN.m}$$

$$M_w = - \frac{q_w \times (l'_w)^3 + q_e \times (l'_e)^3}{8,5 \times (l'_w + l'_e)}$$

$$l'_w = l_1 = 5,84 \text{ m} ; l'_e = 0,8 \times l_2 = 0,8 \times 5,00 \text{ m} = 4 \text{ m}$$

$$q_e = q_u = 56 \text{ KN.m} ; q_w = 1,35 \times g = 45,43 \text{ KN/m}$$

$$M_w = - \frac{45,43(5,85)^3 + 56(4)^3}{8,5 \times (5,85 + 4)} \Rightarrow M_w = -151,44 \text{ KN.m}$$

$$M_e = - \frac{q_w \times (l'_w)^3 + q_e \times (l'_e)^3}{8,5 \times (l'_w + l'_e)} \text{ avec}$$

$$l'_w = 0,8 \times l_2 = 0,8 \times 5,00 \text{ m} = 4 \text{ m} ; l'_e = 0,8 \times l_3 = 0,8 \times 4,80 \text{ m} = 3,84 \text{ m}$$

$$q_e = q_u = 56 \text{ KN.m} ; q_w = 1,35 \times g = 45,43 \text{ KN/m}$$

$$M_e = - \frac{45,43 \times (4)^3 + 56 \times (3,84)^3}{8,5 \times (4 + 3,84)} \Rightarrow M_e = -91,21 \text{ KN.m}$$

ANNEXE

$$M_{tBC} = 173,97 - \frac{[|-151,44| + |-91,21|]}{2} + \frac{(|-151,44| - |-91,21|)^2}{2 \times 56(5)^2} \Rightarrow M_{tBC} = 174,96 \text{ KN.m}$$

➤ Travée CD

$$M_{tCD} = M_{iso3} - \frac{[|M_w| + |M_e|]}{2} + \frac{(|M_w| - |M_e|)^2}{2 \times q_u \times (13)^2} \text{ Avec}$$

$$M_{iso3} = 161,29 \text{ KN.m}$$

$$M_w = - \frac{q_w \times (l'_w)^3 + q_e \times (l'_e)^3}{8,5 \times (l'_w + l'_e)}$$

$$l'_w = 0,8 \times l_2 = 0,8 \times 5,00 \text{ m} = 4 \text{ m}; l'_e = l_3 = 0,8 \times 4,80 \text{ m} = 3,84 \text{ m}$$

$$q_e = q_u = 56 \text{ KN.m}; q_w = 1,35 \times g = 45,43 \text{ KN/m}$$

$$M_w = - \left[\frac{45,43(4)^3 + 56(3,84)^3}{8,5 \times (3,84 + 4)} \right] \Rightarrow M_w = -91,21 \text{ KN.m}$$

$$M_e = - \frac{q_w \times (l'_w)^3 + q_e \times (l'_e)^3}{8,5 \times (l'_w + l'_e)} \text{ avec}$$

$$l'_w = 0,8 \times l_3 = 0,8 \times 4,80 \text{ m} = 3,84 \text{ m}$$

$$l'_e = 0,8 \times l_4 = 0,8 \times 5,35 \text{ m} = 4,28 \text{ m}$$

$$q_w = q_u = 56 \text{ KN.m}; q_e = 1,35 \times g = 45,43 \text{ KN/m}$$

$$M_e = - \frac{56(3,84)^3 + 45,43(4,28)^3}{8,5 \times (3,84 + 4,28)} \Rightarrow M_e = -100,89 \text{ KN.m}$$

$$M_{tCD} = 161,29 - \frac{[|-91,21| + |-100,89|]}{2} + \frac{(|-91,21| - |-100,89|)^2}{2 \times 56(4,80)^2} \Rightarrow M_{tCD} = 161,22 \text{ KN.m}$$

➤ Travée DE

$$M_{tDE} = M_{iso4} - \frac{[|M_w| + |M_e|]}{2} + \frac{(|M_w| - |M_e|)^2}{2 \times q_u \times (14)^2}$$

$$M_{iso4} = 200,37 \text{ KN.m}$$

$$M_w = - \frac{q_w \times (l'_w)^3 + q_e \times (l'_e)^3}{8,5 \times (l'_w + l'_e)}$$

$$l'_w = 0,8 \times l_3 = 0,8 \times 4,80 \text{ m} = 3,84 \text{ m}; l'_e = 0,8 \times l_4 = 0,8 \times 5,35 \text{ m} = 4,28 \text{ m}$$

$$q_e = q_u = 56 \text{ KN.m}; q_w = 1,35 \times g = 45,43 \text{ KN/m}$$

$$M_w = - \left[\frac{45,43(3,84)^3 + 56(4,28)^3}{8,5 \times (3,84 + 4,28)} \right] \Rightarrow M_w = -100,89 \text{ KN.m}$$

$$M_e = - \frac{q_w \times (l'_w)^3 + q_e \times (l'_e)^3}{8,5 \times (l'_w + l'_e)} \text{ avec}$$

$$l'_w = 0,8 \times l_4 = 0,8 \times 5,35 \text{ m} = 4,28 \text{ m}; l'_e = 0,8 \times l_5 = 0,8 \times 5,00 \text{ m} = 4 \text{ m}$$

$$q_w = q_u = 56 \text{ KN.m}; q_e = 1,35 \times g = 45,43 \text{ KN/m}$$

$$M_e = - \frac{56 \times (4,28)^3 + 45,43 \times (4)^3}{8,5 \times (4,28 + 4)} \Rightarrow M_e = -101,53 \text{ KN.m}$$

$$M_{tDE} = 200,37 - \frac{[|-100,89| + |-101,53|]}{2} + \frac{(|-100,89| - |-101,53|)^2}{2 \times 56(5,35)^2} \Rightarrow M_{tDE} = 200,31 \text{ KN.m}$$

➤ Travée EF

$$M_{tEF} = M_{iso5} - \frac{[|M_w| + |M_e|]}{2} + \frac{(|M_w| - |M_e|)^2}{2 \times q_u \times (15)^2} \text{ Avec}$$

$$M_{iso5} = 175,01 \text{ KN.m}$$

ANNEXE

$$M_w = - \frac{q_w \times (l'_w)^3 + q_e \times (l'_e)^3}{8,5 \times (l'_w + l'_e)}$$

$$l'_w = 0,8 \times l_4 = 0,8 \times 5,35 \text{ m} = 4,28 \text{ m}; l'_e = 0,8 \times l_5 = 0,8 \times 5,00 \text{ m} = 4 \text{ m}$$

$$q_e = q_u = 56 \text{ KN} \cdot \text{m}; q_w = 1,35 \times g = 45,43 \text{ KN/m}$$

$$M_w = - \left[\frac{45,43(4,28)^3 + 56(4)^3}{8,5 \times (4,28 + 4)} \right] \Rightarrow M_w = - 101,53 \text{ KN.m}$$

$$M_e = - \frac{q_w \times (l'_w)^3 + q_e \times (l'_e)^3}{8,5 \times (l'_w + l'_e)} \text{ avec}$$

$$l'_w = 0,8 \times l_5 = 0,8 \times 5,00 \text{ m} = 4 \text{ m}; l'_e = 0,8 \times l_6 = 0,8 \times 4,87 \text{ m} = 3,89 \text{ m}$$

$$q_w = q_u = 56 \text{ KN} \cdot \text{m}; q_e = 1,35 \times g = 45,43 \text{ KN/m}$$

$$M_e = - \frac{56 \times (4)^3 + 45,43 \times (3,89)^3}{8,5 \times (4 + 3,89)} \Rightarrow M_e = - 92,66 \text{ KN.m}$$

$$M_{tEF} = 173,97 - \frac{[|-101,53| + |-92,66|]}{2} + \frac{(|-101,53| - |-92,66|)^2}{2 \times 56(5,00)^2} \Rightarrow M_{tEF} = 174,95 \text{ KN.m}$$

➤ Travée FG

$$M_{tFG} = M_{iso6} - \frac{[|M_w| + |M_e|]}{2} + \frac{(|M_w| - |M_e|)^2}{2 \times q_u \times (l_6)^2}$$

$$M_{iso6} = 166,03 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$M_w = - \frac{q_w \times (l'_w)^3 + q_e \times (l'_e)^3}{8,5 \times (l'_w + l'_e)} \text{ avec}$$

$$l'_w = 0,8 \times l_5 = 0,8 \times 5,00 \text{ m} = 4 \text{ m}; l'_e = 0,8 \times l_6 = 0,8 \times 4,87 \text{ m} = 3,90 \text{ m}$$

$$90 \text{ m}$$

$$q_e = q_u = 56 \text{ KN} \cdot \text{m}; q_w = 1,35 \times g = 45,43 \text{ KN/m}$$

$$M_w = - \frac{45,43 \times (4)^3 + 56 \times (3,89)^3}{8,5 \times (4 + 3,89)} \Rightarrow M_w = - 92,66 \text{ KN.m}$$

$$M_e = - \frac{q_w \times (l'_w)^3 + q_e \times (l'_e)^3}{8,5 \times (l'_w + l'_e)} \text{ avec}$$

$$l'_w = 0,8 \times l_6 = 0,8 \times 4,87 \text{ m} = 3,90 \text{ m}; l'_e = l_7 = 2,50 \text{ m}$$

$$q_w = q_u = 55,67 \text{ KN} \cdot \text{m}; q_e = 1,35 \times g = 45,02 \text{ KN/m}$$

$$M_e = - \frac{56 \times (3,89)^3 + 45,43 \times (2,50)^3}{8,5 \times (2,50 + 3,89)} \Rightarrow M_e = - 62,54 \text{ KN.m}$$

$$M_{tFG} = 166,03 - \frac{[|-92,66| + |-62,54|]}{2} + \frac{(|-92,66| - |-62,54|)^2}{2 \times 55,67(4,87)^2} \Rightarrow M_{tFG} = 165,97 \text{ KN.m}$$

➤ Travée GH

$$M_{tEF} = M_{iso7} - \frac{[|M_w| + |M_e|]}{2} + \frac{(|M_w| - |M_e|)^2}{2 \times q_u \times (l_7)^2}$$

$$M_{iso7} = 43,75 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$M_w = - \frac{q_w \times (l'_w)^3 + q_e \times (l'_e)^3}{8,5 \times (l'_w + l'_e)} \text{ avec}$$

$$l'_w = 0,8 \times l_6 = 0,8 \times 4,87 \text{ m} = 3,89 \text{ m}; l'_e = l_7 = 2,50 \text{ m}$$

$$q_e = q_u = 56 \text{ KN} \cdot \text{m}; q_w = 1,35 \times g = 45,43 \text{ KN/m}$$

$$M_w = - \frac{56 \times (2,50)^3 + 45,43 \times (3,89)^3}{8,5 \times (2,50 + 3,89)} \Rightarrow M_w = - 65,51 \text{ KN.m}$$

ANNEXE

$$M_e = 0$$

$$M_{tGH} = 43,49 - \frac{[|-65,51|+|0|]}{2} + \frac{(|-65,51|-|0|)^2}{2 \times 56 (2,50)^2} \Rightarrow M_{tGH} = 43,74 \text{ KN.m}$$

Effort tranchant

• Travée AB

$$V_u(w) = \frac{qu \times l}{2} + \frac{|M_w| - |M_e|}{l}$$

$$V_u(e) = -\frac{qu \times l}{2} + \frac{|M_w| - |M_e|}{l} \quad \text{Avec}$$

$V_u(w)$ = effort tranchant à gauche de la travée

$V_u(e)$ = effort tranchant à droite de la travée

$$M_w = M_A = 0 ; M_e = M_B = -176,72 \text{ KN.m}$$

$$L = l_1 = 5,85 \text{ m} ; q_u = 56 \text{ KN/m}$$

$$V_u(w) = \frac{56 \times 5,85}{2} + \frac{|0| - |-176,72|}{5,85} \Rightarrow V_u(w) = 133,60 \text{ KN}$$

$$V_u(e) = -\frac{56 \times 5,85}{2} + \frac{|0| - |-176,72|}{5,85} \Rightarrow V_u(e) = -152,77 \text{ KN}$$

• Travée BC

$$V_u(w) = \frac{qu \times l}{2} + \frac{|M_w| - |M_e|}{l}$$

$$V_u(e) = -\frac{qu \times l}{2} + \frac{|M_w| - |M_e|}{l} \quad \text{Avec}$$

$$M_w = M_B = -176,72 \text{ KN.m} ; M_e = M_C = -101,37 \text{ KN.m}$$

$$L = l_2 = 5,00 \text{ m} ; q_u = 56 \text{ KN/m}$$

$$V_u(w) = \frac{56 \times 5,00}{2} + \frac{|-176,72| - |-101,37|}{5,00} \Rightarrow V_u(w) = 155,08 \text{ KN}$$

$$V_u(e) = -\frac{56 \times 5,00}{2} + \frac{|-176,72| - |-101,37|}{5,00} \Rightarrow V_u(e) = -137,26 \text{ KN}$$

• Travée CD

$$V_u(w) = \frac{qu \times l}{2} + \frac{|M_w| - |M_e|}{l}$$

$$V_u(e) = -\frac{qu \times l}{2} + \frac{|M_w| - |M_e|}{l} \quad \text{Avec}$$

$$M_w = M_C = -101,37 \text{ KN.m} ; M_e = M_D = -109,56 \text{ KN.m}$$

$$L = l_3 = 4,80 \text{ m} ; q_u = 56 \text{ KN/m}$$

$$V_u(w) = \frac{56 \times 4,79}{2} + \frac{|-101,37| - |-109,56|}{4,80} \Rightarrow V_u(w) = 132,70 \text{ KN}$$

$$V_u(e) = -\frac{56 \times 4,80}{2} + \frac{|-101,37| - |-109,56|}{4,80} \Rightarrow V_u(e) = -142,55 \text{ KN}$$

• Travée DE

$$V_u(w) = \frac{qu \times l}{2} + \frac{|M_w| - |M_e|}{l}$$

$$V_u(e) = -\frac{qu \times l}{2} + \frac{|M_w| - |M_e|}{l}$$

$$\text{Avec } M_w = M_D = -106,66 \text{ KN.m} ; M_e = M_E = -110,54 \text{ KN.m}$$

$$L = l_4 = 5,35 \text{ m} ; q_u = 56 \text{ KN/m}$$

ANNEXE

$$V_u(w) = \frac{56 \times 5,35}{2} + \frac{|-109,56| - |-113,31|}{5,35} \quad \Rightarrow \quad V_u(w) = 149,11 \text{ KN}$$

$$V_u(e) = -\frac{56 \times 5,35}{2} + \frac{|-109,56| - |-113,31|}{5,35} \quad \Rightarrow \quad V_u(e) = -145,07 \text{ KN}$$

• Travée EF

$$V_u(w) = \frac{q_u \times l}{2} + \frac{|M_w| - |M_e|}{l}$$

$$V_u(e) = -\frac{q_u \times l}{2} + \frac{|M_w| - |M_e|}{l} \quad \text{Avec}$$

$M_w = M_E = -113,31 \text{ KN.m}$; $M_e = M_F = -102,75 \text{ KN.m}$;

$L=l_5=5,00 \text{ m}$; $q_u = 56 \text{ KN/m}$

$$V_u(w) = \frac{56 \times 5,00}{2} + \frac{|-113,31| - |-102,75|}{5,00} \quad \Rightarrow \quad V_u(w) = 142,12 \text{ KN}$$

$$V_u(e) = -\frac{56 \times 5,00}{2} + \frac{|-113,31| - |-102,75|}{5,00} \quad \Rightarrow \quad V_u(e) = -138,21 \text{ KN}$$

• Travée FG

$$V_u(w) = \frac{q_u \times l}{2} + \frac{|M_w| - |M_e|}{l}$$

$$V_u(e) = -\frac{q_u \times l}{2} + \frac{|M_w| - |M_e|}{l} \quad \text{Avec}$$

$M_w = M_F = -102,75 \text{ KN.m}$; $M_e = M_G = -77,01 \text{ KN.m}$;

$L=l_6=4,87 \text{ m}$; $q_u = 56 \text{ KN/m}$

$$V_u(w) = \frac{56 \times 4,87}{2} + \frac{|-102,75| - |-77,01|}{4,87} \quad \Rightarrow \quad V_u(w) = 141,65 \text{ KN}$$

$$V_u(e) = -\frac{56 \times 4,87}{2} + \frac{|-102,75| - |-77,01|}{4,87} \quad \Rightarrow \quad V_u(e) = -111,26 \text{ KN}$$

• Travée GH

$$V_u(w) = \frac{q_u \times l}{2} + \frac{|M_w| - |M_e|}{l}$$

$$V_u(e) = -\frac{q_u \times l}{2} + \frac{|M_w| - |M_e|}{l} \quad \text{Avec}$$

$M_w = M_G = -77,01 \text{ KN.m}$; $M_e = M_H = 0$;

$L=l_7=2,50 \text{ m}$; $q_u = 56 \text{ KN/m}$

$$V_u(w) = \frac{56 \times 2,50}{2} + \frac{|-77,01| - |0|}{2,50} \quad \Rightarrow \quad V_u(w) = 100,81 \text{ KN}$$

$$V_u(e) = -\frac{56 \times 2,50}{2} + \frac{|-77,01| - |0|}{2,50} \quad \Rightarrow \quad V_u(e) = -52,50 \text{ KN}$$

Détail de calcul des armatures

Le calcul des armatures se fait seulement pour la travée et l'appui dont le moment est maximum parmi les autres.

Armature en travée

Données : $M_u = M_{t \max} = 239,49 \text{ KN.m}$

$h = 55 \text{ cm}$; $b = 25 \text{ cm}$; $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$; $f_e E400$; $M_{ser} = 172,74 \text{ KN.m}$; $d = 0,9 \times h = 50 \text{ cm}$; $\partial_b = 1,5$; $\partial_s = 1,15$; $\theta = 1$; $d' = h - d = 5 \text{ cm}$; La fissuration peu préjudiciable.

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

ANNEXE

$$f_{bu} = \frac{0,85 \times 25}{1 \times 1,5} \Rightarrow f_{bu} = 14,16 \text{ MPa}$$

$$f_{t28} = 0,6 + 0,06 f_{c28}$$

$$f_{t28} = 0,6 + 0,06 \times 25 \Rightarrow f_{t28} = 2,1 \text{ MPa}$$

Moment réduit agissant

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

$$\mu_{bu} = \frac{239,49 \cdot 10^{-3}}{0,25 \times 14,16 \times (0,5)^2} \Rightarrow \mu_{bu} = 0,28$$

Moment réduit limite

On se réfère au tableau de μ_{lu} en fonction f_{c28} , f_e et du rapport ($\gamma = \frac{M_u}{M_{ser}}$) :

$$\gamma = \frac{M_u}{M_{ser}} = \frac{239,49}{172,74} = 1,39 \Rightarrow \mu_{lu} = 0,29$$

Les armatures travaillent dans le domaine plastique car $\mu_{bu} = 0,28 < \mu_{lu} = 0,29$, alors la présence des armatures comprimées n'est pas nécessaire c'est-à-dire $A' = 0$

Profondeur réduite de l'axe neutre

$$\alpha_u = 1,25 \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu_{bu}} \right)$$

$$\alpha_u = 1,25 \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,28} \right) \Rightarrow \alpha_u = 0,41$$

Calcul de bras de levier (Z_b) :

$$Z_b = d (1 - 0,4\alpha_u)$$

$$Z_b = 0,5 (1 - 0,4 \times 0,41) \Rightarrow Z_b = 0,429 \text{ m}$$

Armature tendue A_{st}

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_b \times f_{ed}}$$

$$f_{ed} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} \Rightarrow f_{ed} = 347,82 \text{ MPa} = 347,82 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2$$

$$A_{st} = \frac{0,239}{0,43 \times 347,82} \Rightarrow A_{st} = 1,667 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 16,67 \text{ cm}^2$$

Vérification de la condition de non fragilité

$$A_{min} \leq A_u$$

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

$$A_{min} = \frac{0,23 \times 25 \times 50 \times 2,1}{400} \Rightarrow A_{min} = 1,49 \text{ cm}^2 \leq A_u \text{ condition vérifiée}$$

Choix des armatures :

Aciers tendus : 4HA20 + 2HA12

Vérification des contraintes

Section rectangulaire ;

Fissuration peu préjudiciable ;

Acier de type FeE400 ;

On peut se dispenser de cette vérification dans le cas où :

ANNEXE

$$\alpha_u = 0,33 \leq \frac{\partial-1}{2} + 0,01 \times f_{c28}$$

$$\alpha_u = 0,33 \leq \frac{1,379-1}{2} + 0,01 \times 25 \quad \alpha_u = 0,33 < 0,439 \text{ condition vérifier}$$

b) Armature sur appuis

Données :

$h = 55 \text{ cm}$; $b = 25 \text{ cm}$; $f_{c28} = 25 \text{ MP}_a$; $f_e E400$; $d = 0,9 \times h = 50 \text{ cm}$; $\partial_b = 1,5$; $\partial_s = 1,15$; $\theta = 1$; $d' = h - d = 5,5 \text{ cm}$; La fissuration peu préjudiciable.

$$M_u = |MB| = |-176,72| \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$\Rightarrow M_u = 176,72 \cdot 10^{-3} \text{ MN} \cdot \text{m} \text{ à l'ELU}$$

$$M_{\text{ser}} = |MB| = |-127,48| \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$\Rightarrow M_{\text{ser}} = 127,48 \cdot 10^{-3} \text{ MN} \cdot \text{m} \text{ à l'ELS}$$

Moment réduit agissant

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

$$\mu_{bu} = \frac{176,72 \cdot 10^{-3}}{0,25 \times 14,16 \times (0,5)^2} \quad \Rightarrow \quad \mu_{bu} = 0,28$$

Moments réduit limite

On le sur le tableau de μ_{lu} en fonction f_{c28} , f_e et du rapport ($\gamma = \frac{M_u}{M_{\text{ser}}}$) :

$$\gamma = \frac{M_u}{M_{\text{ser}}} = \frac{176,72}{127,48} = 1,39 \quad \Rightarrow \quad \mu_{lu} = 0,29$$

les armatures travaillent dans le domaine plastique car $\mu_{bu} = 0,25 < \mu_{lu} = 0,29$ alors la présence des armatures comprimées n'est pas nécessaire c'est-à-dire $A' = 0$

Profondeur réduite de l'axe neutre (α_u)

$$\alpha_u = 1,25 \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu_{bu}} \right)$$

$$\alpha_u = 1,25 \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,28} \right) \quad \Rightarrow \quad \alpha_u = 0,41$$

bras de levier (Z_b) :

$$Z_b = d (1 - 0,4 \times \alpha_u)$$

$$Z_b = 0,495 (1 - 0,4 \times 0,41) \quad \Rightarrow \quad Z_b = 0,41 \text{ m}$$

Armatures tendues A_{st} :

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_b \times f_{ed}}$$

$$f_{ed} = \frac{f_e}{\partial_s} = \frac{400}{1,15} \quad \Rightarrow \quad f_{ed} = 347,82 \text{ MP}_a = 347,82 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2$$

$$A_{st} = \frac{176,72 \cdot 10^{-3}}{0,41 \times 347,82} \quad \Rightarrow \quad A_{st} = 1,160 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 = 11,60 \text{ cm}^2$$

Vérification de la condition de non fragilité

$$A_{\text{min}} \leq A_U$$

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

$$A_{\text{min}} = \frac{0,23 \times 25 \times 50 \times 2,1}{400} \quad \Rightarrow \quad A_{\text{min}} = 1,49 \text{ cm}^2 \leq A_U \text{ condition vérifier}$$

Choix des armatures :

ANNEXE

Aciers tendus : 4HA20 pour une section de 12,57 cm².

Vérification des contraintes

Section rectangulaire ;

Fissuration peu préjudiciable ;

Acier de type FeE400 ;

On peut se dispenser de cette vérification dans le cas où :

$$\alpha_u = 0,366 \leq \frac{\rho-1}{2} + 0,01 \times f_{c28}$$

$$\alpha_u = 0,366 \leq \frac{1,375-1}{2} + 0,01 \times 25 \quad \alpha_u = 0,366 < 0,437 \text{ condition vérifiée}$$

c) *Armature d'âme*

$$V_u = |V_u \max| = |-155,08| \text{ KN}$$

Vérification du béton

On doit vérifier que : $\tau_{u0} \leq \tau_{lim}$

$$\tau_{u0} = \frac{V_u}{b_0 \times d}$$

$$\tau_{u0} = \frac{155,08 \cdot 10^{-3}}{0,25 \times 0,5} \quad \Rightarrow \quad \tau_{u0} = 1,24 \text{ MPa}$$

$$\tau_{lim} = \min \left\{ \frac{0,2 \times f_{t28}}{\rho_b} ; 5 \text{ MPa} \right\}$$

$$\tau_{lim} = \min \left\{ \frac{0,2 \times 25}{1,5} ; 5 \text{ MPa} \right\}$$

$$\tau_{lim} = \min \{ 3,33 \text{ MPa} ; 5 \text{ MPa} \} \quad \Rightarrow \quad \tau_{lim} = 3,33 \text{ MPa}$$

$\tau_{lim} = 3,33 \text{ MPa} > \tau_{u0} = 1,24 \text{ MPa}$, les armatures transversales droites conviennent ($\alpha = 90^\circ$).

Calcul de τ_t

$$\tau_t \geq 0,32 \text{ MPa}$$

$\tau_t = \tau_u - \tau_b$ Or $\tau_b = 0,3 f_{t28}$ comme la fissuration est peu préjudiciable

$$\tau_b = 0,3 \times 2,1 \quad \Rightarrow \quad \tau_b = 0,63 \text{ MPa}$$

$$\tau_t = 1,79 - 0,63 \quad \Rightarrow \quad \tau_t = 1,16 \text{ MPa} > 0,32 \text{ MPa} \text{ condition vérifiée}$$

Armatures transversales

$$\varphi_t \leq \min \left(\frac{h}{35} ; \frac{b}{10} ; \varphi_{lmin} \right)$$

$$\varphi_t \leq \min \left(\frac{550}{35} ; \frac{250}{10} ; 20 \right) \quad \Rightarrow \quad \varphi_t \leq 14 \text{ mm on prend } \varphi_t = 8 \text{ mm}$$

Espacement S_t

$$S_t \leq \frac{0,8 \times A_t \times f_{et}}{\tau_t \times b} \quad \text{Avec } A_t = m_t \times a_t = 3 \times 0,5 = 1,5 \text{ cm}^2$$

$$S_t \leq \frac{0,8 \times 1,5 \times 400}{1,16 \times 25} = 16,55 \text{ cm} \quad \text{adoptons } S_t = 12 \text{ cm}$$

$$S_{tmax} = \min (0,9d ; 40 \text{ cm})$$

$$S_{tmax} = \min (0,9 \times 50 ; 40 \text{ cm}) \quad \Rightarrow \quad S_{tmax} = 40 \text{ cm}$$

d) *Vérification de l'effort tranchant au voisinage de l'appui*

ANNEXE

► Appui de rive

Vérification de l'acier $A_r < A_s$

$$A_r = \frac{1,15 \times V_u}{f_e}$$

$$A_r = \frac{1,15 \times 155,08}{400 \cdot 10^3} \Rightarrow A_r = 6,36 \text{ cm}^2 < A_U = 16,67 \text{ cm}^2$$

Vérification du béton : $V_u < V_{ur}$

$$V_{ur} = 0,267 \times b_0 \times a \times f_{c28} \quad \text{avec } a = 0,9 \times d = 45 \text{ cm}$$

$$V_{ur} = 0,267 \times 0,25 \times 0,450 \times 25 \cdot 10^3 \Rightarrow V_{ur} = 750,93 \text{ KN} > V_u = 155,08 \text{ KN} \text{ alors la condition de la contrainte du béton est assurée.}$$

► Appui intermédiaire

Vérification de l'acier

$$\frac{A_t \times f_e}{\partial s} \geq |V_u| + \frac{M_u}{0,9 \times d}$$

$$\frac{A_t \times f_e}{\partial s} \geq 155,08 + \frac{(-200,37)}{0,9 \times 0,495} \Rightarrow \frac{A_t \times f_e}{\partial s} > -299,27 \text{ KN} < 0$$

Alors la vérification du béton n'est pas nécessaire dans ce cas.

e) *Disposition des armatures transversales*

La disposition de l'armature transversale se fait suivant la méthode d'ALBERT CAQUOT

$$S_t = 12 \text{ cm} \Rightarrow \frac{S_t}{2} = 6 \text{ cm}$$

$$\text{Travée AB : } L = 585 \text{ cm} \Rightarrow \frac{L}{2} = \frac{585}{2} = 292,50 \text{ cm}$$

$$292,50 \text{ cm} = 6 + 3 \times 7 + 3 \times 8 + 3 \times 9 + 3 \times 10 + 3 \times 11 + 3 \times 13 + 3 \times 16 + 3 \times 20$$

$$\text{Travée BC : } L = 500 \text{ cm} \Rightarrow \frac{L}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ cm}$$

$$250 \text{ cm} = 6 + 3 \times 7 + 3 \times 8 + 3 \times 9 + 3 \times 10 + 3 \times 11 + 3 \times 13 + 3 \times 16 + 20$$

$$\text{Travée CD : } L = 480 \text{ cm} \Rightarrow \frac{L}{2} = \frac{480}{2} = 240 \text{ cm}$$

$$240 \text{ cm} = 6 + 3 \times 7 + 3 \times 8 + 3 \times 9 + 3 \times 10 + 3 \times 11 + 3 \times 13 + 3 \times 16 + 12$$

$$\text{Travée DE : } L = 535 \text{ cm} \Rightarrow \frac{L}{2} = \frac{535}{2} = 267,50 \text{ cm}$$

$$267,50 \text{ cm} = 6 + 3 \times 7 + 3 \times 8 + 3 \times 9 + 3 \times 10 + 3 \times 11 + 3 \times 13 + 3 \times 16 + 20 + 19,50$$

$$\text{Travée EF : } L = 500 \text{ cm} \Rightarrow \frac{L}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ cm}$$

$$250 \text{ cm} = 6 + 3 \times 7 + 3 \times 8 + 3 \times 9 + 3 \times 10 + 3 \times 11 + 3 \times 13 + 3 \times 16 + 20$$

$$\text{Travée FG : } L = 487 \text{ cm} \Rightarrow \frac{L}{2} = \frac{487}{2} = 243,50 \text{ cm}$$

$$243,50 \text{ cm} = 6 + 3 \times 7 + 3 \times 8 + 3 \times 9 + 3 \times 10 + 3 \times 11 + 3 \times 13 + 3 \times 16 + 15,50$$

$$\text{Travée GH : } L = 125 \text{ cm} \Rightarrow \frac{L}{2} = \frac{125}{2} = 62,50 \text{ cm}$$

$$62,50 \text{ cm} = 6 + 3 \times 7 + 3 \times 8 + 3 \times 9 + 3 \times 10 + 11 + 6$$

4. DIMENSIONNEMENT DES DALLES

b) Dalle pleine

► Evaluation des charges

● Charges permanent

Pour une bande de 1ml on a :

- Poids propre de la dalle : $1\text{m} \times 0,12\text{m} \times 25\text{KN/m}^3 = 3\text{ KN/ml}$;
- Revêtement en carreaux granitoux : $1\text{m} \times 0,02\text{m} \times 22\text{KN/m}^3 = 0,44\text{ KN/ml}$;
- Mortier de pose : $1\text{m} \times 0,02\text{m} \times 22\text{KN/m}^3 = 0,44\text{ KN/ml}$.

$$G = 3 + 0,44 + 0,44 \quad \Rightarrow \quad g = 3,88\text{ KN/ml}$$

● Charge d'exploitation

$$q = 2,5\text{KN/m}^2 \times 1\text{m} \quad \Rightarrow \quad q = 2,5\text{ KN/ml}$$

● Combinaison des charges

A l'ELU : $P_u = 1,35g + 1,5q$

$$P_u = 1,35 \times 3,88 + 1,5 \times 2,5 \quad \Rightarrow \quad P_u = 8,98\text{ KN/ml}$$

A l'ELS : $P_{ser} = g + q$

$$P_{ser} = 3,88 + 2,5 \quad \Rightarrow \quad P_{ser} = 6,38\text{ KN/ml}$$

► Moment et effort tranchant

Donnée : $l_x = 5,40\text{m}$; $l_y = 6,17\text{m}$

$\alpha = \frac{l_x}{l_y} = \frac{5,40}{6,17} = 0,87 > 0,4$ alors la travaille dans les deux sens

$$\mu_x = 0,0456 \quad \text{et} \quad \mu_y = 0,7834$$

● Calcul de des moments isostatiques de comparaison

► A l' ELU :

$$\checkmark \text{ Sens } l_x \quad M_{0x} = P_u \times l_x^2 \times \mu_x$$

$$M_{0x} = 0,0456 \times (5,40)^2 \times 8,98 \quad \Rightarrow \quad M_{0x} = 11,94\text{ KN.m}$$

$$\checkmark \text{ Sens } l_y \quad M_{0y} = \mu_y \times M_{0x}$$

$$M_{0y} = 0,7834 \times 11,94 \quad \Rightarrow \quad M_{0y} = 9,35\text{ KN.m}$$

► A l' ELS :

$$\checkmark \text{ Sens } l_x \quad M_{0x} = P_{ser} \times l_x^2 \times \mu_x$$

$$M_{0x} = 0,0456 \times (5,40)^2 \times 6,38 \quad \Rightarrow \quad M_{0x} = 8,48\text{ KN.m}$$

$$\checkmark \text{ Sens } l_y \quad M_{0y} = \mu_y \times M_{0x}$$

$$M_{0y} = 0,7834 \times 8,48 \quad \Rightarrow \quad M_{0y} = 6,65\text{ KN.m}$$

● Calcul des moments en travée

A l'ELU :

$$\checkmark M_{1xu} = 0,75 M_{0x} \quad \Rightarrow \quad M_{1xu} = 0,75 \times 11,94 \quad \Rightarrow \quad M_{1xu} = 8,96\text{ KN.m}$$

$$\checkmark M_{1yu} = 0,75 M_{0y} \quad \Rightarrow \quad M_{1yu} = 0,75 \times 9,35 \quad \Rightarrow \quad M_{1yu} = 7,01\text{ KN.m}$$

A l'ELS :

ANNEXE

$$\checkmark M_{txser} = 0,75 M_{0x} \Rightarrow M_{txser} = 0,75 \times 8,48 \Rightarrow M_{txu} = 6,36 \text{ KN.m}$$

$$\checkmark M_{tyser} = 0,75 M_{0y} \Rightarrow M_{tyu} = 0,75 \times 6,65 \Rightarrow M_{tyu} = 4,99 \text{ KN.m}$$

• Calcul des moments sur appui

$$\text{A l'ELU : } M_{axu} = -0,5 M_{0xu} \Rightarrow M_{axu} = -0,5 \times 11,94 \Rightarrow M_{txu} = -5,97 \text{ KN.m}$$

$$\text{A l'ELS : } M_{axser} = -0,5 M_{0x} \Rightarrow M_{axser} = -0,5 \times 8,48 \Rightarrow M_{axu} = -4,24 \text{ KN.m}$$

• Détermination des efforts tranchants

$$\checkmark \text{ Au milieu de } l_x : V_x = \frac{Pu \times l_x}{2 + \alpha}$$

$$V_x = \frac{8,98 \times 5,40}{2 + 0,87} \Rightarrow V_x = 16,90 \text{ KN}$$

$$\checkmark \text{ Au milieu de } l_y : V_y = \frac{Pu \times l_x}{3} \leq V_x$$

$$V_y = \frac{8,98 \times 5,40}{3} \Rightarrow V_y = 16,16 \text{ KN} < V_x$$

► Armatures en travée

• Dans le sens parallèle à l_x :

Le calcul se fera comme celui d'une poutre rectangulaire à 1m de largeur et une hauteur de 0,12m :

- Largeur : $b_0 = 1\text{m}$
- Hauteur : $h = 0,12\text{m}$;
- Hauteur utile : $d = 0,9h = 0,9 \times 0,12 = 0,10\text{m}$.
- Matériaux :
- Béton : $f_{c28} = 25\text{MPa}$; $\gamma_b = 1,5$; $f_{t28} = 0,6 + 0,06 f_{c28} = 2,1\text{MPa}$;
- Acier : $f_e = 400\text{MPa}$; $\gamma_s = 1,15$
- Moment ultime : $M_u = 8,96 \text{ KN.m}$
- Moment en service : $M_{ser} = 6,36 \text{ KN.m}$

la fissuration est peu préjudiciable.

► Calcul de la contrainte de calcul du béton

$$f_{bu} = \frac{0,85 \times 25}{1 \times 1,5} \Rightarrow f_{bu} = 14,16 \text{ MPa}$$

► Moment réduit agissant

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

$$\mu_{bu} = \frac{0,00896}{1 \times 14,16 \times (0,10)^2} \Rightarrow \mu_{bu} = 0,063$$

► Moment réduit limite

$\mu_{lu} = 0,3399\gamma - 0,1748$ (cette formule est tirée du tableau de μ_{lu} avec γ fonction de M_u et M_{ser})

$$\gamma = \frac{M_u}{M_{ser}} = \frac{8,96}{6,36} = 1,40$$

$$\text{D'où on aura } \mu_{lu} = 0,3399 \times 1,40 - 0,1748 \Rightarrow \mu_{lu} = 0,30$$

ANNEXE

Comparaison : $\mu_{bu} = 0,063 < \mu_{lu} = 0,30$ alors la présence des armatures comprimées n'est pas nécessaire c'est-à-dire $A' = 0$ Calculons la profondeur réduite de l'axe neutre (α_u) à l'ELU

➔ Bras de levier

$$Z_b = d(1 - 0,4 \times \alpha_u) \text{ avec}$$

$$\alpha_u = 1,25 \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu_{bu}} \right)$$

$$\alpha_u = 1,25 \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,063} \right) \Rightarrow \alpha_u = 0,081$$

$$Z_b = 0,10(1 - 0,4 \times 0,081) \Rightarrow Z_b = 0,097 \text{ m}$$

➔ Armature tendues:

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

$$f_{ed} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} \Rightarrow f_{ed} = 347,82 \text{ MPa} = 347,82 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2$$

$$A_u = \frac{0,00896}{0,097 \times 347,82} \Rightarrow A_u = 2,66 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 2,66 \text{ cm}^2$$

➔ Vérification de la condition de non fragilité

$$A_{\min} \leq A_U$$

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

$$A_{\min} = \frac{0,23 \times 10 \times 1 \times 2,1}{400} \Rightarrow A_{\min} = 0,012 \text{ cm}^2 \leq A_U \text{ condition vérifier}$$

➔ Choix des armatures :

- Aciers tendus : 4HA10 pour une section de 3,14 cm²;

L' espacement entre les aciers

$$S_{tx} \leq \min \{3h ; 33\text{cm}\} = \min \{3 \times 12 ; 33\text{cm}\} \Rightarrow S_{tx} \leq 33\text{cm}$$

$$\text{Pour 1m on a quatre aciers à disposer donc } S_t = \frac{100}{4} = 25\text{cm} \Rightarrow S_t < 33\text{cm}$$

◆ Dans le sens de parallèle a l_y :

$$M_u = 7,01 \text{ KN.m}; M_{ser} = 4,99 \text{ KN.m}$$

Les autres données sont les mêmes que celles utilisées dans le sens parallèle à l_x .

En suivant la même procédure de calcul que celle dans le sens parallèle à l_x on trouve :

$$A_s = 2,03 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 2,03 \text{ cm}^2$$

Choix des aciers : on choisit 3HA10 de section 2,36 cm² ;

Espacement : S_t = 33cm

ARMATURES SUR APPUIS

$$\text{Données : } M_u = |Maxu| = |-5,97| \text{ KN.m}$$

Les autres données sont les mêmes que celles utilisées dans le sens parallèle à l_x .

En suivant la même procédure de calcul que celle dans le sens parallèle à l_x on trouve :

$$A_s = 1,86 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 1,86 \text{ cm}^2$$

Choix des aciers : on choisit 4HA8 de section 2,01 cm²

Espacement : S_t = 25cm

c) Dalle à corps creux

Données: $b_0=12\text{cm}$; $h_0=4\text{cm}$; $h_t=20\text{cm}$; $b=60\text{cm}$; $h=24\text{cm}$; $d=22\text{cm}$

La fissuration est peu préjudiciable

Evaluation des charges

- Charges permanentes

$g = \text{poids propre du plancher} \times b$

Avec poids propre du plancher : $4,86 \text{ KN/m}^2$

$$g = 4,86 \times 0,6 = 2,92 \text{ KN/m} \Rightarrow g = 2,92 \text{ KN/m}$$

- Charges d'exploitation

$$q = 1,5 \times 0,6 = 0,9 \text{ KN/m} \Rightarrow q = 0,9 \text{ KN/m}$$

- Combinaison des charges à l'ELU

$$q_u = 1,35g + 1,5q = 1,35 \times 2,92 + 1,5 \times 0,9 = 5,29 \text{ KN/m} \Rightarrow q_u = 5,29 \text{ KN/m}$$

- Combinaison des charges à l'ELS

$$q_{\text{ser}} = g + q = 2,92 + 0,9 = 3,82 \text{ KN/m} \Rightarrow q_{\text{ser}} = 3,82 \text{ KN/m}$$

► Moment isostatique

$$M_u = \frac{q_u l^2}{8} = \frac{5,29 \times 5,29}{8} = 17,88 \text{ KN.m}$$

$$M_{\text{ser}} = \frac{q_{\text{ser}} l^2}{8} = \frac{5,29 \times 3,82}{8} = 12,91 \text{ KN.m}$$

► Calcul du moment capable de la table

$$M_{tu} = b h_0 \left(d - \frac{h_0}{2} \right) f_{bu} \text{ avec } f_{bu} = \frac{0,85 \times f_{c28}}{\alpha_b \theta} \Rightarrow f_{bu} = 14,16 \text{ MPa}$$

$$M_{tu} = 0,6 \times 0,04 \left(0,22 - \frac{0,04}{2} \right) \times 14,16 \cdot 10^3 \Rightarrow M_{tu} = 67,97 \text{ KN.m}$$

$$M_u = 17,88 \text{ KN.m} < M_{tu} = 67,97 \text{ KN.m}$$

Cela signifie que l'axe neutre passe par la table de compression et le calcul de la poutrelle se fait comme pour une poutre rectangulaire $b \times h$ avec $b = 12\text{cm}$ et $h = 24\text{cm}$.

► Calcul des armatures

● Moment réduit agissant

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

$$\mu_{bu} = \frac{17,88 \cdot 10^{-3}}{0,12 \times 14,16 \times (0,22)^2} \Rightarrow \mu_{bu} = 0,217$$

● Moment réduit limite

$$\rho = \frac{M_u}{M_{\text{ser}}} = \frac{17,88}{12,91} = 1,38 \Rightarrow \mu_{lu} = 0,296$$

les armatures travaillent dans le domaine plastique car $\mu_{bu} = 0,22 < \mu_{lu} = 0,29$, alors la présence des armatures comprimées n'est pas nécessaire c'est-à-dire $A' = 0$

● Bras de levier

$$Z_b = d (1 - 0,4 \times \alpha_u) \text{ avec}$$

$$\alpha_u = 1,25 \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu_{bu}} \right)$$

ANNEXE

$$\alpha_u = 1,25 \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,217} \right) \Rightarrow \alpha_u = 0,31$$

$$Z_b = 0,22 (1 - 0,4 \times 0,31) \Rightarrow Z_b = 0,19 \text{ m}$$

• Section d'armature

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

$$f_{ed} = \frac{f_e}{\partial_s} = \frac{400}{1,15} \Rightarrow f_{ed} = 347,82 \text{ MP}_a = 347,82 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2$$

$$A_u = \frac{17,88 \cdot 10^{-3}}{0,19 \times 347,82} \Rightarrow A_u = 2,71 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 2,71 \text{ cm}^2$$

• Vérification de la condition de non fragilité

$$A_{\min} \leq A_u$$

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

$$A_{\min} = \frac{0,23 \times 12 \times 22 \times 2,1}{400} \Rightarrow A_{\min} = 0,319 \text{ cm}^2 \leq A_u \text{ condition vérifiée}$$

• Choix des armatures :

Aciers tendus : 2HA12 + 1HA8 pour une section de 2,76 cm².

• Vérification des contraintes

- Section rectangulaire ;
- Fissuration peu préjudiciable ;
- Acier de type F_eE400 ;

On peut se dispenser de cette vérification dans le cas où :

$$\alpha_u = 0,31 \leq \frac{\partial - 1}{2} + 0,01 \times f_{c28}$$

$$\alpha_u = 0,31 \leq \frac{1,38 - 1}{2} + 0,01 \times 25 \Rightarrow \alpha_u = 0,31 < 0,44 \text{ condition vérifiée}$$

• Calcul des armatures transversales

$$V_u = \frac{q_{uL}}{2} = \frac{17,88 \times 5,20}{2} = 46,49 \text{ KN}$$

$$V_u = 46,49 \text{ KN}$$

• Vérification du béton

On doit vérifier que : $\tau_{u0} \leq \tau_{\text{lim}}$

$$\tau_{u0} = \frac{V_u}{b_0 \times d}$$

$$\tau_{u0} = \frac{46,49 \cdot 10^{-3}}{0,12 \times 0,22} \Rightarrow \tau_{u0} = 1,76 \text{ MP}_a$$

$$\tau_{\text{lim}} = \min \left\{ \frac{0,2 \times f_{t28}}{\partial_b} ; 5 \text{ MP}_a \right\}$$

$$\tau_{\text{lim}} = \min \left\{ \frac{0,2 \times 25}{1,5} ; 5 \text{ MP}_a \right\}$$

$$\tau_{\text{lim}} = \min \{ 3,33 \text{ MP}_a ; 5 \text{ MP}_a \} \Rightarrow \tau_{\text{lim}} = 3,33 \text{ MP}_a$$

$\tau_{\text{lim}} = 3,33 \text{ MP}_a > \tau_{u0} = 1,76 \text{ MP}_a$, les armatures transversales droites conviennent ($\alpha = 90^\circ$).

• Calcul de τ_t

ANNEXE

$$\tau_t \geq 0,32 \text{MPa}$$

$\tau_t = \tau_u - \tau_b$ Or $\tau_b = 0,3 f_{t28}$ comme la fissuration est peu préjudiciable

$$\tau_b = 0,3 \times 2,1 \quad \Rightarrow \quad \tau_b = 0,63 \text{ MPa}$$

$$\tau_t = 1,76 - 0,63 \quad \Rightarrow \quad \tau_t = 1,13 \text{ MPa} > 0,32 \text{MPa} \text{ condition vérifiée}$$

• Calcul de diamètre des armatures transversales

$$\varphi_t \leq \min\left(\frac{h}{35}; \frac{b}{10}; \varphi_{lmin}\right)$$

$$\varphi_t \leq \min\left(\frac{240}{35}; \frac{120}{10}; 8\right) \quad \Rightarrow \quad \varphi_t \leq 6,86 \text{ mm on prend } \varphi_t = 6 \text{ mm}$$

• Calcul de l'espacement S_t

$$S_t \leq \frac{0,8 \times A_t \times f_{et}}{\tau_t \times b} \quad \text{Avec } A_t = m_t \times a_t = 3 \times 0,28 = 0,84 \text{cm}^2$$

$$S_t \leq \frac{0,8 \times 0,84 \times 400}{1,13 \times 12} = 19,82 \text{cm} \quad \text{adoptons } S_t = 15 \text{ cm}$$

Détail de calcul de la semelle excentre

5. SEMELLE AU DROIT DE JOINT (FIL E ; AXE 14)

Données : $N_g = 1046,99 \text{ KN}$; $N_q = 112,28 \text{ KN}$; $\bar{\sigma}_{sol} = 3 \text{bars} = 0,3 \text{MPa}$; $a = 25 \text{cm}$; $b = 40 \text{cm}$; $f_{c28} = 25 \text{MPa}$; $f_e = 400 \text{MPa}$; $\gamma_b = 1,5$; $\gamma_s = 1,15$; $\theta = 1$; $\eta = 1,6$; la fissuration est considérée comme préjudiciable.

NB : les valeurs des charges N_g et N_q sont celles obtenues lors de la descente des charges sur le poteau de droit de joint : fil E ; axe 14 (niveau N_4 + poids propre du poteau amorce).

a) Combinaison des charges :

À l'ELU

$$N_u = 1,35 N_g + 1,5 N_q$$

$$N_u = 1,35 \times 1046,99 + 1,5 \times 112,28 \Rightarrow N_u = 1582 \text{ KN} = 1582.10^3 \text{ N}$$

à l'ELS

$$N_{ser} = N_g + N_q$$

$$N_{ser} = 1046,99 + 112,28 \Rightarrow N_{ser} = 1159,27 \text{KN} = 1,1593 \text{ MN}$$

b) Géométrie de la semelle

Section

$$A \geq \sqrt{\frac{a \times N_{ser}}{b \times \bar{\sigma}_{sol}}} \quad \text{et} \quad B \geq \sqrt{\frac{b \times N_{ser}}{a \times \bar{\sigma}_{sol}}}$$

$$A \geq \sqrt{\frac{0,25 \times 1,1593}{0,40 \times 0,3}} \quad \Rightarrow \quad A \geq 1,55 \text{ m}$$

$$B \geq \sqrt{\frac{0,40 \times 1,1593}{0,25 \times 0,3}} \quad \Rightarrow \quad B \geq 2,49 \text{ m}$$

Alors nous prenons : $A = 2,00 \text{ m} = 200 \text{ cm}$ et $B = 2,80 \text{ m} = 280 \text{cm}$

Calcul de la hauteur (H) de la semelle

$$H = d + c \quad \text{avec } c : \text{enrobage de } 5 \text{cm et } d \geq \max [d_a ; d_b]$$

ANNEXE

$$d_a = \frac{A-a}{4} = \frac{200-25}{4} \quad \Rightarrow \quad d_a = 43,75 \text{ cm}$$

$$d_b = \frac{B-b}{4} = \frac{280-40}{4} \quad \Rightarrow \quad d_b = 60 \text{ cm}$$

$$d \geq \max [43,75 \text{ cm} ; 60 \text{ cm}] \quad \Rightarrow \quad d = 65 \text{ cm}$$

$$H = 65 + 5 \quad \Rightarrow \quad H = 70 \text{ cm}$$

Les dimensions de la semelle isolée sous poteau au droit de joint le plus sollicité sont :
200cm× 280cm× 70cm

Vérification de la condition de non poinçonnement

• *Contrainte sur le sol*

$$\bar{\sigma}_{\text{sol}} \geq \sigma_{\text{sol}} = \frac{F}{A \times B} \quad \text{avec} \quad F = N_u + \frac{N_u \times e}{l}$$

$$\sigma_{\text{sol}} = \frac{N_u \times l + N_u \times e}{A \times B \times l} \quad \text{avec} \quad l = 6,275 \text{ m et } e = 0,125 \text{ m}$$

$$\sigma_{\text{sol}} = \frac{1,582 \times 6,275 + 1,582 \times 0,125}{2 \times 2,80 \times 6,275} \quad \Rightarrow \quad \sigma_{\text{sol}} = 0,288 \text{ MP}_a$$

$\bar{\sigma}_{\text{sol}} > \sigma_{\text{sol}} = 0,288$ alors les dimensions de la semelle sont suffisantes

• *La charge poinçonnant (N_u')*

$$N_u' \leq 0,045 \times \mu_c \times H \times \sigma_{bc} \quad \text{avec} \quad \mu_c = 2 \times a_1 = 2(a + H) = 2(25 + 70) = 190 \text{ cm}$$

$$\sigma_{bc} = 14,16 \text{ MP}_a$$

$$N_u' = N_u - (N_u + 1,35G_0) \left[\frac{a_2 \times b_2}{A \times B} \right]$$

$$a_2 = a + 2H = 25 + 2 \times 70 = 165 \text{ cm} ; \quad b_2 = b + 2H = 40 + 2 \times 70 = 180 \text{ cm} ;$$

$$G_0 = H \times A \times B \times \rho \quad \rho = 25 \text{ KN/m}^3$$

$$G_0 = 0,7 \times 2 \times 2,80 \times 25 \quad \Rightarrow \quad G_0 = 98 \text{ KN} = 0,098 \text{ MN}$$

$$N_u' = 1582 - (1582 + 1,35 \times 98) \left[\frac{1,65 \times 1,80}{2 \times 2,80} \right] \quad \Rightarrow \quad N_u' = 672,81 \text{ KN}$$

$N_u' = 672,81 \text{ KN} < 0,045 \times 1900 \times 700 \times 14,16 = 847476 \text{ N} = 847,476 \text{ KN}$ alors la condition est vérifiée donc l'épaisseur de la semelle est suffisante.

c) Section d'acier par la méthode de bielle

calcul à l'ELU

$$A_a = \frac{N_u (A - a)}{8 \times d_a \times \sigma_s} \quad \text{et} \quad A_b = \frac{N_u (B - b)}{8 \times d_b \times \sigma_s}$$

$$\text{Avec} \quad \sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 347,82 \text{ MP}_a$$

$$A_a = \frac{1589,103 (2000 - 250)}{8 \times 437,5 \times 347,82} \quad \Rightarrow \quad A_a = 2274,16 \text{ mm}^2 = 22,74 \text{ cm}^2$$

$$A_b = \frac{1589,103 (2800 - 400)}{8 \times 600 \times 347,82} \quad \Rightarrow \quad A_b = 2274,16 \text{ mm}^2 = 22,74 \text{ cm}^2$$

Calcul à l'ELS

$$A_a = \frac{N_{ser} (A - a)}{8 \times d_a \times \sigma_s} \quad \text{et} \quad A_b = \frac{N_{ser} (B - b)}{8 \times d_b \times \sigma_s}$$

$$\text{Avec} \quad \sigma_s = 110 \sqrt{f_{t28} \times \eta} = 110 \sqrt{2,1 \times 1,6} = 202 \text{ MP}_a$$

ANNEXE

$$A_a = \frac{1159,27.103 (2000 - 250)}{8 \times 437,5 \times 202} \quad \Rightarrow \quad A_a = 2869,48 \text{mm}^2 = 28,69 \text{cm}^2$$

$$A_b = \frac{1159,27.103(2800 - 400)}{8 \times 600 \times 202} \quad \Rightarrow \quad A_b = 2869,48 \text{mm}^2 = 28,69 \text{cm}^2$$

Donc les sections d'armature déterminées pour l'état limite ultime ne sont pas nécessaires, alors on doit prendre les sections correspondantes au calcul à l'ELS.

Choix des aciers :

Choisissons 15HA16 avec une section de 30,16cm²

Détermination de l'épaisseur de la semelle au bord libre :

$$e \geq 6\phi + 6 \text{cm} = 6 \times 1,6 + 6 = 15,6 \text{cm} \quad \text{soit } e = 20 \text{cm}$$

Détermination de la longueur de scellement

$$l_{s(a)} = l_{s(b)} = \frac{\phi f_e}{4 \times \bar{\tau}_s} \quad \text{avec} \quad \bar{\tau}_s = 2,83 \text{MP}_a$$

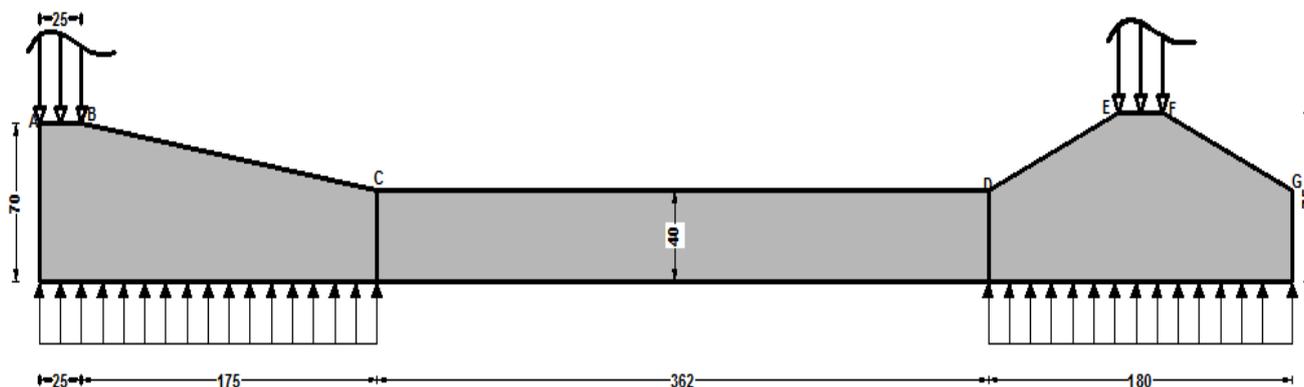
$$l_{s(a)} = l_{s(b)} = \frac{16 \times 400}{4 \times 2,83} \quad \Rightarrow \quad l_{s(a)} = l_{s(b)} = 565,37 \text{mm} = 56,64 \text{cm}$$

Comme :

$$\frac{B}{8} = \frac{200}{8} = 25 \text{cm} < l_s < \frac{B}{4} = 70 \text{cm} ;$$

Alors toutes les barres doivent être prolongée jusqu'aux extrémités de la semelle mais peuvent ne pas comporter de crochets.

6. DIMENSIONNEMENT DE LA LONGRINE DE LA LONGRINE DE REDRESSEMENT



a) Pré dimensionnement de la longrine

Pour respecter les conditions admissible de la flèche, on doit choisir la hauteur de la longrine h telle que :

$$\frac{l_{max}}{16} \leq h \leq \frac{l_{max}}{10} \quad \text{Avec : } l_{max} = 640 \text{cm}$$

$$\frac{640}{16} \leq h \leq \frac{640}{10} \quad \Leftrightarrow \quad 40 \text{cm} \leq h \leq 64 \text{cm}$$

On prend $h = 40 \text{cm}$

ANNEXE

Notre longrine de redressement à pour dimension : $b \times h = 25\text{cm} \times 40\text{cm}$.

Trace des diagrammes des sollicitations

Tracé des diagrammes des sollicitations



Données : $N_1 = 1582 \text{ KN}$; $N_2 = 2129,04 \text{ KN}$

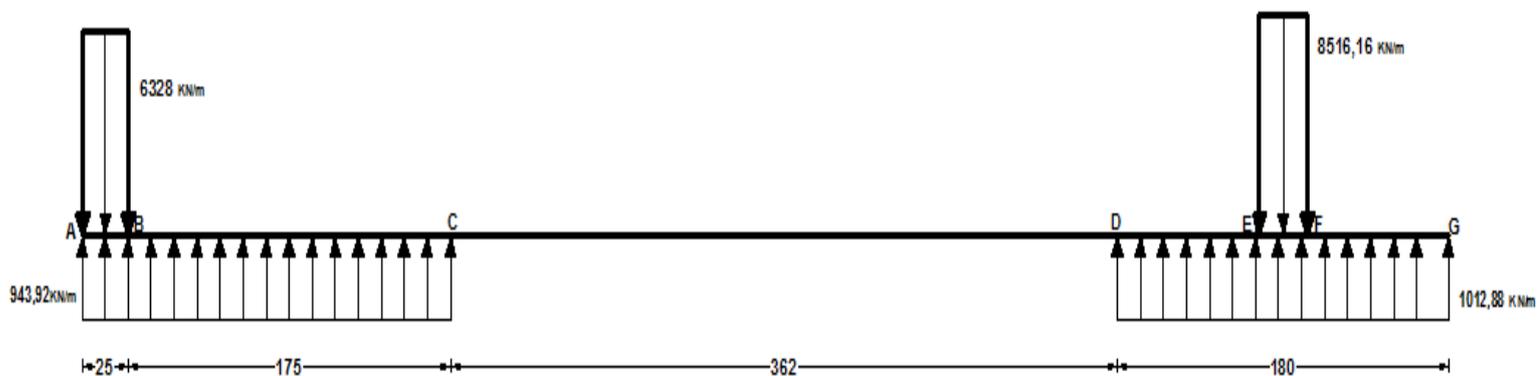
Par application du principe fondamental de la statique, la somme des moments des forces appliquées sur la poutre en tout point du plan, en particulier au point E.

$$\sum M/E = 0 \Rightarrow 5,37 N_1 + q_1 \times 2 (5,37 + 0,13 - 1) = 0$$

$$\Rightarrow q_1 = 943,92 \text{ KN}$$

$$\sum F/y = 0 \Rightarrow q_1 \times 2 + q_2 \times 1,80 = N_1 + N_2$$

$$\Rightarrow q_2 = 1012,88 \text{ KN}$$



Les équations des moments et des efforts tranchants sont représentés dans le tableau suivant

Tronçon	$M(x)$	x (m)	$M(0)$	$M(x)$
AB	$-2692,04 x^2$	0,25	0,00	-168,25
BC	$-471,94 x^2 - 1336,59 x - 30,32$	1,75	-30,32	-3814,67
CD	$-305,8 x + 1086,32$	3,63	1086,32	-23,88

ANNEXE

CALCUL DES ACIERS A METTRE EN PLACE DANS LA LONGRINE :

Armatures longitudinales

Données : h =70 cm ; b=40 cm ; f_{c28}=25MP_a ; f_cE400 ;; d= 0,9 x h= 45 cm;δ_b=1,5 ;δ_s=1,15 ;θ=1 ;d'= h - d = 5 cm La fissuration est préjudiciable

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

$$f_{bu} = \frac{0,85 \times 25}{1 \times 1,5} \Rightarrow f_{bu} = 14,16 \text{ MP}_a$$

$$f_{t28} = 0,6 + 0,06 f_{c28}$$

$$f_{t28} = 0,6 + 0,06 \times 25 \Rightarrow f_{t28} = 2,1 \text{ MP}_a$$

calcul du moment fléchissant réduit à l'état limite ultime

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

$$\mu_{bu} = \frac{1086,32 \cdot 10^{-3}}{0,40 \times 14,16 \times (0,63)^2} \Rightarrow \mu_{bu} = 0,48$$

Calcul des moments fléchissant à l'ELU

$$\mu_{lu} = 0,3399\delta - 0,1748 \quad (\text{cette est tirée du tableau de } \mu_{lu} \text{ avec } \gamma \text{ fonction de } M_u \text{ et } M_{ser})$$

$$\gamma = \frac{M_u}{M_{ser}} = \frac{1086,32}{781,52} = 1,39$$

$$D'où \text{ on aura } \mu_{lu} = 0,3399 \times 1,36 - 0,1748 \Rightarrow \mu_{lu} = 0,289$$

Comparaison : $\mu_{lu} = 0,289 < \mu_{bu} = 0,48$ alors la présence des armatures comprimées sont nécessaire c'est-à-dire $A' \neq 0$

Moment résistant du béton M_{rub}

$$M_{rub} = \mu_{lu} \times b \times d^2 \times f_{bu}$$

Moment résiduel

$$M_{res} = M_u - M_{rub}$$

Section d'acier tendu

$$A_{st1} = \frac{M_{rub}}{f_{su} \times Z_1}$$

$$Z_1 = d (1 - 0,4 \times \alpha_u)$$

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

$$A_{st2} = \frac{M_u - M_{rub}}{f_{su} (d \times d')}$$

Section d'acier tendu

$$A_{st2} = \frac{M_u - M_{rub}}{\sigma_{sc} (d \times d')}$$

$$\sigma_{sc} = 9 f_{c28} \gamma - 0,9\delta'(13 f_{c28} + 415) \leq 348 \text{ MP}_a$$

M _u	M _{ser}	b	h	d	d'	F _{bu}	F _{c28}	F _{t28}	μ _{bu}	μ _{lu}	α _u	Z ₁	A _{st1}	A _{st2}	A _{sc}
1 086,32	781,52	0,40	0,70	0,63	0,03	14,16	25,00	2,10	0,48	0,30	1,02	0,37	5,16	39,98	49,7

7. DETAIL DE DIMENSIONNEMENT DE LA FASSE SEPTIQUE

Données : $N_u = 200$ usg (nombre d'usagers)

$q_0 = 80$ litre /usagers /jour (rejet d'eau par usager)

a) Calcul de la quantité journalière de rejet

$$Q_{tr} = N_u \times q_0$$

$$Q_{tr} = 200 \times 80 \Rightarrow Q_{tr} = 16000 \text{ litre/jour}$$

La capacité nominale de la fosse pour un lieu public est comprise entre : [3800l ; 30400l]

3800l < 16000l < 30400l alors le volume utile v_u vaut :

$$v_u = 1,5 Q_{tr} = 1,5 \times 16000 = 24000l \Rightarrow v_u = 24m^3$$

b) Hauteur utile H_u

La hauteur H_u doit vérifier la relation suivante :

$$1,50m \leq H_u \leq 2,10m \quad \text{on prend } H_u = 2,00m$$

c) Calcul de la longueur et de la largeur

La longueur et la largeur sont en fonction de la relation suivante :

$$2 \leq \frac{L}{l} \leq 3 \Leftrightarrow 2l \leq L \leq 3l \quad \text{or } V_u = L \times l \times H_u \Rightarrow L = \frac{V_u}{l \times H_u}$$

$$2l \leq \frac{V_u}{l \times H_u} \leq 3l \Leftrightarrow \frac{1}{2l} \leq \frac{l \times H_u}{V_u} \leq \frac{1}{3l} \Leftrightarrow \frac{1}{2} \leq \frac{l^2 \times H_u}{V_u} \leq \frac{1}{3}$$

$$6,02 > l^2 > 3,98 \Leftrightarrow 2,45 > l > 1,99 \Rightarrow l = 2,25m$$

$$\text{Soit } L = \frac{24}{2,25 \times 2} \Rightarrow L = 5,30m$$

Pour un volume utile supérieur ou égal à $15m^3$ il est préférable de réaliser une fosse septique de deux compartiments ; comme $V_u = 24m^3 > 15m^3$ alors nous réaliserons une fosse à deux compartiments.

d) Dimensionnement du premier compartiment

$$L_1 = \frac{2}{3}L = \frac{2 \times 5,30}{3} \Rightarrow L_1 = 3,53m \quad \text{d'où les dimensions seront : } 3,53m \times 2,25m \times 2,00m.$$

e) Dimensionnement du deuxième compartiment

$$L_2 = \frac{1}{3}L = \frac{5,30}{3} \Rightarrow L_2 = 1,77m \quad \text{d'où les dimensions seront : } 1,77m \times 2,25m \times 2,00m.$$

8. DETAIL DE CALCUL DE PUISARD

Le puisard est placé pour assurer l'évacuation et la diffusion dans le sol des eaux provenant de fosse septique.

Dimensionnement du puisard

Données : $N_u = 200$ usg (nombre d'usagers)

$q_0 = 80$ litre /usagers /jour (rejet d'eau par usager)

a) Calcul du volume total de rejet

$$V_t = N_u \times q_0$$

ANNEXE

$$V_t = 200 \times 80 \Rightarrow V_t = 16000 \text{ litre/jour}$$

b) Calcul du volume d'effluent

$$V_e = 80\% V_t$$

$$V_e = 16000 \times 0,80 \Rightarrow V_e = 12800 \text{ litre/jour}$$

$$1 \text{ m}^2 \rightarrow 30 \text{ l}$$

$$X \text{ m}^2 \rightarrow 12800 \text{ l} \quad \Leftrightarrow \quad S = \frac{12800}{30} = 427 \text{ m}^2$$

Pour une profondeur de 12m :

$$S = \pi \times D \times H_u \quad \Leftrightarrow \quad D = \frac{S}{\pi \times H_u} = \frac{427}{3,14 \times 12} \Rightarrow D = 11,34 \text{ m soit un rayon de } 5,67 \text{ m.}$$

Notre puisard serait cylindrique de dimensions :

Rayon : $R = 5,67 \text{ m}$;

Diamètre : $D = 11,34 \text{ m}$;

Surface : $S = 427 \text{ m}^2$

Volume : $V = 12800 \text{ l}$ soit $12,8 \text{ m}^3$

9. ESCALIER

Réaction des appuis

$$\sum f_y = 0 \text{ Alors } V_A + V_B - Q_{uv} - Q_{up} = 0$$

$$Q_{uv} = q_{uv} \times L_v = 12,85 \text{ KN/m} \times 3,15 \text{ m} \Rightarrow Q_{uv} = 40,47 \text{ KN}$$

$$Q_{up} = q_{up} \times L_p = 9,47 \text{ KN/m} \times 1,60 \text{ m} \Rightarrow Q_{up} = 15,15 \text{ KN}$$

$$V_A + V_B = 55,62 \text{ KN}$$

$$\sum M/A = 0 \Rightarrow 1,575 Q_{uv} + 3,95 Q_{up} - 4,75 V_B = 0$$

$$V_B = 26,30 \text{ KN} \Rightarrow V_A = 55,62 \text{ KN} - V_B \Rightarrow V_A = 29,31 \text{ KN}$$

c) Moment isostatique

Section AC

$$\sum F_y = 0 \quad V_A + q_{uv} X_1 - T_1 = 0$$

$$T_1 = V_A - q_{uv} X_1$$

- Pour $X_1 = 0 \Rightarrow T_1 = V_A = 29,31 \text{ KN}$

- Pour $X_1 = 3,15 \text{ m} \Rightarrow T_1 = 29,31 - 12,87 \times 3,15 = -11,23 \text{ KN}$

$$T_1 \begin{pmatrix} 29,31 \\ -11,23 \end{pmatrix}$$

$$\sum M/M1 = 0 \Rightarrow V_A X_1 - q_{uv} \frac{X^2}{2} - M_1 = 0$$

$$M_1 = V_A X_1 - q_{uv} \frac{X^2}{2}$$

- Pour $X_1 = 0 \Rightarrow M_1 = 0$

- Pour $X_1 = 3,15 \text{ m} \Rightarrow M_1 = 29,31 \times 3,15 \text{ m} - 12,87 \times \frac{(3,15)^2}{2} = 28,92 \text{ KNm}$

$$M_1 \begin{pmatrix} 0 \\ 28,92 \end{pmatrix}$$

Section BC

$$V_B + T_2 - q_{up} X_2 = 0 \Rightarrow T_1 = q_{up} X_2 - V_B$$

- Pour $X_2 = 0 \Rightarrow T_2 = -26,30 \text{ KN}$
- Pour $X_2 = 1,60 \text{ m} \Rightarrow T_2 = 9,47 \times 1,60 - 26,30$

$$T_2 = -11,14 \text{ KN}$$

$$T_2 \begin{pmatrix} -26,30 \\ -11,14 \end{pmatrix}$$

$$\sum M/M_2 = 0 \Rightarrow M_2 + q_{up} \frac{X_2^2}{2} - V_B X_2 = 0$$

- Pour $X_2 = 0 \Rightarrow M_2 = 0$
- Pour $X_2 = 1,60 \text{ m} \Rightarrow M_2 = 26,30 \times 1,60 - 9,47 \times \frac{(1,60)^2}{2} = 29,95 \text{ KN.m}$

$$M_2 \begin{pmatrix} 0 \text{ KN.m} \\ 29,95 \end{pmatrix}$$

e) Sollicitations maximal

$$T_1 = V_B - q_{uv} X$$

$$\text{Si } T_1 = 0 \Rightarrow V_A - q_{uv} X \Rightarrow X = \frac{V_A}{q_{uv}} \Rightarrow X = \frac{29,31}{12,87} = 2,26 \text{ m}$$

$$M_1 = V_A X - q_{uv} \frac{X^2}{2}$$

Remplaçons X par sa valeur dans M_1

$$M_{\max} = 29,31 \times 2,26 - 12,87 \times \frac{(2,26)^2}{2}$$

$$M_{\max} = 33,37 \text{ KN.m}$$

NB : en utilisant la même procédure de calcul à l'ELU on trouve les valeurs suivantes à l'ELS

$$M_{\max} = 25,88 \text{ KN.m}$$

$$T_{\max} = 21,87 \text{ KN}$$

f) Calcul des armatures**Armatures principales****• Moment réduit agissant**

$$\mu_{bu} = \frac{M_u}{\sigma_b b d^2} \text{ avec } d = 22 \text{ cm}$$

$$\mu_{bu} = \frac{33,37 \text{ KN.m}}{14,16 \cdot 10^3 \text{ KN/m} \times 1 \text{ m} \times 0,22^2} = 0,05$$

• Moment réduit limite

On le sur le tableau de μ_{lu} en fonction f_{c28} , f_e et du rapport ($\hat{\sigma} = \frac{M_u}{M_{ser}}$) :

$$\hat{\sigma} = \frac{M_u}{M_{ser}} = \frac{33,37}{25,88} = 1,29$$

les armatures travaillent dans le domaine plastique car $\mu_{bu} = 0,05 < \mu_{lu} = 0,29$ alors la présence des armatures comprimées n'est pas nécessaire c'est-à-dire $A' = 0$

• Bras de levier (Z_b)

ANNEXE

$$Z_b = d(1 - 0,4 \times \alpha_u)$$

$$\text{Avec } \alpha_u = 1,25(1 - \sqrt{(1 - 2\mu_b u)})$$

$$= 1,25(1 - \sqrt{(1 - 2 \times 0,05)}) = 0,064$$

$$Z_b = 0,22(1 - 0,4 \times 0,064) \Rightarrow Z_b = 0,21 \text{ m}$$

• Armature tendue A_{st}

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_b \times f_{ed}}$$

$$f_{ed} = \frac{f_e}{\partial_s} = \frac{400}{1,15} \Rightarrow f_{ed} = 347,82 \text{ MPa} = 347,82 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2$$

$$A_u = \frac{0,03337}{0,21 \times 347,82} \Rightarrow A_u = 4,66 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 4,66 \text{ cm}^2$$

• Vérification de la condition de non fragilité

$$A_{\min} \leq A_u$$

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

$$A_{\min} = \frac{0,23 \times 100 \times 22 \times 2,1}{400} \Rightarrow A_{\min} = 2,65 \text{ cm}^2 \leq A_u \text{ condition vérifiée}$$

• Vérification des contraintes

- Section rectangulaire ;
- Fissuration peu préjudiciable ;
- Acier de type FeE400 ;

On peut se dispenser de cette vérification dans le cas où :

$$\alpha_u = 0,064 \leq \frac{\partial - 1}{2} + 0,01 \times f_{c28}$$

$$\alpha_u = 0,064 \leq \frac{1,39 - 1}{2} + 0,01 \times 25 \Rightarrow \alpha_u = 0,064 < 0,445 \text{ condition vérifiée}$$

• Armatures de répartition

$$A_r = \frac{A_u}{4} = \frac{4,66}{4} = 1,17 \text{ cm}^2$$

• Choix des armatures

$$A_r = 6\text{HA}6 = 1,70 \text{ cm}^2$$

Armature sur appuis

$$M_{app} = |-0,15 \text{ Mt}| = 0,15 \times 33,37 = 5,00 \text{ KN.m}$$

• Moment réduit agissant

$$\mu_{bu} = \frac{M_u}{\sigma_b b d^2} \text{ avec } d = 22 \text{ cm}$$

$$\mu_{bu} = \frac{5,00 \text{ KN.m}}{14,16 \cdot 10^3 \text{ KN/m} \times 1 \text{ m} \times (0,22)^2} = 0,007$$

• Moment réduit limite

En faisant la lecture sur le tableau de μ_{lu} en fonction f_{c28} , f_e et du rapport ($\partial = \frac{M_u}{M_{ser}}$) :

$$\partial = \frac{M_u}{M_{ser}} = \frac{5,00}{3,66} = 1,39$$

ANNEXE

les armatures travaillent dans le domaine plastique car $\mu_{bu} = 0,010 < \mu_{lu} = 0,29$, alors la présence des armatures comprimées n'est pas nécessaire c'est-à-dire $A' = 0$

• Bras de levier (Z_b)

$$Z_b = d(1 - 0,4 \times \alpha_u)$$

$$\begin{aligned} \text{Avec } \alpha_u &= 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_{bu}}) \\ &= 1,25(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,007}) = 0,009 \end{aligned}$$

$$Z_b = 0,22(1 - 0,4 \times 0,009) \quad \Rightarrow \quad Z_b = 0,22 \text{ m}$$

Calculons la section des aciers tendus longitudinaux à l'ELU :

• Section d'Armature

$$A_{st} = \frac{M_u}{Z_b \times f_{ed}}$$

$$f_{ed} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} \quad \Rightarrow \quad f_{ed} = 347,82 \text{ MPa} = 347,82 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2$$

$$A_u = \frac{0,00500}{0,22 \times 347,82} \quad \Rightarrow \quad A_u = 6,66 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 = 0,666 \text{ cm}^2$$

• Vérification de la condition de non fragilité

$$A_{\min} \leq A_u$$

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

$$A_{\min} = \frac{0,23 \times 100 \times 22 \times 2,1}{400} \quad \Rightarrow \quad A_{\min} = 2,65 \text{ cm}^2 > A_u \text{ donc on prend } A_u = A_{\min} = 2,65$$

• Choix des armatures :

Vérification de la condition de cisaillement aux appuis

$$\begin{aligned} \tau_U &= \frac{V_u}{b \times d} \\ &= \frac{29,31 \cdot 10^{-3}}{1 \text{ m} \times 0,22 \text{ m}} \quad \Rightarrow \quad \tau_U = 0,13 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\tau_{\text{Lim}} = 0,05 f_{c28} = 1,25 \text{ MPa}$$

$$\tau_U = 0,13 \text{ MPa} < \tau_{\text{lim}} = 1,25 \text{ MPa} \Rightarrow \text{ la condition est vérifiée.}$$

Alors on peut se dispenser des armatures transversales si le coulage est sans reprise

➔ Calcul de l'espacement

$$S_t = \frac{b}{n-1} = \frac{100 \text{ cm}}{6-1} = 20 \text{ cm}$$

III.2- Calcul de la poutre palière

a) Pré dimensionnement

$$\frac{l_{\max}}{15} \leq h \leq \frac{l_{\max}}{10} \quad \text{Avec : } l_{\max} = 470 \text{ cm}$$

$$\frac{470}{15} \leq h \leq \frac{470}{10} \quad \Rightarrow \quad \geq 31,33 \text{ cm} \leq h \leq 47 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad h = 35 \text{ cm}$$

$$b \geq \frac{h}{2} \quad \Rightarrow \quad b \geq \frac{35}{2} \quad \text{on prend } b = 25 \text{ cm}$$

ANNEXE

b) Evaluation des charges

Poids propre de la poutre $25 \times 0,25 \times 0,35 = 2,18 \text{ KN/ml}$

Paillasse $6,47 \times 1,5 = 9,70 \text{ KN/ml}$

Charge permanente : $11,88 \text{ KN/ml}$

Charge d'exploitation : $2,5 \text{ KN/ml}$

c) A l'ELU

$$q_u = 1,35g + 1,5q = 1,35 \times 9,70 + 1,5 \times 2,5 \Rightarrow q_{uv} = 16,84 \text{ KN/m}$$

$$q_{ser} = g + q = 9,70 + 2,5 \Rightarrow q_{serv} = 12,20 \text{ KN/m}$$

d) Calcul de sollicitation

$$M_{trav} = \frac{(l)^2 \times q_u}{8} = \frac{16,84 \times (4,70)^2}{8} = 46,49 \text{ KN.m}$$

$$T = \frac{l \times q_u}{2} = \frac{16,84 \times 4,70}{2} = 39,57 \text{ KN.m}$$

$$M_{appui} = 0,2 \times M_{trav} = 9,30 \text{ KN.m}$$

Calcul des armatures

Données : $M_u = M_t \max = 46,49 \text{ KN.m}$

$h = 35 \text{ cm}$; $b = 25 \text{ cm}$; $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$; $f_e E400$; $M_{ser} = 33,68 \text{ KN.m}$; $d = 0,405 \text{ m}$; $\delta_b = 1,5$; $\delta_s = 1,15$; $\theta = 1$; $d' = h - d = 5 \text{ cm}$; La fissuration peu préjudiciable.

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

$$f_{bu} = \frac{0,85 \times 25}{1 \times 1,5} \Rightarrow f_{bu} = 14,16 \text{ MPa}$$

Moment réduit agissant

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

$$\mu_{bu} = \frac{46,49 \cdot 10^{-3}}{0,25 \times 14,16 \times (0,40)^2} \Rightarrow \mu_{bu} = 0,1$$

Moment réduit limite

On le sur le tableau de μ_{lu} en fonction f_{c28} , f_e et du rapport ($\gamma = \frac{M_u}{M_{ser}}$) :

$$\gamma = \frac{M_u}{M_{ser}} = \frac{46,49}{33,68} = 1,38 \Rightarrow \mu_{lu} = 0,29$$

les armatures travaillent dans le domaine plastique car $\mu_{bu} = 0,10 < \mu_{lu} = 0,29$, alors la présence des armatures comprimées n'est pas nécessaire c'est-à-dire $A' = 0$

Profondeur réduite de l'axe neutre

$$\alpha_u = 1,25 \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times \mu_{bu}} \right)$$

$$\alpha_u = 1,25 \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,1} \right) \Rightarrow \alpha_u = 0,13$$

Calcul de bras de levier (Z_b) :

$$Z_b = d (1 - 0,4\alpha_u)$$

$$Z_b = 0,405 (1 - 0,4 \times 0,13) \Rightarrow Z_b = 0,38 \text{ m}$$

Armature tendue Ast

ANNEXE

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

$$f_{ed} = \frac{f_e}{\alpha_s} = \frac{400}{1,15} \Rightarrow f_{ed} = 347,82 \text{ MPa} = 347,82 \cdot 10^3 \text{ KN/m}^2$$

$$A_u = \frac{0,046}{0,38 \times 347,82} \Rightarrow A_u = 3,51 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 3,51 \text{ cm}^2$$

Vérification de la condition de non fragilité

$$A_{min} \leq A_u$$

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

ANNEXE III : DOSSIER D'EXECUTION

