



République Tunisienne
Ministère de l'Enseignement Supérieur,
de la Recherche Scientifique



Institut Supérieur Des Etudes
Technologiques de Nabeul

Département : Génie civil

Classe : BAT22

RAPPORT DE STAGE

Stage De Perfectionnement

Elaboré par :

Chihaoui Omar

Encadré par :

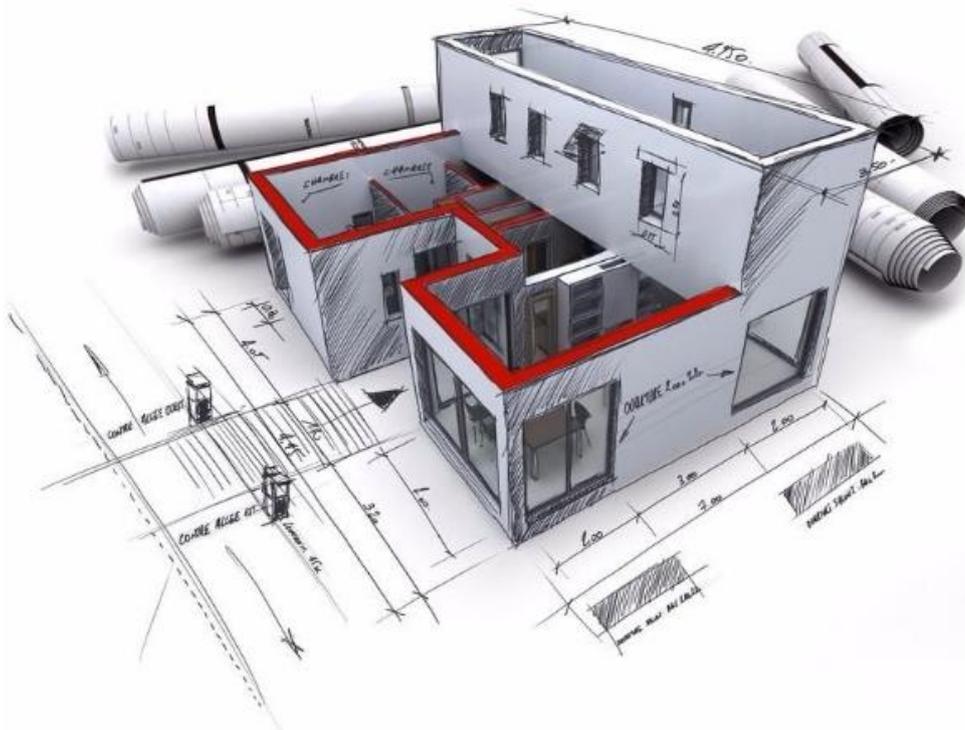
Mr. Krout Ayoub

Organisme de stage :

Bureau d'étude génie civil et VRD

DU : 10 janvier 2024

AU : 03 février 2024



Remerciment

Je remercie le directeur Mr. Haffar Becem Ingénieur Conseil d'avoir répondu positivement à ma demande de stage.

Je tiens à remercier vivement mon encadreur de stage, Mr. Krout Ayoub "Ingénieur conseil structures et VRD" pour l'encadrement sérieux duquel il m'a fait profiter et qui m'a apporté son soutien par ses conseils, sa disponibilité, son expérience et sa patience ainsi que tout ce qu'il a pu faire pour rendre mon stage intéressant et enrichissant.

Enfin, je remercie également toute l'équipe pédagogique de l'institut supérieur des études technologiques de Nabeul et les intervenants professionnels responsables de la formation licence appliquée en génie civil.

Sommaire

Remerciment	2
Sommaire	3
Liste des figures	5
Liste des tableaux	6
Introduction.....	7
Chapitre I : Présentation du l ’organisme de stage :	8
I-1- Présentation de Bureau d’étude :	8
I-2- Identité :	8
Chapitre II : Présentation du projet :	9
II-1- Introduction :	9
II-2- Description architecturale :	10
II-3- Les Plans d’architectures :	10
Chapitre III : Les tâches effectuées :	13
III-1- La conception structurale : sur le logiciel “ AUTOCAD ”	13
III-2- Les étapes :	13
III-3- Pré dimensionnement :	16
III-3-a- Les poutres :	16
III-3-b- Les poteaux :	17
III-3-c- Le plancher :	17
III-3-d- Les raidisseurs :	17
Chapitre IV : Caractéristique du béton et hypothèse de calcul :	18
IV-1- Introduction :	18
IV-2- Les caractéristiques des matériaux :	18
IV-2-a- Caractéristiques du béton :	18
IV-2-b- Caractéristiques de l’acier :	18
IV-2-c- Condition d’enrobage :	19
Chapitre V : Évaluation des charges :	20
V-1- Introduction :	20
V-2- Charges permanentes :	20
V-2-a- Planchers en corps creux :	20
V-3- Charge d’exploitations :	21

Chapitre VI : Étude d'une poutre :.....	22
VI-1- Introduction :.....	22
VI-2- Calcul descente de charges :	22
VI-3- Calcul des moments fléchissant et efforts tranchants :	23
VI-3- Ferrailage de la poutre :	24
VI-3-a- Les armatures longitudinales :	24
VI-3-b- Les armatures transversales :	25
VI-4- Schéma de ferrailage :	27
Chapitre VII : Étude de Poteau :.....	28
VII-1- Introduction :.....	28
VII-2- Descente de charges :	28
VII-3- Dimensionnements des armatures :	29
VII-3-a- Dimensionnement de la section d'acier à l'ELU :	29
VII-3-b- Calcul des aciers longitudinaux :.....	30
VII-3-c- Calcul des armatures transversales :	31
VII-3-d- Espacement entre les cadres :.....	31
VII-3-e- Schéma de ferrailage :.....	32
Chapitre VIII : Étude de nervure :	33
VIII-1- Introduction :	33
VIII-2- Pre dimensionnement :.....	33
VIII-3- Calcul les moments fléchissants et les efforts :.....	34
VIII-3-a- Calcul des moments fléchissant et efforts tranchants à l'ELU : 34	
VIII-3-b- Calcul des moments fléchissant et efforts tranchants à l'ELS : 34	
VIII-4- Ferrailage de la nervure :	35
VIII-4-a- Armature longitudinales :.....	35
VIII-4-b- Les armatures transversales :	37
VIII-5- Schéma de ferrailage :.....	37
Chapitre IX : Modélisation de la structure avec Arche :	38
IX-1- Introduction :.....	38
IX-2- Vérification de calcul de ferrailage de poutre sur arche :	38
IX-3- Vérification de calcul de ferrailage de poteau sur arche :	39
IX-4- Vérification de calcul de ferrailage de nervure sur arche :	39
Conclusion	40
Annexe.....	41

Liste des figures

Figure 1 : villa en 3D.....	9
Figure 2 : Plan de Rez de chaussée	10
Figure 3 : Plan du 1 ère étage	10
Figure 4 : Plan du 2 ème étage	11
Figure 5 : Façade Nord.....	11
Figure 6 : Façade Sud.....	11
Figure 7 : Façade Est.....	11
Figure 8 : Façade Ouest.....	12
Figure 9 : Coupe A-A.....	12
Figure 10 : Coupe B-B	12
Figure 11 : Coupe C-C	12
Figure 12 : Logo AutoCAD	13
Figure 13 : Traçage des axes	14
Figure 14 : L'emplacement des poteaux	15
Figure 15 : Indication de poteau implanté dans le plan RDC	15
Figure 16 : Indication de poutre et nervure	16
Figure 17 : Coupe d'un plancher intermédiaire en corps creux	20
Figure 18 : Coupe d'un plancher terrasse en corps creux	21
Figure 19 : Localisation de la poutre.....	22
Figure 20 : Shéma mécanique de poutre isostatique	22
Figure 21 : Diagramme de moment fléchissant à l'ELU	23
Figure 22 : Diagramme de moment fléchissant à l'ELS	23
Figure 23 : Schéma manuelle de la poutre	27
Figure 24 : Emplacement de poteau à étudier P10.....	28
Figure 25 : Schéma manuelle du poteau	32
Figure 26 : Localisation de la nervure.....	33
Figure 27 : Schéma mécanique de nervure	33
Figure 28 : Diagramme de moment fléchissant à l'ELS	34
Figure 29 : Diagramme de moment fléchissant à l'ELS	34
Figure 30 : Section de la nervure.....	35
Figure 31 : Schéma manuelle de la nervure	37
Figure 32 : Interface graphique du logiciel ARCHE.....	38
Figure 33 : Ferrailage de poutre	38
Figure 34 : Ferrailage de poteau.....	39
Figure 35 : Ferrailage de nervure	39

Liste des tableaux

Tableau 1 : Planchers intermédiaires.....	20
Tableau 2 : Planchers terrasses.....	21
Tableau 3 : Charges d'exploitations.....	21
Tableau 4 : Récapitulatif des moments et des effort tranchants.....	23

Introduction



Les étudiants de l'ISET de Nabeul (Génie Civil) sont amenés à faire un stage de perfectionnement d'une durée de quatre semaines, dans le but :

- De découvrir plusieurs concepts et astuces à propos du monde de travail et de l'entreprise.
- D'utiliser les acquis théoriques.

J'ai fait donc un stage de perfectionnement du 10 Janvier 2024 au 03 février 2024, au sein d'un bureau d'étude [Projet : conception d'un bâtiment R+2].

Plus largement ce stage a été l'opportunité pour moi de découvrir le concept du travail et de comprendre les activités et les fonctionnements, au-delà d'enrichir mes connaissances théoriques concernant les travaux de conception, construction.

Ce stage m'a permis dans quelle mesure de développer les qualités d'assistance et surtout mettre en œuvre les capacités propres de ma formation.

Chapitre I : Présentation du l'organisme de stage :

I-1- Présentation de Bureau d'étude :

Généralement un bureau d'études peut désigner soit un cabinet indépendant, soit un département ou un service au sein d'une administration ou d'une entreprise. Il s'agit d'une structure où sont réalisées des expertises à caractère scientifique et/ou technique, généralement sous la responsabilité d'un ingénieur.

Le bureau de l'ingénieur conseil " Haffar Becem " est un bureau d'études spécialisé dans les études des structures des bâtiments, structures métalliques, expertises techniques des bâtiments, étude des voiries et réseaux divers.

I-2- Identité :

Nom et Prénom : Haffar Becem

Activité : Génie civil & VRD

Catégories : Ingénieur



Adresse : Imm Malek Center Appat. 1.4 Boulevard de la terre Centre urbain nord 1082



E-mail : becem.haffar@gmail.com



Tél : +216 50 703 533

Chapitre II : Présentation du projet :

II-1- Introduction :

Au cours de ce stage de perfectionnement on a eu l'occasion de contribuer à une conception architecturale d'une villa (R+2) située Mrezga à usage d'habitation sous les yeux d'architecte dont le profit était remarquablement réfléchi pour donner l'accès à une étude physique touchant tous les éléments porteurs du bâtiment (infrastructure et superstructure).



Figure 1 : villa en 3D

II-2- Description architecturale :

L'usage de la villa est réparti en fonction des niveaux de la façon suivante :

- **Niveau RDC :**

Elle est composée d'un salon, deux salles d'eau, deux cuisines, coin barbecue, parking, et une piscine.

- **1 ère étage :**

Elle composé d'une suite parentale, deux dressings, deux chambres et salles de bain.

- **2 ème étage :**

Elle composé d'une chambre, une salle de bain et un terrasse.

Tous les étages sont identiques.

La liaison entre les étages est assurée par un escalier.

II-3- Les Plans d'architectures :

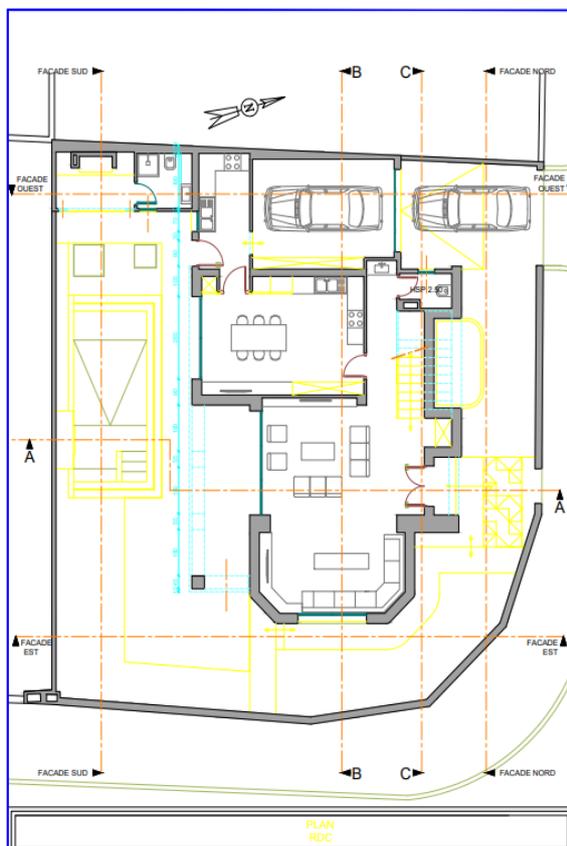


Figure 2 : Plan de Rez de chaussée

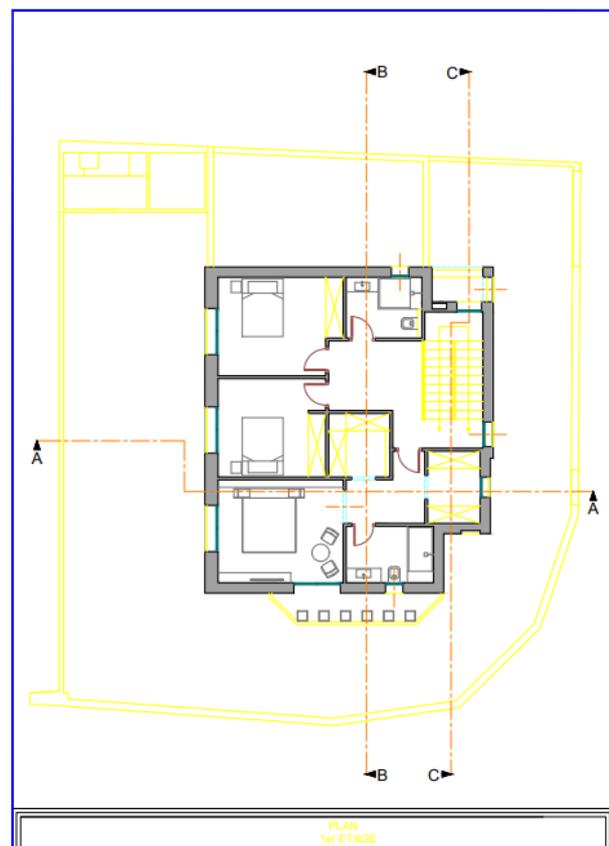


Figure 3 : Plan du 1 ère étage

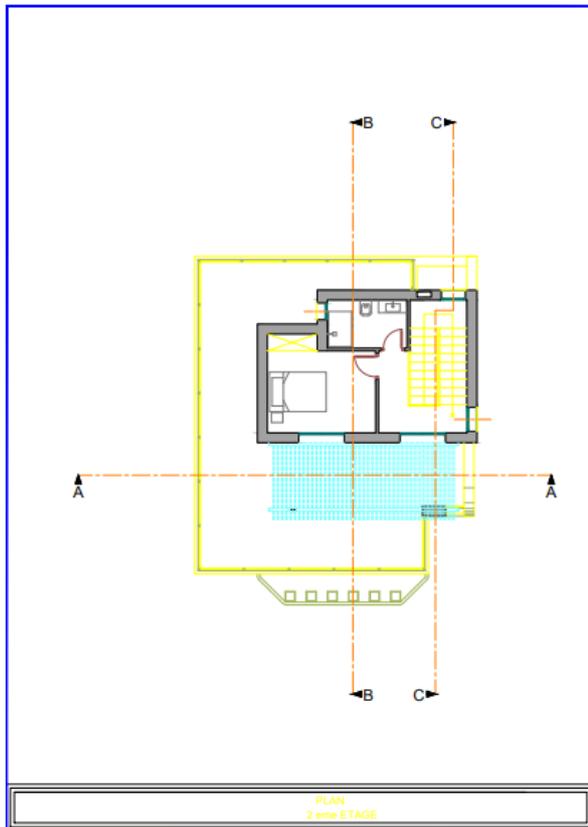


Figure 4 : Plan du 2ème étage

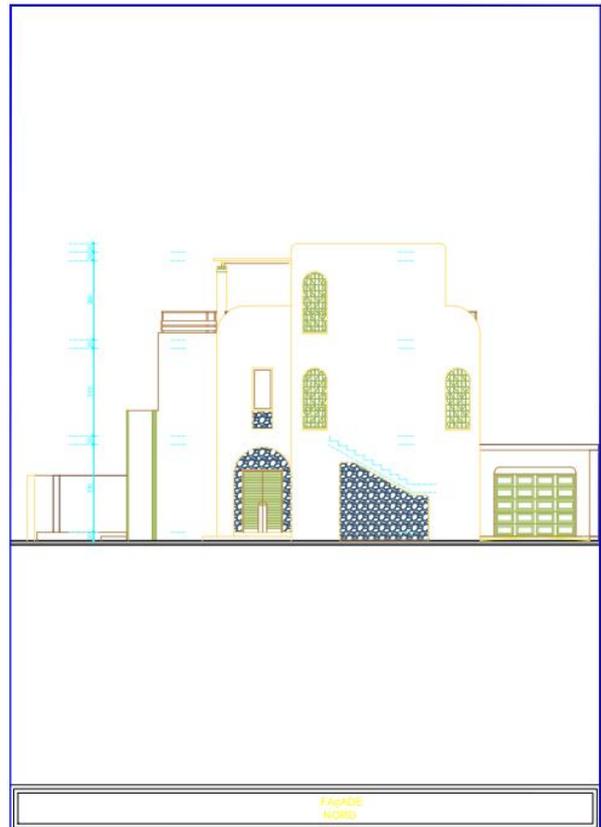


Figure 5 : Façade Nord

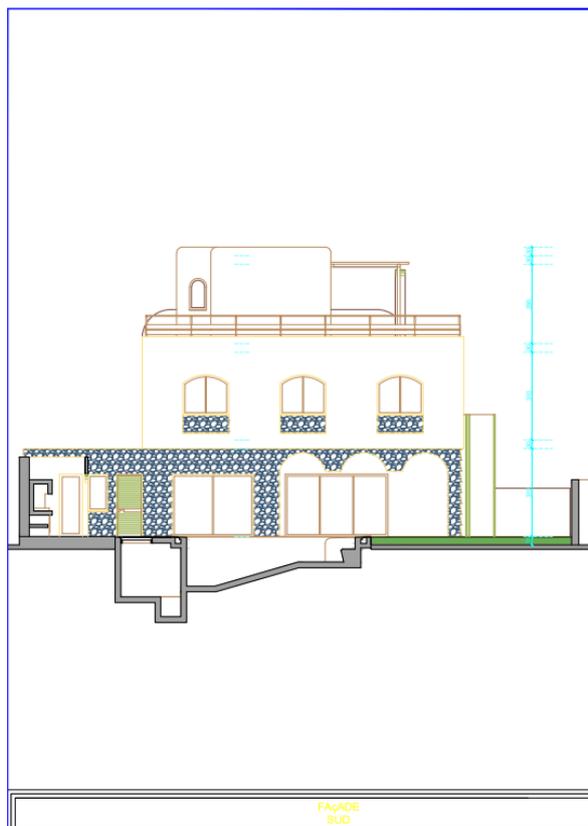


Figure 6 : Façade Sud

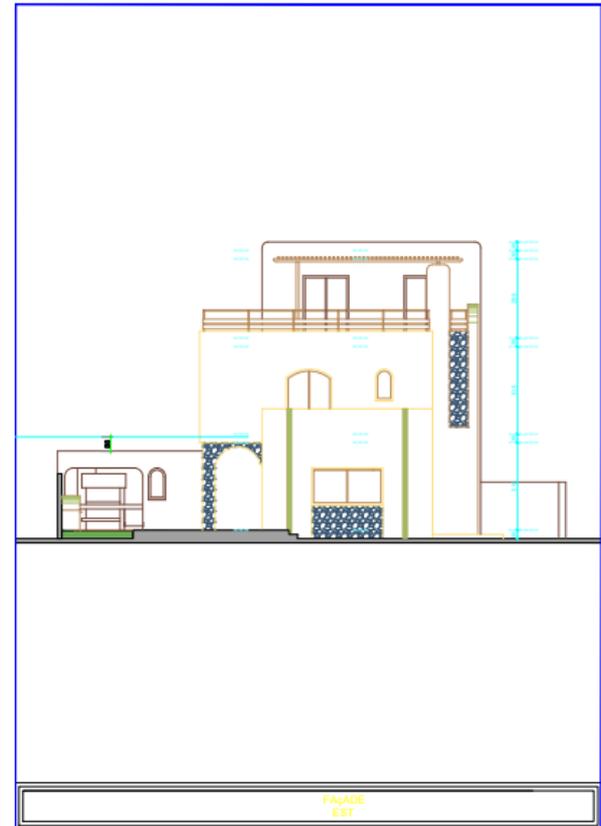


Figure 7 : Façade Est

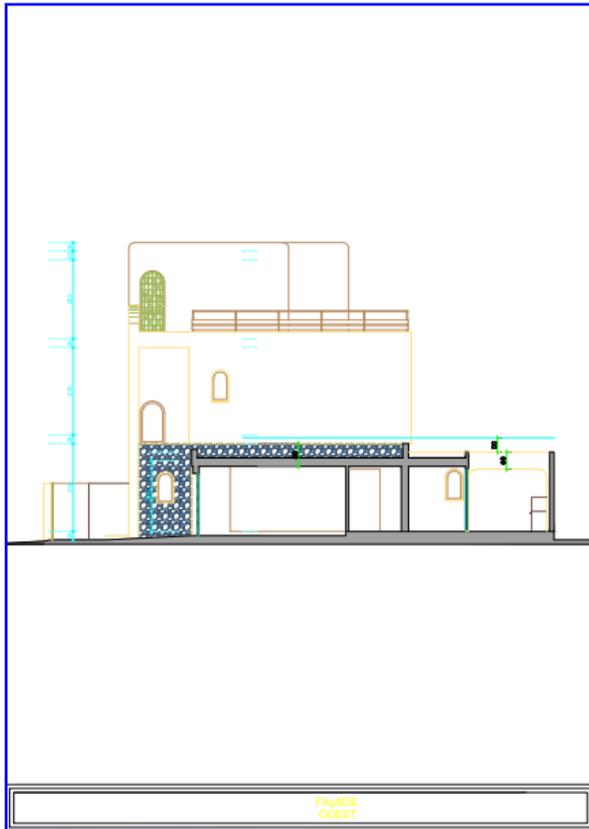


Figure 8 : Façade Ouest

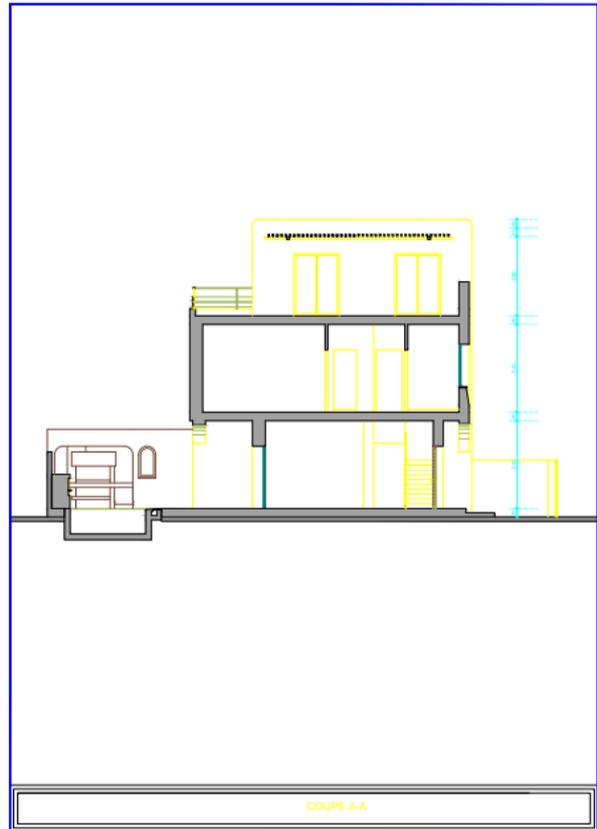


Figure 9 : Coupe A-A



Figure 10 : Coupe B-B

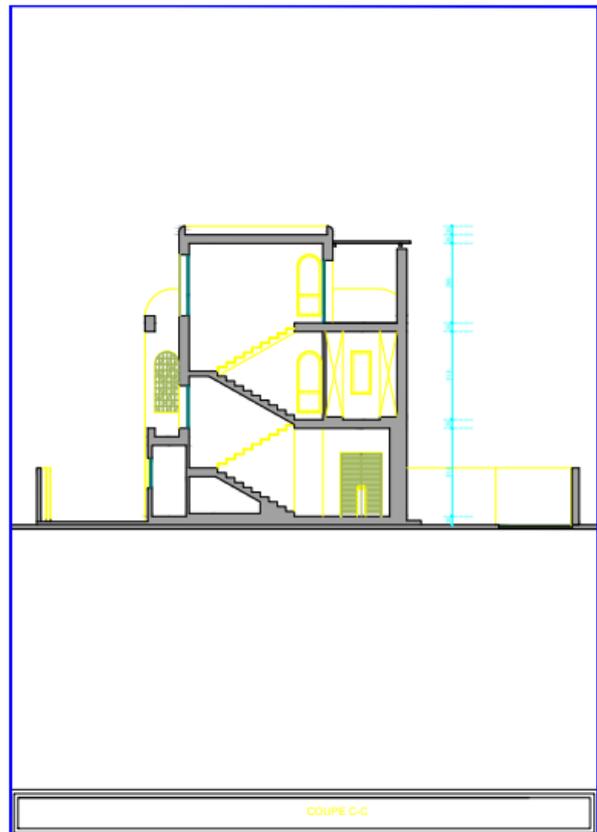


Figure 11 : Coupe C-C

Chapitre III : Les tâches effectuées :

III-1- La conception structurale : sur le logiciel “ AUTOCAD ”



Figure 12 : Logo AutoCAD

La conception d'un bâtiment présente une phase préliminaire d'une importance primordiale dans la structure en béton armé. La conception consiste à choisir le type de structure à adopter. Généralement la conception ainsi choisie doit assurer :

- La sécurité en service des personnes et des biens.
- Le confort et le bien être des usagers.
- La facilité relative à la mise en œuvre et l'exécution

En tenant compte des contraintes économiques et techniques du projet cette phase se divise en plusieurs tâches.

III-2- Les étapes :

Notre conception est faite en plusieurs étapes :

- **1 ère étape** : la lecture des plans d'architecture :
Pour réussir une bonne conception, il faut lire profondément les plans d'architecture pour faire une vue globale du projet et découvrir une idée pour exécuter une conception convenable.
- **2 ème étape** : traçage des axes :
Cette étape consiste à tracer les axes des poutres pour faciliter l'emplacement des poteaux et des poutres.
Selon les murs, on dessine les axes des poteaux : on décale de l'intérieur du mur vers l'extérieur et en laissant 1,5cm pour l'enduit intérieur et la moitié de la largeur de la poutre 11 cm, donc on doit toujours décaler de 12.5 cm.

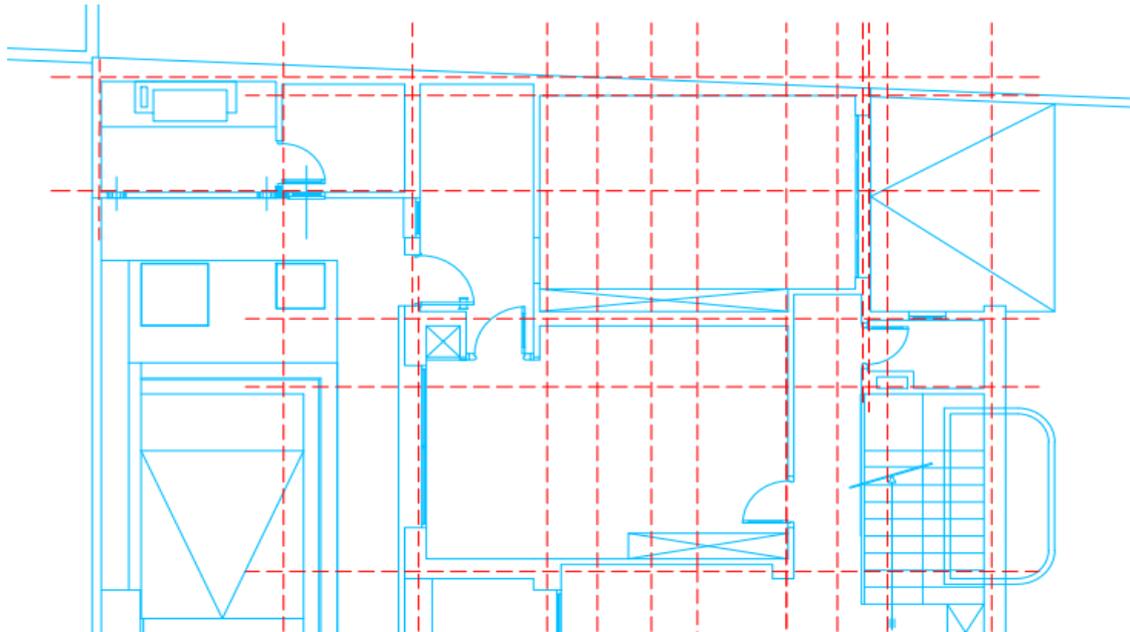


Figure 13 : Traçage des axes

- **3ème étape** : l'emplacement des poteaux :

C'est une étape décisive dans la conception de n'importe quel projet puisque à partir de cette étape les autres éléments de la structure vont être réalisés. C'est pour cette raison qu'on a passé un temps assez long à étudier les différentes circonstances pour bien placer les poteaux.

Tout au long de cette phase, nous avons essayé de :

- Maintenir la linéarité horizontale et verticale des poteaux de l'étage afin de faciliter et clarifier répartition des dalles.
- Ne pas avoir des poteaux très proches, ni très écartés les uns par rapports aux autres pour ne pas avoir de grandes portées des poutres.
- De cacher, le maximum, les poteaux dans les murs afin de respecter le côté esthétique du projet.

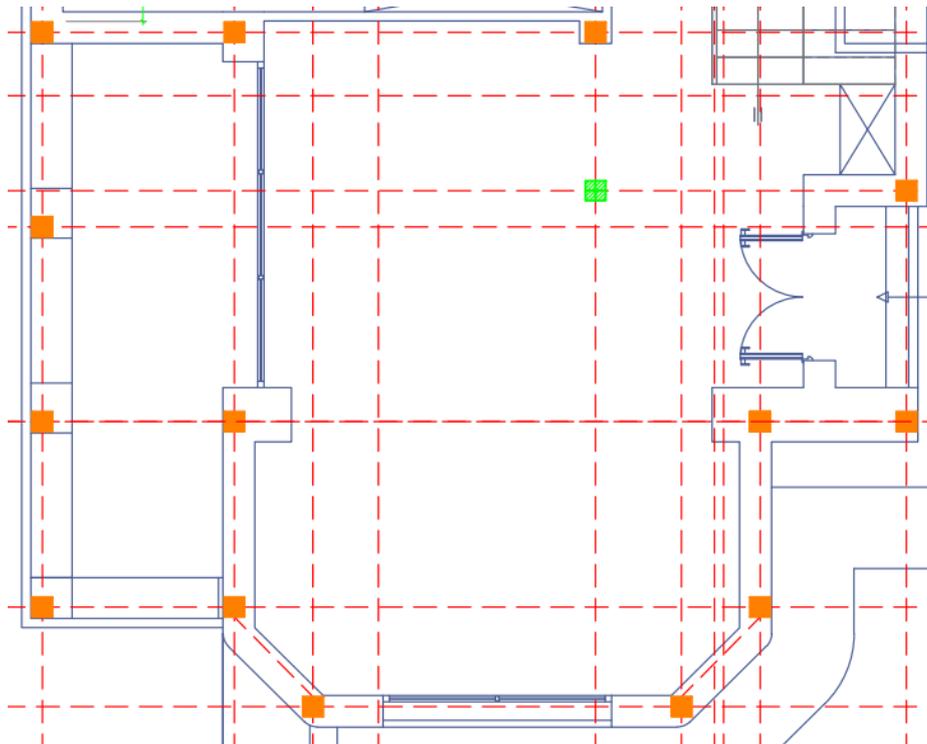


Figure 14 : L'emplacement des poteaux

✓ **Vérification de poteaux :**

Entre les différents étages il faut respecter la continuité des poteaux en même temps évité les poteaux qui sont présentés dans les zones de circulation. S'il y'a des poteaux apparaissent dans l'étage nous pouvons changer sa place en utilisant les poteaux implantés.

✓ **Les poteaux implantés :**

Des poteaux isolés et il n'a pas de continuité à partir d'un autre poteau .il est fixé sur une poutre avec l'aide d'une armature bateau pour être bien stable et bien utilisé l'acier supérieur et inférieur de la poutre.

- Dans notre projet on utilise un poteau implanté dans le 1^{er} étage .il faut indiquer par un autre poteau avec des hachures défèrent dans le plan architecture RDC.

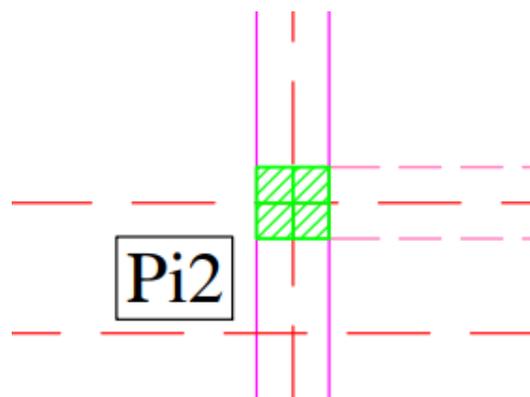


Figure 15 : Indication de poteau implanté dans le plan RDC

- **4ème étape** : optimisation de poutres-nervures :

On a choisi un sens de nervure qui répond aux contraintes architecturales dans le but d'avoir des retombés noyés dans les murs afin d'éviter leur apparence dans les pièces.

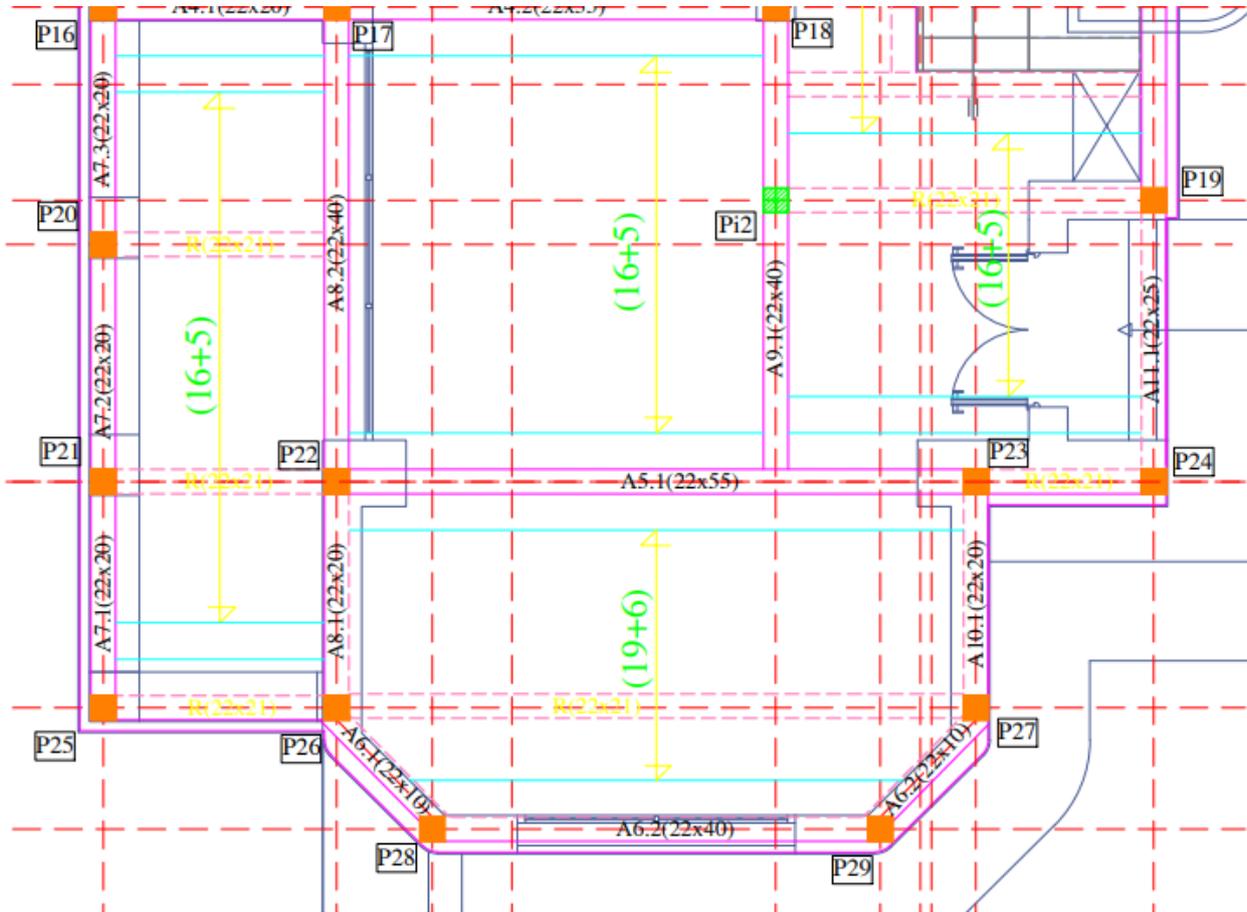


Figure 16 : Indication de poutre et nervure

III-3- Pré dimensionnement :

Après avoir terminé la conception, on passe à pré-dimensionner les différents éléments porteurs. Pour les éléments sollicités en flexion simple (poutres et planchers), le choix de dimension de coffrage est généralement dicté par des conditions de limitation de flèche. Pour les porteurs verticaux (poteaux et voiles), la limitation de flambement détermine souvent les dimensions préalables de ces éléments.

III-3-a- Les poutres :

La hauteur « h » de la travée est déterminée selon les conditions suivantes :

- Cas d'une poutre isostatique ou console : $\frac{L}{12} \leq h \leq \frac{L}{10}$
- Cas d'une poutre hyperstatique (continue) : $\frac{L}{16} \leq h \leq \frac{L}{12}$

Avec L : la longueur de la travée de la poutre.

III-3-b- Les poteaux :

Pour le pré dimensionnement des poteaux on a choisi d'attribuer une section (22×22) pour tous les étages puis après avoir fait la descente de charge à l'aide du logiciel « ARCHE » nous pouvons mettre les dimensions finales sur les plans de coffrage.

III-3-c- Le plancher :

Les épaisseurs seront calculées de la manière suivante :

▪ Les planchers en corps creux :

Le calcul des épaisseurs des planchers en corps creux est mené d'après la règle suivante :

$$e = \frac{L}{22.5} \quad ; \text{ Avec } e : \text{ épaisseur du plancher}$$

L : le porté maximal entre nus d'appuis

- Si $e < 21 \text{ cm}$ on utilise des planchers en corps creux (16+5).
- Si $21 < e \leq 25 \text{ cm}$ on utilise des planchers en corps creux (19+6).
- Si $25 < e \leq 32 \text{ cm}$ on utilise des planchers en corps creux (19+7+6).

D'une autre façon :

- Si $L < 4,7 \text{ m}$ on utilise des planchers en corps creux (16+5).
- Si $4.7\text{m} < L \leq 5.6\text{m}$ on utilise des planchers en corps creux (19+6).
- Si $5.6\text{m} < L$ on utilise des planchers en corps creux (19+7+6).

III-3-d- Les raidisseurs :

La hauteur du raidisseur est prise suivant l'épaisseur du plancher. Ils sont désignés sur le plan de coffrage par la lettre R suivie de son numéro et de sa section.

- Exemple : R (22x21).

Chapitre IV : Caractéristique du béton et hypothèse de calcul :

IV-1- Introduction :

Le dimensionnement des éléments de la structure est conduit selon les règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé selon la méthode des états limites (Eurocodes 1 et 2).

IV-2- Les caractéristiques des matériaux :

IV-2-a- Caractéristiques du béton :

Le béton utilisé dans la structure est obtenu en mélangeant en proportion convenable du ciment dosé à 350 Kg/m³ du gravier, du sable et de l'eau.

- Classe du ciment : C25/30
- La résistance du béton à la compression à 28 jours : $f_{ck} = 25$ MPa
- Le poids volumique du béton armé : $\rho_{\text{béton}} = 25$ KN/m³
- La résistance de calcul de béton : $f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \times f_{ck}}{\gamma_c}$

Avec $\alpha_{cc} = 1$

Coefficient de sécurité partiel sur le béton : $\gamma_c = 1.5$

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \times f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1.5} = 16.67 \text{ Mpa}$$

- La résistance caractéristique à la traction du béton :

$$f_{ctm} = 0.3 \times f_{ck}^{2/3} = 0.3 \times (25)^{2/3} = 2.56 \text{ MPa}$$

IV-2-b- Caractéristiques de l'acier :

- Limite caractéristique d'élasticité : $f_{yk} = 400$ MPa (Acier : B 400 B).
- Contrainte limite de calcul des armatures à haute adhérence :

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 348 \text{ MPa} \quad ; \text{ Avec } \gamma_s = 1.15$$

- Le module d'élasticité : $E_s = 2.10^5$ MPa
- Classe d'exposition : XC2

IV-2-c- Condition d'enrobage :

L'enrobage est une distance ente la surface de l'armature, la plus proche de la surface du béton.

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta_{cdev} ; \text{ Avec } \Delta_{cdev} = 10\text{mm}$$

$$C_{min} = \max \left\{ \begin{array}{l} C_{mindur} \\ C_{minb} \geq \emptyset \\ 10 \text{ mm} \end{array} \right. = \max \left\{ \begin{array}{l} 25 \text{ mm} \\ 8 \text{ mm} \\ 10 \text{ mm} \end{array} \right.$$

$$\rightarrow C_{min} = 25 \text{ mm}$$

$$C_{nom} = 25 + 10 = 35 \text{ mm} = 3.5 \text{ cm}$$

Chapitre V : Évaluation des charges :

V-1- Introduction :

L'évaluation des charges a pour but de déterminer les charges et les surcharges revenant à chaque élément porteur au niveau de chaque plancher.

V-2- Charges permanentes :

Ce sont dites permanents, toutes les charges constantes au cours du temps comme le poids propre et revêtement divers.

V-2-a- Planchers en corps creux :

Les charges permanentes du plancher sont déterminées à partir de sa composition, elles sont fonction des masses volumiques ainsi que des épaisseurs de chaque constituant.

➤ Planchers intermédiaires :

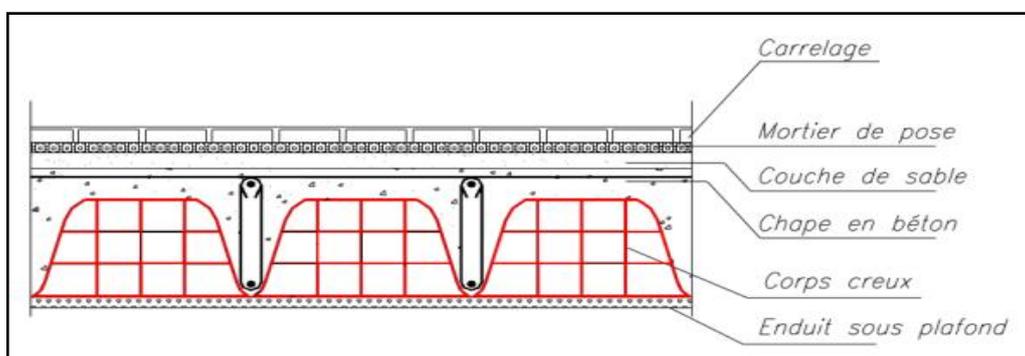


Figure 17 : Coupe d'un plancher intermédiaire en corps creux

Désignation produite		Poids unitaire (KN/m ²)
Hourdis	(16+5)	2.85
	(19+6)	3.40
Cloison légère		1
Revêtement		2
Enduit sous plafond		0.4
TOTAL G =	(16+5)	6.25
	(19+6)	6.8

Tableau 1 : Planchers intermédiaires

➤ Planchers terrasse :

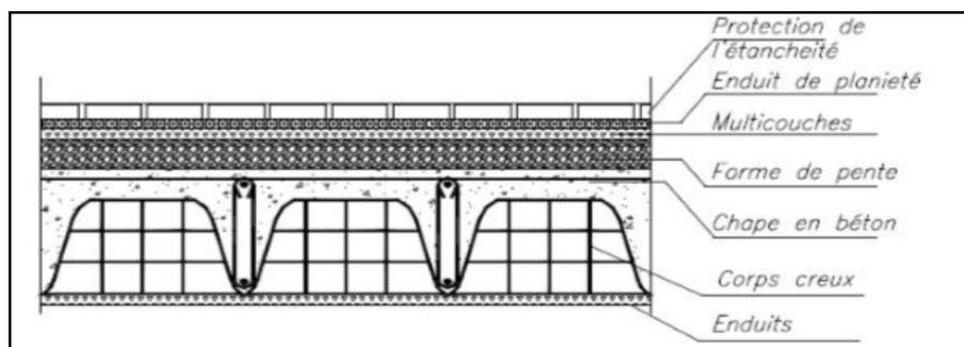


Figure 18 : Coupe d'un plancher terrasse en corps creux

Désignation produite		Poids unitaire (KN/m ²)
Hourdis	(16+5)	2.85
	(19+6)	3.40
Étanchéité		0.15
Forme de pente (e = 10 cm)		$0.10 \times 22 = 2.2$
Enduit sous plafond		0.4
TOTAL G =	(16+5)	5.6
	(19+6)	6.15

Tableau 2 : Planchers terrasses

V-3- Charge d'exploitations :

Les charges d'exploitations sont évaluées en fonction de la nature et la destination des locaux.
Les valeurs qu'on va les considérer dans la suite de notre calcul sont :

Nature de locaux	Charges (KN/m ²)
Logements	1.5
Balcons	3.5
Escaliers et halls d'entrée	2.5
Terrasse non accessible	1

Tableau 3 : Charges d'exploitations

Chapitre VI : Étude d'une poutre :

VI-1- Introduction :

Les poutres sont des éléments porteurs en béton armé, qui reposent sur plus de deux appuis simples. Elles supportent les charges du plancher et les transmettent aux poteaux. Elles sont plus économiques que les poutres isostatiques.

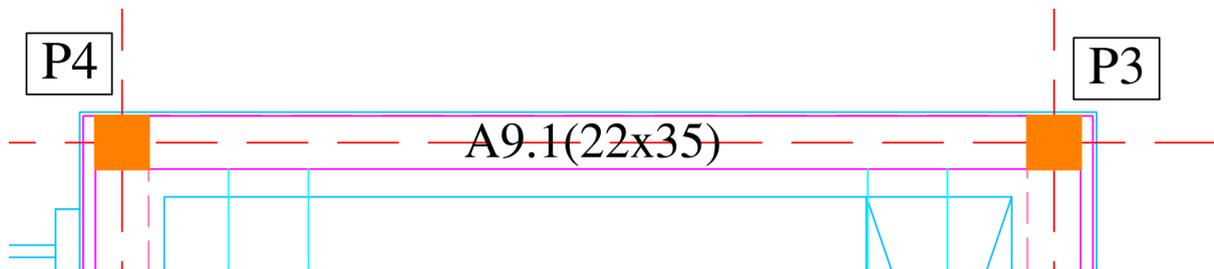


Figure 19 : Localisation de la poutre

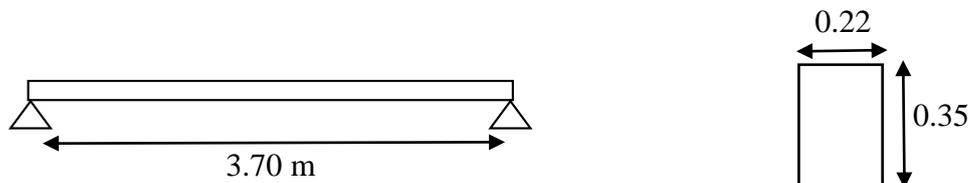


Figure 20 : Schéma mécanique de poutre isostatique

VI-2- Calcul descente de charges :

Dans le cas d'une poutre isostatique : $\frac{L}{12} \leq h \leq \frac{L}{10}$

$$\frac{3.70}{12} \leq h \leq \frac{3.70}{10} \rightarrow 0.30 \leq h \leq 0.37$$

On prend $h = 0.35 \text{ m} = 35 \text{ cm}$ et $b = 22 \text{ cm}$

$$L_i = \frac{L_1}{2} = \frac{3.73}{2} = 1.86 \text{ m}$$

- Charges permanentes :
 - Plancher intermédiaire $G_{dalle} = G (16+5) \times L_i = 5.6 \times 1.86 = 10.41 \text{ KN/ml}$
 - Poids propre de la poutre : $G_{poutre} = \rho_{\text{béton}} \times b \times h$

$$= 25 \times 0.22 \times 0.35$$

$$= 1.93 \text{ KN/ml}$$
 - Charge permanent total : $G_t = G_{dalle} + G_{poutre} = 10.41 + 1.93 = 12.34 \text{ KN/ml}$
- Charge d'exploitation : $Q = q \times L_i = 1 \times 1.86 = 1.86 \text{ KN/ml}$

- Combinaison d'action :
 - À l'ELU : $P_u = 1.35 \times G + 1.5 \times Q = 1.35 \times 12.34 + 1.5 \times 1.86 = 19.45 \text{ KN/ml}$
 - À l'ELS : $P_s = G + Q = 12.34 + 1.86 = 14.2 \text{ KN/ml}$

VI-3- Calcul des moments fléchissant et efforts tranchants :

- À l'ELU :

$$M_{AB} = \frac{P_u \times L^2}{8} = \frac{19.45 \times 3.70^2}{8} = 33.28 \text{ KN.m}$$

$$T_{AB} = \frac{P_u \times L}{2} = \frac{19.45 \times 3.70}{2} = 35.98 \text{ KN/m}$$

- À l'ELS :

$$M_{AB} = \frac{P_s \times L^2}{8} = \frac{14.2 \times 3.70^2}{8} = 24.30 \text{ KN.m}$$

$$T_{AB} = \frac{P_u \times L}{2} = \frac{19.45 \times 3.70}{2} = 26.27 \text{ KN/m}$$

	Les moments fléchissant (KN.m)	Les efforts tranchants (KN/m)
À l'ELU	33.28	35.98
À l'ELS	24.30	26.27

Tableau 4 : Récapitulatif des moments et des effort tranchants

- Diagramme des moments fléchissant :

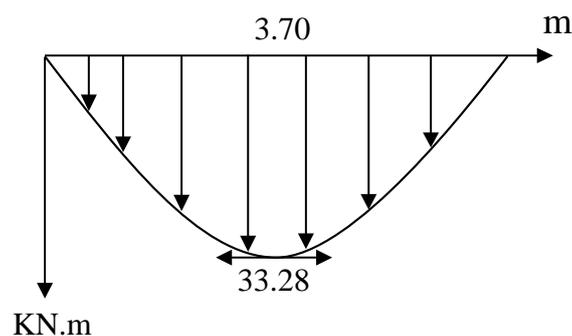


Figure 21 : Diagramme de moment fléchissant à l'ELU

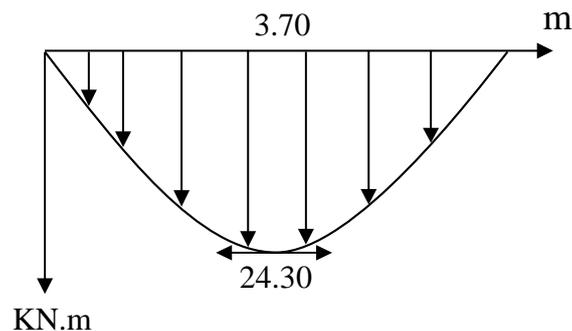
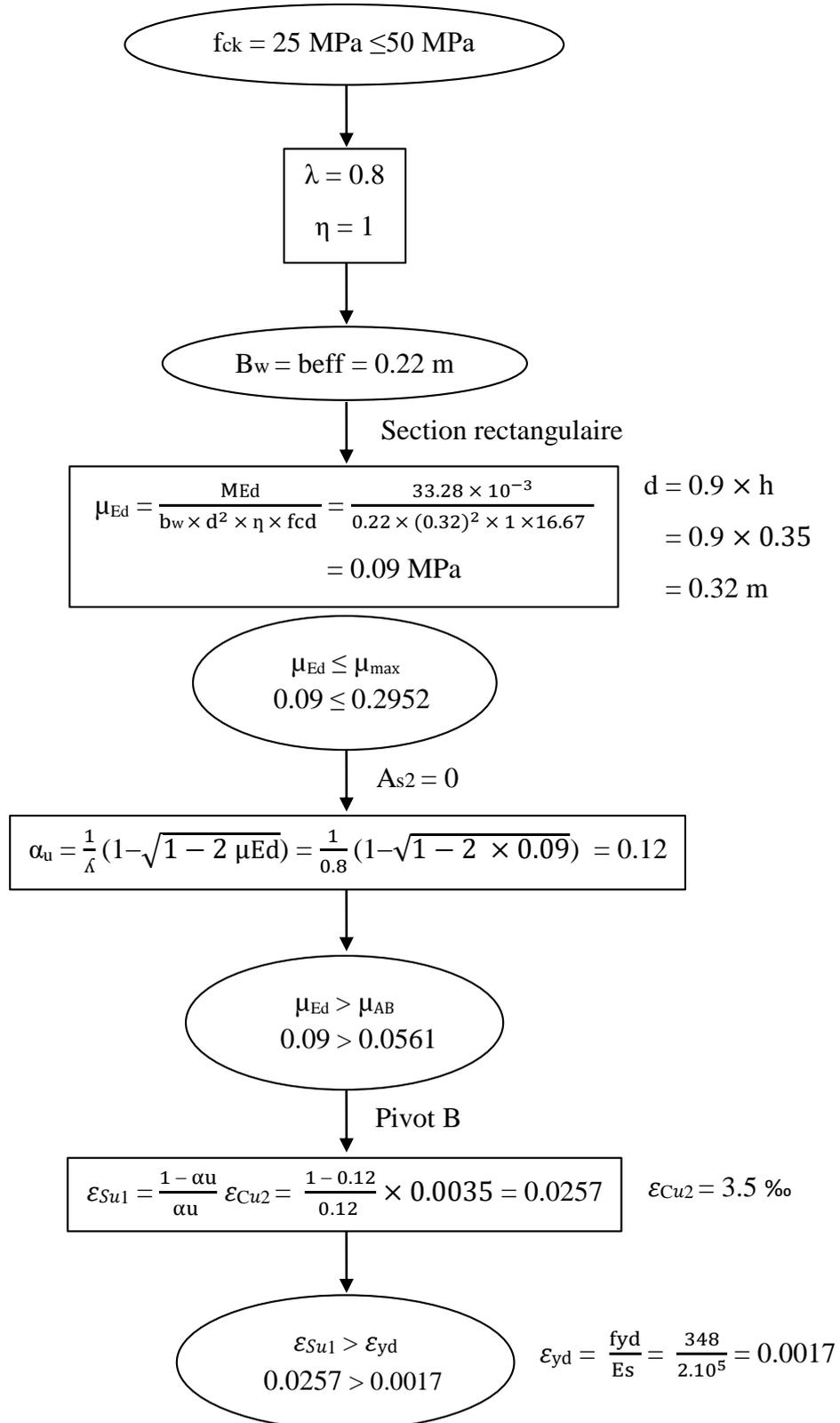


Figure 22 : Diagramme de moment fléchissant à l'ELS

VI-3- Ferrailage de la poutre :

VI-3-a- Les armatures longitudinales :

- Diagramme à l'ELU :



Stage de perfectionnement

On choisit le palier incliné de raison économique

$$\begin{aligned}\sigma_{Su1} &= f_{yd} + E_{sh} \times (\epsilon_{Su1} - \epsilon_{yd}) \\ &= 348 + 842 \times (0.0257 - 0.0017) \\ &= 368.21 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$E_{sh} = 842 \text{ MPa}$ car acier B

$$\begin{aligned}A_{S1} &= \frac{b \times d \times \lambda \times \alpha_u \times \eta \times f_{cd} + A_{s2} \times \sigma_{Su2}}{\sigma_{Su1}} \\ &= \frac{22 \times 32 \times 0.8 \times 0.12 \times 1 \times 16.67 + 0}{368.21} \\ &= 3.06 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

→ On prend 3HA10 et 2HA8 , $A_{S1} = 3.37 \text{ cm}^2$

✓ Verification:

$b_w = 0.22 \text{ m}$; $d = 0.35 \text{ m}$; $F_{Ctm} = 2.56 \text{ MPa}$

$A_{smax} = 0.04 \times A_c = 0.04 \times 0.22 \times 0.35 = 0.00308 \text{ m}^2 = 30.8 \text{ cm}^2$

$$A_{smin} = \max \begin{cases} 0.26 \times \frac{F_{Ctm}}{f_{yk}} \times b_w \times d = 0.26 \times \frac{2.56}{400} \times 0.22 \times 0.35 = 1.3 \text{ cm}^2 \\ 0.0013 \times b_w \times d = 0.0013 \times 0.22 \times 0.35 = 1 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$A_{smin} = 1.3 \text{ cm}^2$

$A_{smin} < A_{S1} < A_{smax}$ → vérifier

▪ Distance minimale entre les barres :

$$A_h \geq \max \begin{cases} \emptyset \text{ max} \\ 20 \text{ mm} \\ d_g + 5 \text{ mm} \end{cases}$$

$$A_h \geq \max \begin{cases} \emptyset = 10 \text{ mm} \\ 20 \text{ mm} \\ 25 + 5 = 30 \text{ mm} \end{cases}$$

→ $A_h \geq 30 \text{ mm}$

VI-3-b- Les armatures transversales :

$$\emptyset_t \geq \max \begin{cases} \emptyset_{\min} = 6 \text{ mm} \\ \frac{\emptyset_{l.\max}}{4} = \frac{10}{4} = 2.5 \text{ mm} \end{cases}$$

→ $\emptyset_t = 6 \text{ mm}$ donc cadre RLØ6

- **Longuer d'encrage :**

$$L_{bd} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times L_{b, rqd}$$

$$L_{b, rqd} = \frac{\phi}{4} \times \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

$$f_{bd} = 2.25 \times \eta_1 \times \eta_2 \times f_{ctd} ; \text{ Avec } \begin{cases} \eta_1 = 1 \text{ (bonne condition d'adhérence)} \\ \eta_2 = 1 \text{ (si } \phi \leq 32\text{mm)} \\ f_{ctd} = \alpha_{cc} \times \frac{f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = \frac{1.8}{1.5} = 1.2 \text{ MPa} \end{cases}$$

$$f_{bd} = 2.25 \times 1 \times 1 \times 1.2 = 2.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sd} = f_{yd} = 348 \text{ MPa}$$

$$L_{b, rqd} = \frac{10}{4} \times \frac{348}{2.7} = 322 \text{ mm} = 32.2 \text{ cm}$$

$$\alpha_1 = 1$$

$$0.7 \leq \alpha_2 = 1 - 0.15 \times \frac{C_d - 3\phi}{\phi} \leq 1$$

$$b = 2 \times C_{nom} + 2 \times \phi t + 3 \times \phi L + 2 \times a$$

$$22 = 2 \times 3.5 + 2 \times 0.6 + 3 \times 1 + 2 \times a$$

$$2 \times a = 10.8 \rightarrow a = 5.4 \text{ cm}$$

$$C_d = \min \begin{cases} \frac{a}{2} \\ C_1 \\ C_2 \end{cases}$$

$$C_d = \min \begin{cases} \frac{5.4}{2} = 2.7 \text{ cm} \\ C_1 = C_2 = C_{nom} + \phi t = 3.5 + 0.6 = 4.1 \text{ cm} \end{cases}$$

$$C_d = 2.7$$

$$\alpha_2 = 1 - 0.15 \times \frac{2.7 - 3 \times 1}{1} = 1$$

$$0.7 \leq \alpha_3 = 1 - K\lambda \leq 1 \text{ Pour sécurité en prend } \alpha_3 = 1$$

$$\alpha_4 = 1 \text{ Car les armatures non soudées}$$

$$\alpha_5 = 1 \text{ Pas de compression transversale}$$

$$L_{bd} = 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 32.2 = 32.2 \text{ cm}$$

- **Vérification de longueur d'ancrage de calcul :**

$$L_{bmin} = \max [0.3 \times L_{b, rqd} ; 10 \phi ; 100 \text{ mm}]$$

$$= \max [0.3 \times 32.2 ; 10 \text{ cm} ; 100 \text{ mm}]$$

$$= \max [9.66 ; 10 \text{ cm} ; 100 \text{ mm}]$$

$$L_{bd} = 32.2 \text{ cm} > L_{bmin} = 10 \text{ cm}$$

VI-4- Schéma de ferrailage :

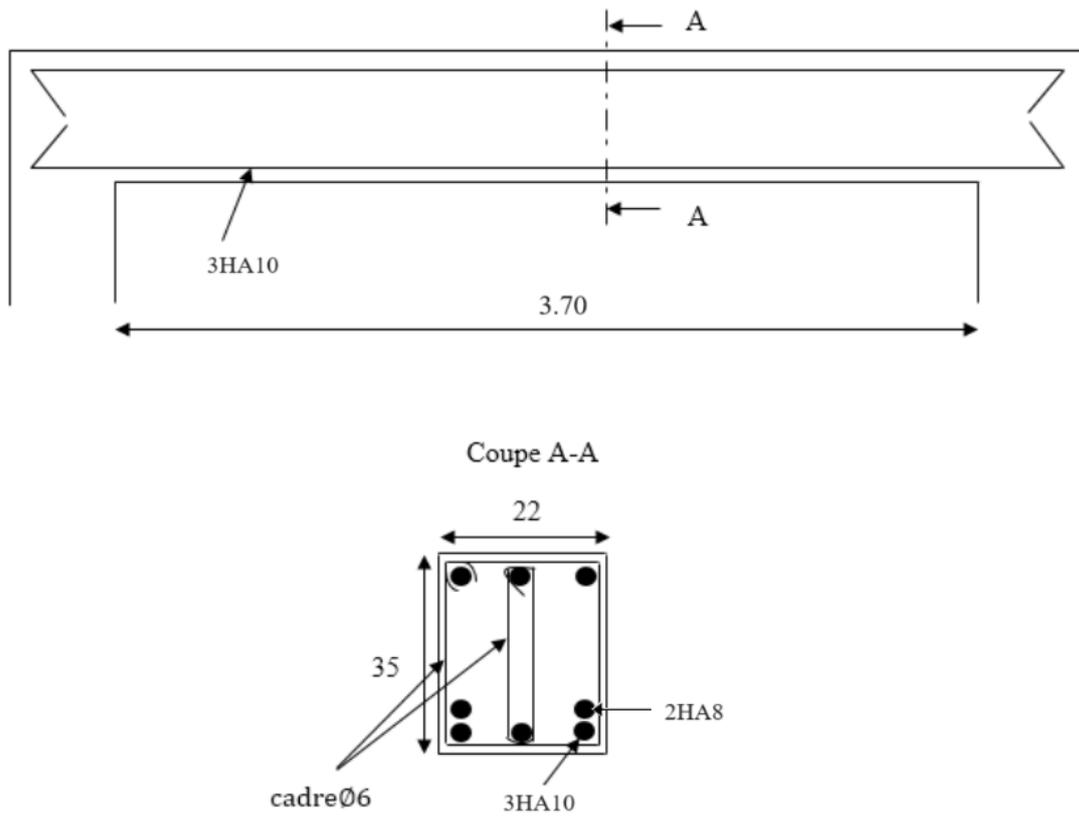


Figure 23 : Schéma manuelle de la poutre

Chapitre VII : Étude de Poteau :

VII-1- Introduction :

Les poteaux sont des éléments porteurs en béton armé sous plusieurs formes (rectangulaire, circulaire, carré, en L...), ils sont sollicités en compression simple. La section du poteau est prise en fonction de la charge appliquée à l'état limite ultime Pu.

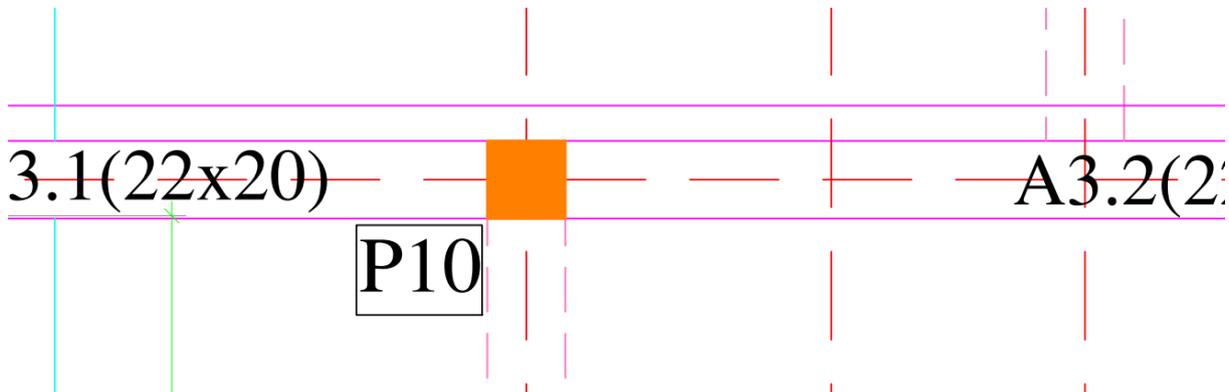


Figure 24 : Emplacement de poteau à étudier P10

VII-2- Descente de charges :

- Charges permanentes :

- RDC :

- Surface d'influence : $S_i = \frac{4.23}{2} \times \frac{1.88}{2} + \frac{4.23}{2} \times \frac{3.73}{2} = 5.93 \text{ m}^2$
- Charge du plancher : $G_{\text{dalle}} = G (16+5) \times S_i = 6.25 \times 5.93 = 37.06 \text{ KN}$
- Charge de poteau (22X22) : $G_{\text{poteau}} = \rho \text{ béton} \times a \times b \times h_{\text{poteau}}$
 $= 25 \times 0.22 \times 0.22 \times 3.21$
 $= 3.88 \text{ KN}$
- Charge de raidisseur : $G_{\text{raidisseur}} = \rho \text{ béton} \times a \times b \times L$
 $= 25 \times 0.22 \times 0.21 \times \left(\frac{4.23}{2}\right)$
 $= 2.44 \text{ KN}$
- Charge de poutre : $G_{\text{poutre}} = \rho \text{ béton} \times a \times b \times L$
 $= 25 \times 0.22 \times 0.20 \times \left(\frac{1.88}{2}\right) + 25 \times 0.22 \times 0.35 \times \left(\frac{3.73}{2}\right)$
 $= 4.62 \text{ KN}$
- Charge permanent total : $G_{\text{tRDC}} = G_{\text{dalle}} + G_{\text{poteau}} + G_{\text{raidisseur}} + G_{\text{poutre}}$
 $= 37.06 + 3.88 + 2.44 + 4.62$
 $= 48 \text{ KN}$

➤ Premier étage :

- Surface d'influence : $S_i = \frac{2.13}{2} \times \frac{1.88}{2} + \frac{2.13}{2} \times \frac{3.73}{2} = 2.99 \text{ m}^2$
 - Charge du plancher : $G_{\text{dalle}} = G (16+5) \times S_i = 5.6 \times 2.99 = 19.74 \text{ KN}$
 - Charge de poteau (22X22) : $G_{\text{poteau}} = \rho \text{ béton} \times a \times b \times h_{\text{poteau}}$
 $= 25 \times 0.22 \times 0.22 \times 3.21$
 $= 3.88 \text{ KN}$
 - Charge de raidisseur : $G_{\text{raidisseur}} = \rho \text{ béton} \times a \times b \times L$
 $= 25 \times 0.22 \times 0.21 \times \left(\frac{2.13}{2}\right)$
 $= 1.23 \text{ KN}$
 - Charge de poutre : $G_{\text{poutre}} = \rho \text{ béton} \times a \times b \times L$
 $= 25 \times 0.22 \times 0.2 \times \left(\frac{1.88}{2}\right) + 25 \times 0.22 \times 0.35 \times \left(\frac{3.73}{2}\right)$
 $= 4.62 \text{ KN}$
 - Charge permanent total : $G_{\text{ETAGE}} = G_{\text{dalle}} + G_{\text{poteau}} + G_{\text{raidisseur}} + G_{\text{poutre}}$
 $= 19.74 + 3.88 + 1.23 + 4.62$
 $= 29.47 \text{ KN}$
- $G_t = G_{\text{RDC}} + G_{\text{ETAGE}} = 48 + 29.47 = 77.47 \text{ KN}$

▪ **Charges d'exploitation :**

$$Q_{\text{RDC}} = q \times S_i = 1.5 \times 5.93 = 8.90 \text{ KN}$$

$$Q_{\text{ETAGE}} = q \times S_i = 1 \times 2.99 = 2.99 \text{ KN}$$

$$\rightarrow Q_t = Q_{\text{RDC}} + Q_{\text{ETAGE}} = 8.9 + 2.99 = 11.89 \text{ KN}$$

▪ **Combinaison d'action :**

- À l'ELU : $P_u = 1.35 \times G + 1.5 \times Q = 1.35 \times 77.47 + 1.5 \times 11.89 = 122.41 \text{ KN}$

- À l'ELS : $P_s = G + Q = 77.47 + 11.89 = 89.36 \text{ KN}$

VII-3- Dimensionnements des armatures :

VII-3-a- Dimensionnement de la section d'acier à l'ELU :

▪ **Charges permanentes :**

- Poteau encastré au-dessous et articulé au-dessus : $l_0 = 0.7 \times l$
 $= 0.7 \times 3.21$
 $= 2.25 \text{ m}$

▪ **Elancement d'un poteau :** $\lambda = \frac{L_0 \times \sqrt{12}}{a} = \frac{2.25 \times \sqrt{12}}{0.22} = 35.43$

L'élément est considéré en compression centré si : $\lambda > \lambda_{lim}$

$$\lambda_{lim} = \frac{20 \times A \times B \times C}{\sqrt{n}} ; \text{ Avec } \begin{cases} A = \frac{1}{1 + 0.2 \times \varphi_{eff}} \text{ or } \varphi_{eff} : \text{ inconnue} \rightarrow A = 0.7 \\ B = 1 + 2 \omega \text{ or } \omega : \text{ inconnue} \rightarrow B = 1.1 \\ C = 1.7 - r_m \text{ or } r_m : \text{ inconnue} \rightarrow C = 0.7 \end{cases}$$

On a : $N_{ed} = 122.41 \text{ KN}$

$A_c = 0.22 \times 0.22 = 0.048 \text{ m}^2$

$n = \frac{N_{ed}}{A_c \times f_{cd}} = \frac{122.41 \times 10^{-3}}{0.048 \times 16.67} = 0.153$

$\rightarrow \lambda_{lim} = \frac{20 \times 0.7 \times 1.1 \times 0.7}{\sqrt{0.153}} = 27.56$

Alors $\lambda > \lambda_{lim} \rightarrow$ la méthode simplifiée

VII-3-b- Calcul des aciers longitudinaux :

$N_{ed} \leq K_h \times K_s \times \alpha \times [A_c \times f_{cd} + A_s \times f_{yd}]$

$\alpha = \frac{0.86}{1 + (\frac{\lambda}{62})^2}$ si $\lambda < 60 \rightarrow \alpha = \frac{0.86}{1 + (\frac{47.23}{62})^2} = 0.54$

$\lambda = \frac{L_0 \times \sqrt{12}}{a} = \frac{3 \times \sqrt{12}}{0.22} = 47.23$

$K_h = (0.75 + 0.5 \times h) \times (1 - 6 \times \rho \times \delta)$ Si ρ et δ inconnue en prend $(1 - 6 \times \rho \times \delta) = 0.95$

$K_h = (0.75 + 0.5 \times 0.22) \times 0.95 = 0.817$

$K_s = 1.6 - \frac{0.6 \times f_{yk}}{500}$ si $f_{yk} \geq 500 \text{ MPa}$ et $\lambda > 40 \rightarrow K_s = 1$

$A_s \geq \left(\frac{N_{ed}}{K_h \times K_s \times \alpha} - A_c \times f_{cd} \right) \times \frac{1}{f_{yd}}$

$A_s \geq \left(\frac{122.41 \times 10^{-3}}{0.817 \times 1 \times 0.54} - 0.048 \times 16.67 \right) \times \frac{1}{348}$

$A_s \geq -1.50 \times 10^{-3} \text{ m}^2$

$A_{smin} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.1 \times \frac{N_{ed}}{f_{cd}} \\ 0.002 \times A_c \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.1 \times \frac{122.41 \times 10^{-3}}{348} \\ 0.002 \times 0.048 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 35 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 0.35 \text{ cm}^2 \\ 96 \times 10^{-6} \text{ m}^2 = 0.96 \text{ cm}^2 \end{array} \right\}$

$\rightarrow A_s = A_{smin} = 0.96 \text{ cm}^2$

\rightarrow Choix d'armature : 4HA8 et $A_s = 2.01 \text{ cm}^2$

VII-3-c- Calcul des armatures transversales :

$$\varnothing_t \geq \max \left\{ \begin{array}{l} \varnothing_{\min} = 6 \text{ mm} \\ \frac{\varnothing_{\max}}{4} = \frac{8}{4} = 2 \text{ mm} \end{array} \right.$$

→ $\varnothing_t = 6 \text{ mm}$ donc cadre RLØ6

VII-3-d- Espacement entre les cadres :

- **Zone courante :**

$$S_{clt\max} = \min \left\{ \begin{array}{l} 20 \times \varnothing_{l.\min} \\ b \\ 400 \text{ mm} \end{array} \right. = \min \left\{ \begin{array}{l} 20 \times 8 = 160 \text{ mm} \\ 220 \text{ mm} \\ 400 \text{ mm} \end{array} \right.$$

→ $S_{clt\max} = 16 \text{ cm}$

- **Zone de recouvrement :**

$$L_{bd} = \alpha_1 \times \alpha_2 \times \alpha_3 \times \alpha_4 \times \alpha_5 \times \alpha_6 \times L_{b, rqd}$$

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 1$$

$$\alpha_6 = 1.5$$

$$L_{b, rqd} = \frac{\phi}{4} \times \frac{\sigma_{sd}}{f_{bd}}$$

$$f_{bd} = 2.25 \times \eta_1 \times \eta_2 \times f_{ctd}; \text{ Avec } \left\{ \begin{array}{l} \eta_1 = 1 \text{ (bonne condition d'adhérence)} \\ \eta_2 = 1 \text{ (si } \varnothing \leq 32\text{mm)} \\ f_{ctd} = \alpha_{cc} \times \frac{f_{ctk0.05}}{\gamma_c} = \frac{1.8}{1.5} = 1.2 \text{ MPa} \end{array} \right.$$

$$f_{bd} = 2.25 \times 1 \times 1 \times 1.2 = 2.7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{sd} = f_{yd} = 348 \text{ MPa}$$

$$L_{b, rqd} = \frac{8}{4} \times \frac{348}{2.7} = 257 \text{ mm} = 25.7 \text{ cm}$$

$$L_{bd} = 1.5 \times 25.7 = 385.5 \text{ mm} = 38.55 \text{ cm}$$

Au moins 3 cadres et $S_t \leq 15 \text{ cm}$

$$\frac{L_{bd}}{15} = \frac{38.55}{15} = 2.6 \leftrightarrow 3 \text{ espacements } \frac{38.55}{3} = 12.85 \text{ cm}$$

→ Donc on a 4 cadres.

VII-3-e- Schéma de ferrailage :

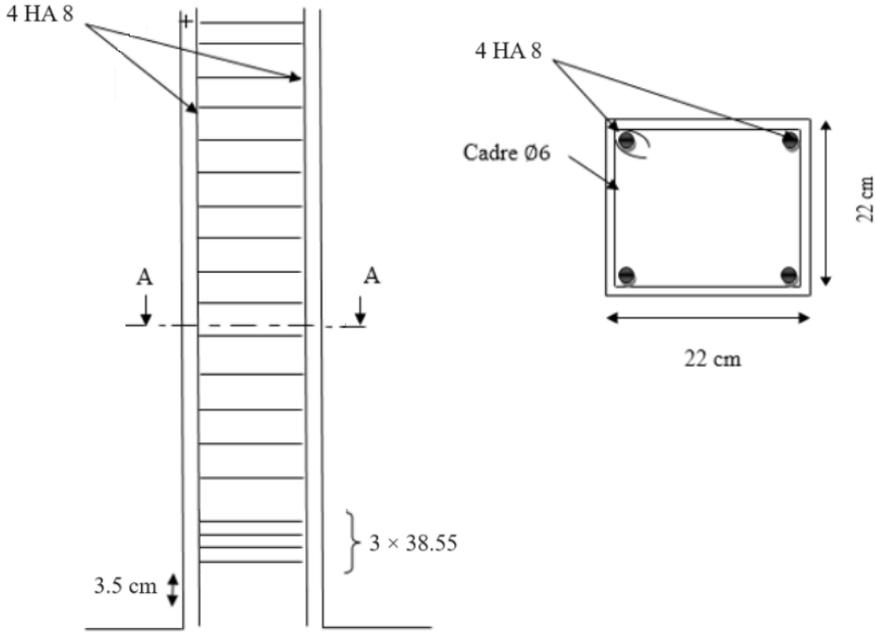


Figure 25 : Schéma manuelle du poteau

Chapitre VIII : Étude de nervure :

VIII-1- Introduction :

La nervure est un élément du plancher destiné à supporter des dalles de faibles portées, La nervure traitée est une nervure appartenant au plancher RDC. Elle est composée de deux travées, la section de la nervure est en T. Donc, suivant sa conception, une nervure est dimensionnée comme une poutre continue (ou isostatique) sollicitée à la flexion simple.

La nervure étudiée est schématisée comme une poutre continue à une seule travée soumise à une charge uniformément répartie comme le montre la figure :

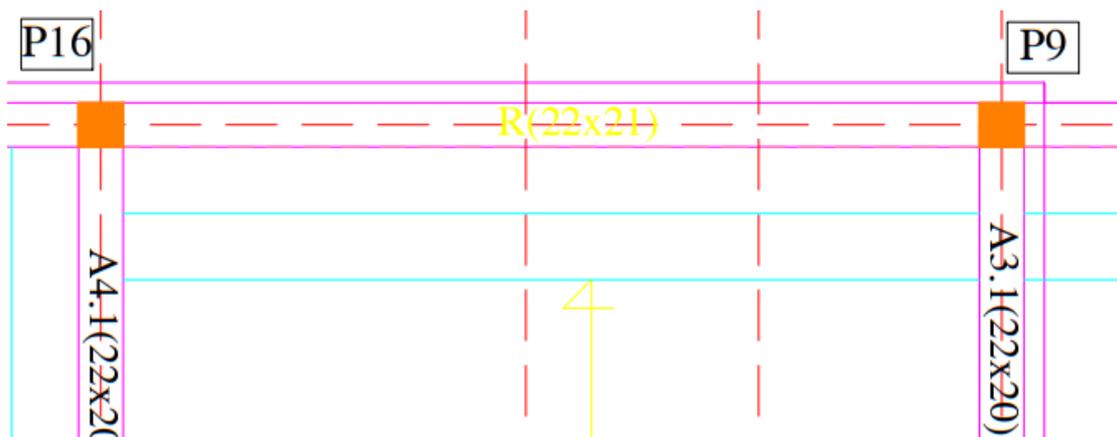


Figure 26 : Localisation de la nervure

VIII-2- Pre dimensionnement :

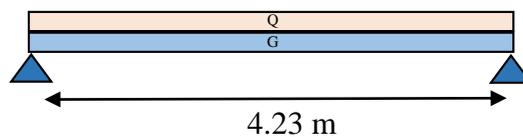


Figure 27 : Schéma mécanique de nervure

- Pré dimensionnement :

$$L_{\max} = 4.45 - 0.22 = 4.23 \text{ m}$$

$$h_p = \frac{L_{\max}}{22.5} = \frac{4.23}{22.5} = 0.19 \text{ m}$$

→ Donc on utilise une nervure (16+5) = 21 cm

- Chargement de nervure :

Il s'agit d'une nervure qui fait partie d'un plancher intermédiaires.

On a les charges surfaciques :

- Charge permanentes : $G = 6.25 \text{ KN/m}^2$
- Charge exploitation : $Q = 1.5 \text{ KN/m}^2$

- Evaluation des charges : Charges linaires :
 - Charge permanentes : $G = \frac{6.25}{3} = 2.08 \text{ KN/m}$
 - Charge exploitation : $Q = \frac{1.5}{3} = 0.5 \text{ KN/m}$
- Combinaisons :
 - À l'ELU : $P_u = 1.35 \times G + 1.5 \times Q = 1.35 \times 2.08 + 1.5 \times 0.5 = 3.56 \text{ KN/ml}$
 - À l'ELS : $P_s = G + Q = 2.08 + 0.5 = 2.58 \text{ KN/ml}$

VIII-3- Calcul les moments fléchissants et les efforts :

VIII-3-a- Calcul des moments fléchissant et efforts tranchants à l'ELU :

$$M = \frac{P_u \times L^2}{8} = \frac{3.56 \times 4.23^2}{8} = 7.96 \text{ KN.m}$$

VIII-3-b- Calcul des moments fléchissant et efforts tranchants à l'ELS :

$$M = \frac{P_s \times L^2}{8} = \frac{2.58 \times 4.23^2}{8} = 5.77 \text{ KN.m}$$

- Diagramme des moments fléchissant :

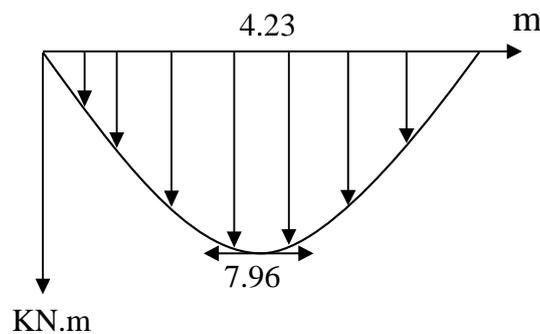


Figure 28 : Diagramme de moment fléchissant à l'ELS

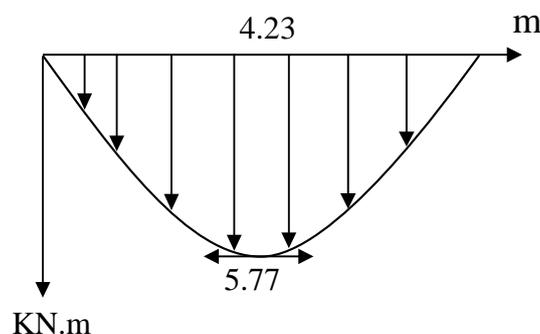


Figure 29 : Diagramme de moment fléchissant à l'ELS

VIII-4- Ferrailage de la nervure :

La nervure travaille en flexion simple, étant donné que la fissuration est peu préjudiciable on va dimensionner à l'ELU et ensuite vérifier à l'ELS.

VIII-4-a- Armature longitudinales :

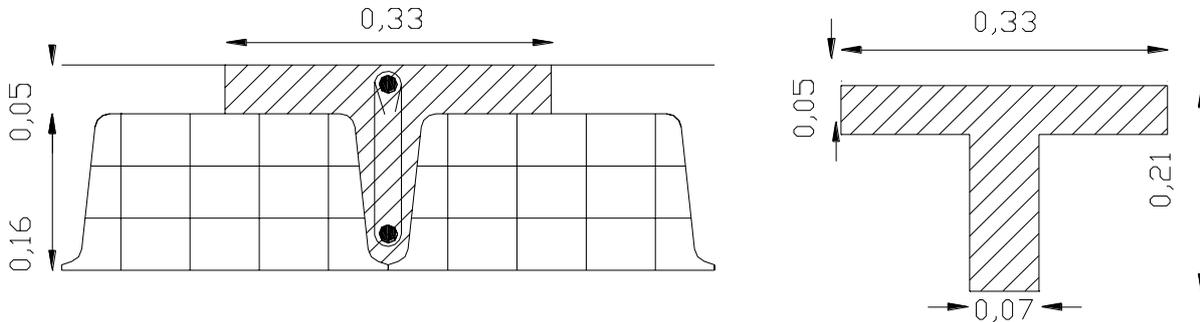
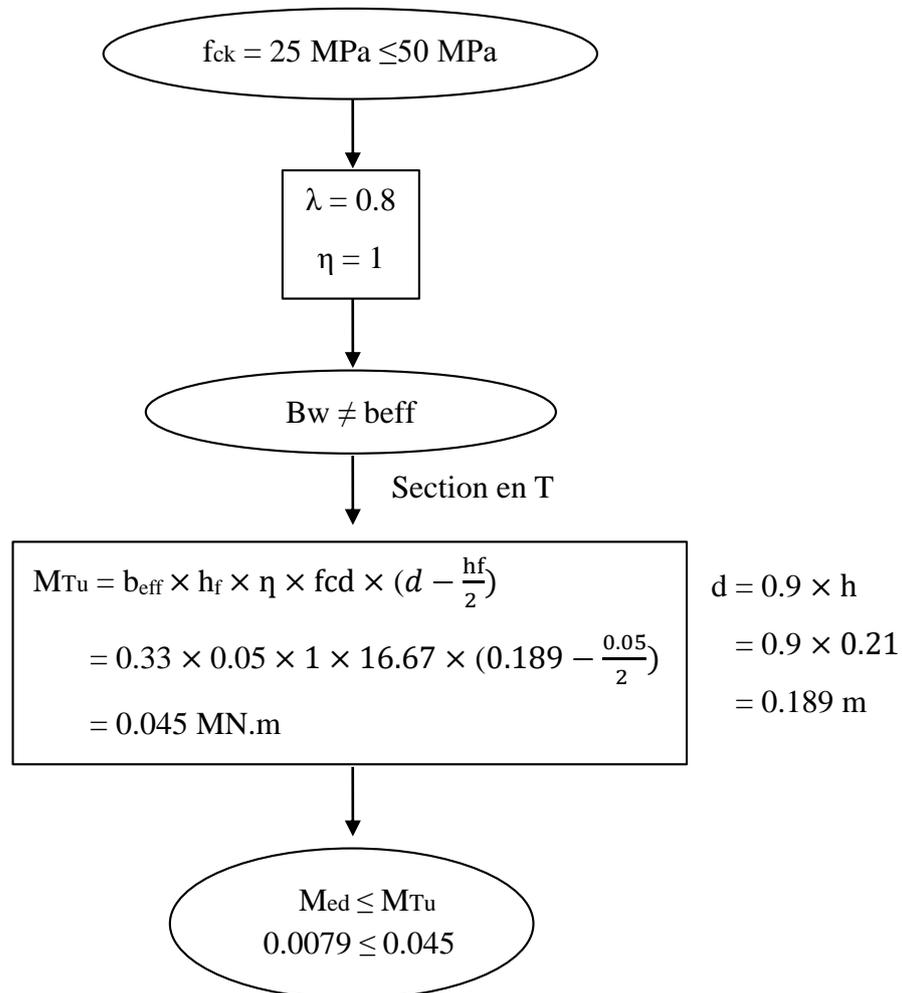
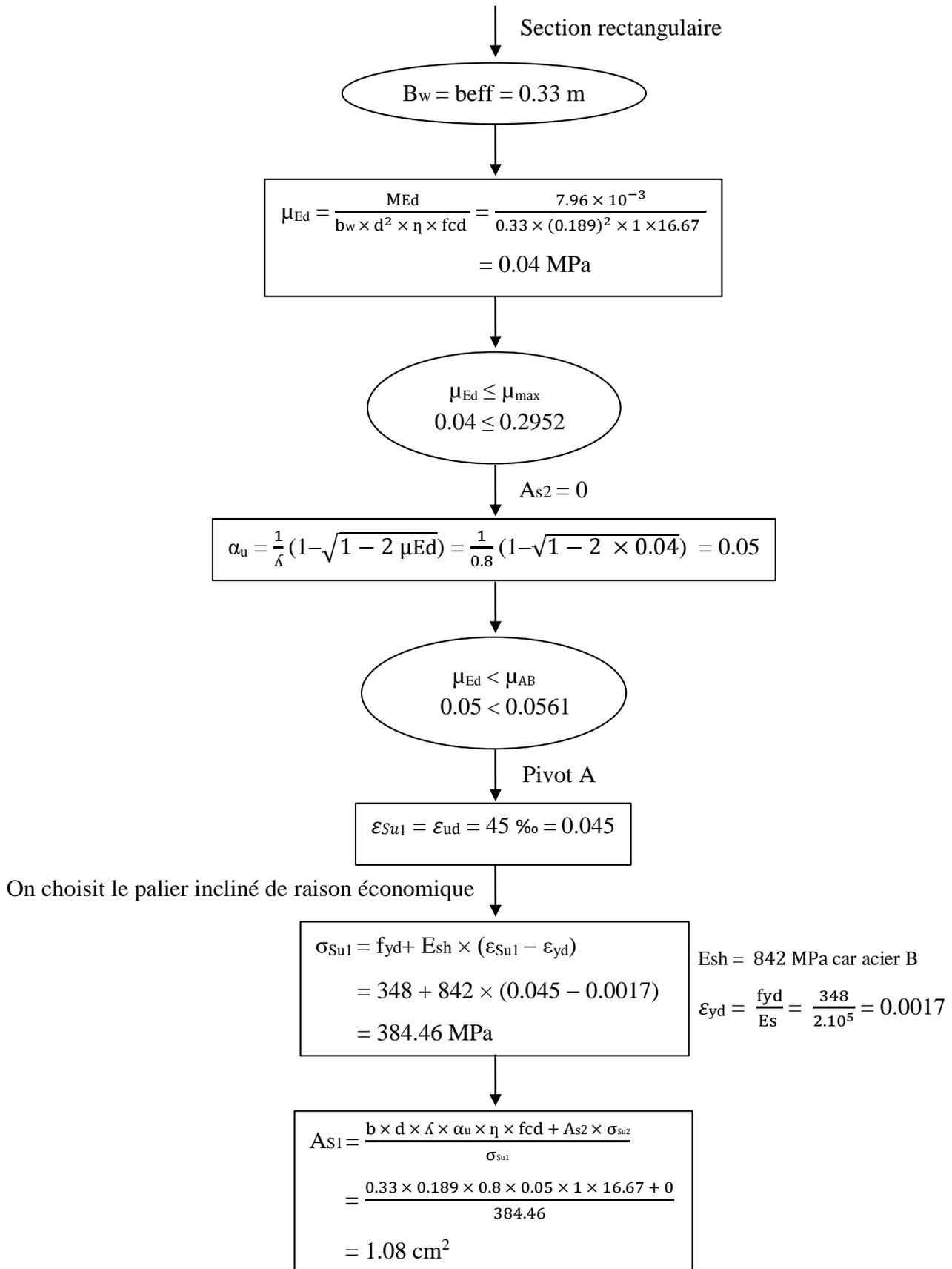


Figure 30 : Section de la nervure

- Diagramme à l'ELU :





→ On prend 1HA12 , $A_{S1} = 1.13 \text{ cm}^2$

✓ Verification:

$$b_w = 0.07 \text{ m} ; d = 0.21 \text{ m} ; F_{Ctm} = 2.56 \text{ MPa}$$

$$A_{smax} = 0.04 \times A_c = 0.04 \times 0.07 \times 0.21 = 0.000588 \text{ m}^2 = 5.88 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} = \max \begin{cases} 0.26 \times \frac{F_{Ctm}}{f_{yk}} \times b_w \times d = 0.26 \times \frac{2.56}{400} \times 0.07 \times 0.21 = 0.24 \text{ cm}^2 \\ 0.0013 \times b_w \times d = 0.0013 \times 0.07 \times 0.21 = 0.19 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$$A_{smin} = 0.24 \text{ cm}^2$$

$$A_{smin} < A_{S1} < A_{smax} \rightarrow \text{vérifier}$$

VIII-4-b- Les armatures transversales :

$$\varnothing_t \geq \max \begin{cases} \varnothing_{\min} = 6 \text{ mm} \\ \frac{\varnothing_{l,\max}}{4} = \frac{12}{4} = 3 \text{ mm} \end{cases}$$

→ $\varnothing_t = 6 \text{ mm}$ donc cadre RL \varnothing 6S

VIII-5- Schéma de ferrailage :

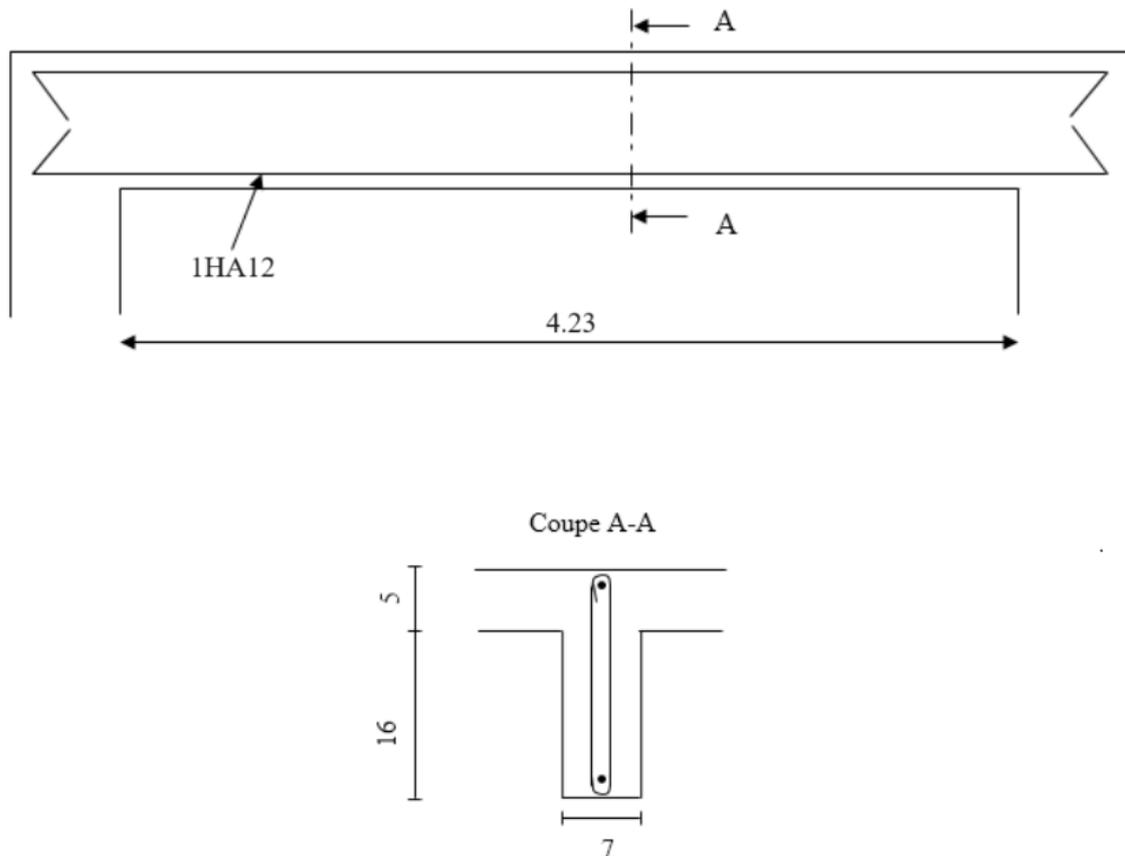


Figure 31 : Schéma manuel de la nervure

Chapitre IX : Modélisation de la structure avec Arche :

IX-1- Introduction :

La modélisation de notre immeuble a été réalisée à l'aide du logiciel « ARCHE ». Ce logiciel permet principalement de calculer la descente des charges sur chaque élément structurel (poutre, poteau, semelle...) et de dimensionner ces éléments.

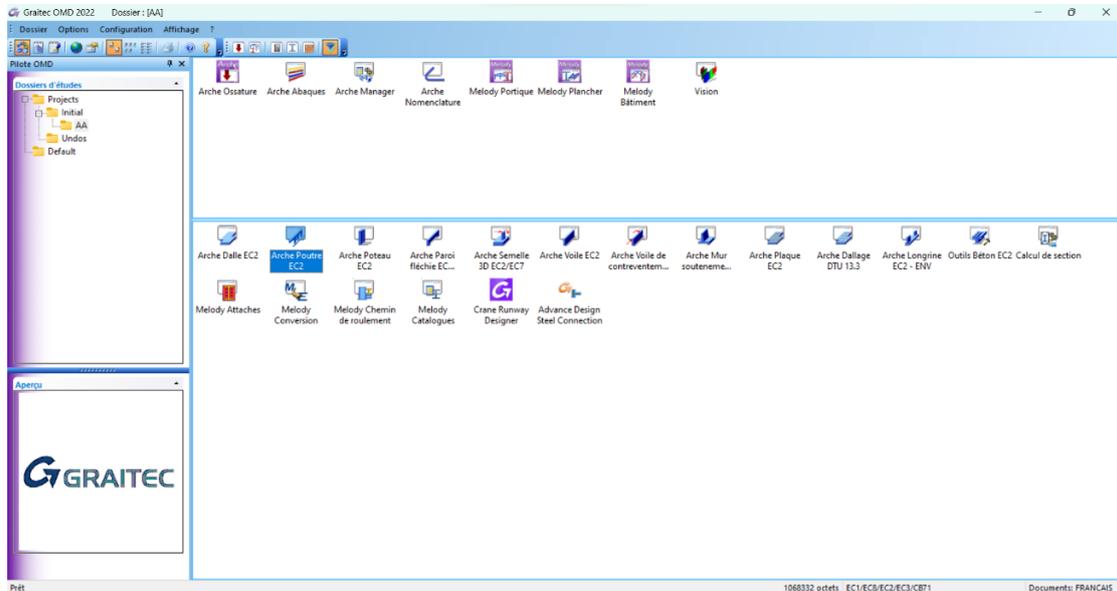


Figure 32 : Interface graphique du logiciel ARCHE

IX-2- Vérification de calcul de ferrailage de poutre sur arche :

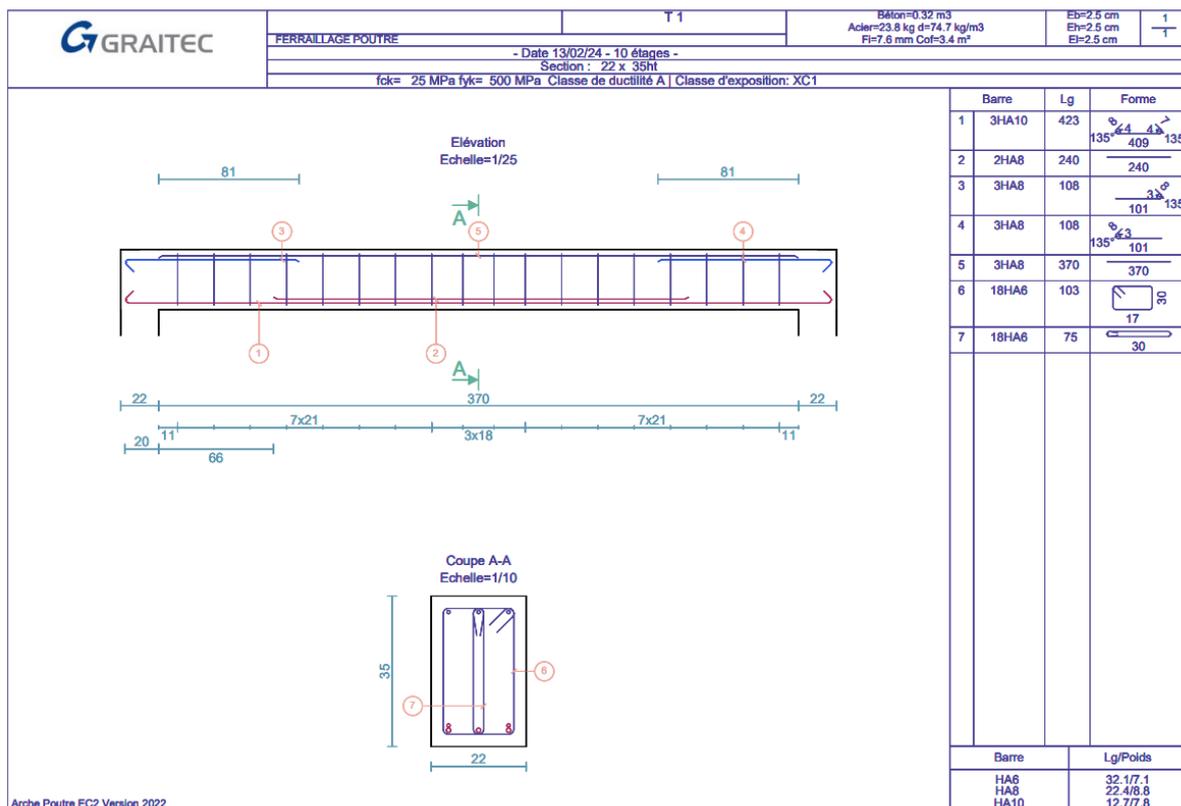


Figure 33 : Ferrailage de poutre

IX-3- Vérification de calcul de ferrailage de poteau sur arche :

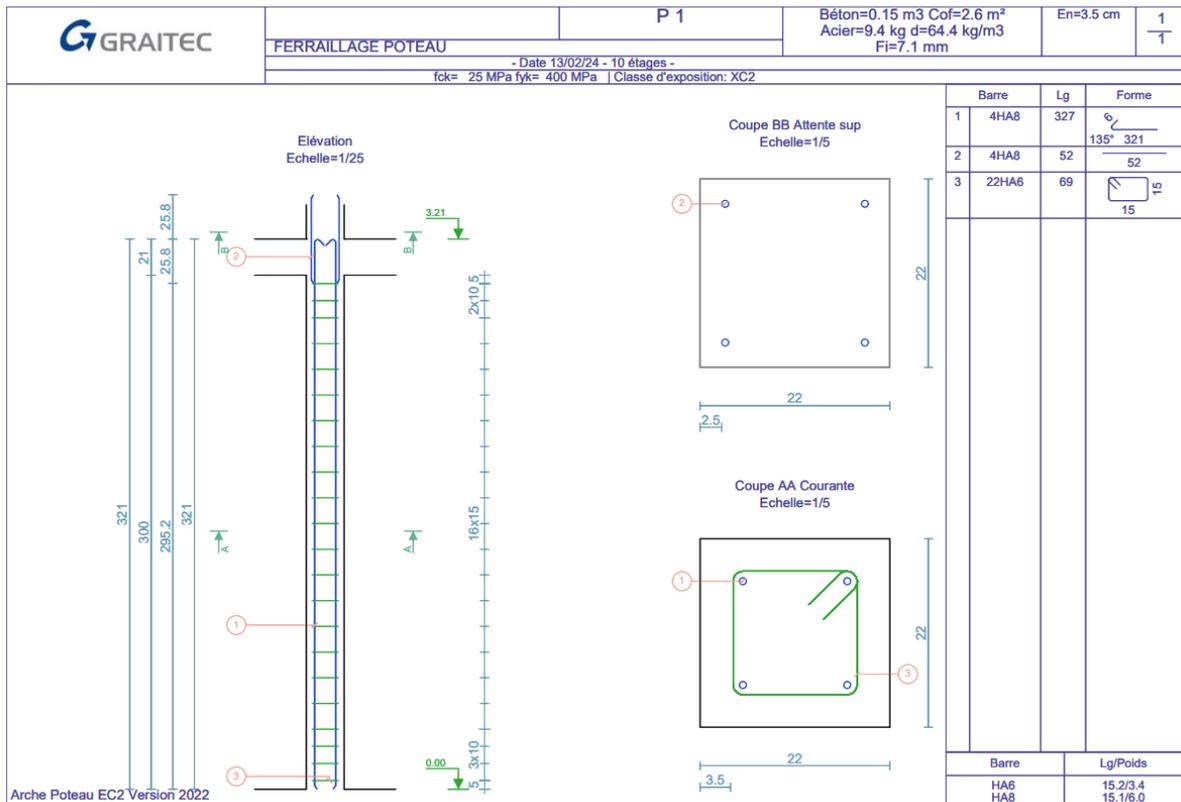


Figure 34 : Ferrailage de poteau

IX-4- Vérification de calcul de ferrailage de nervure sur arche :

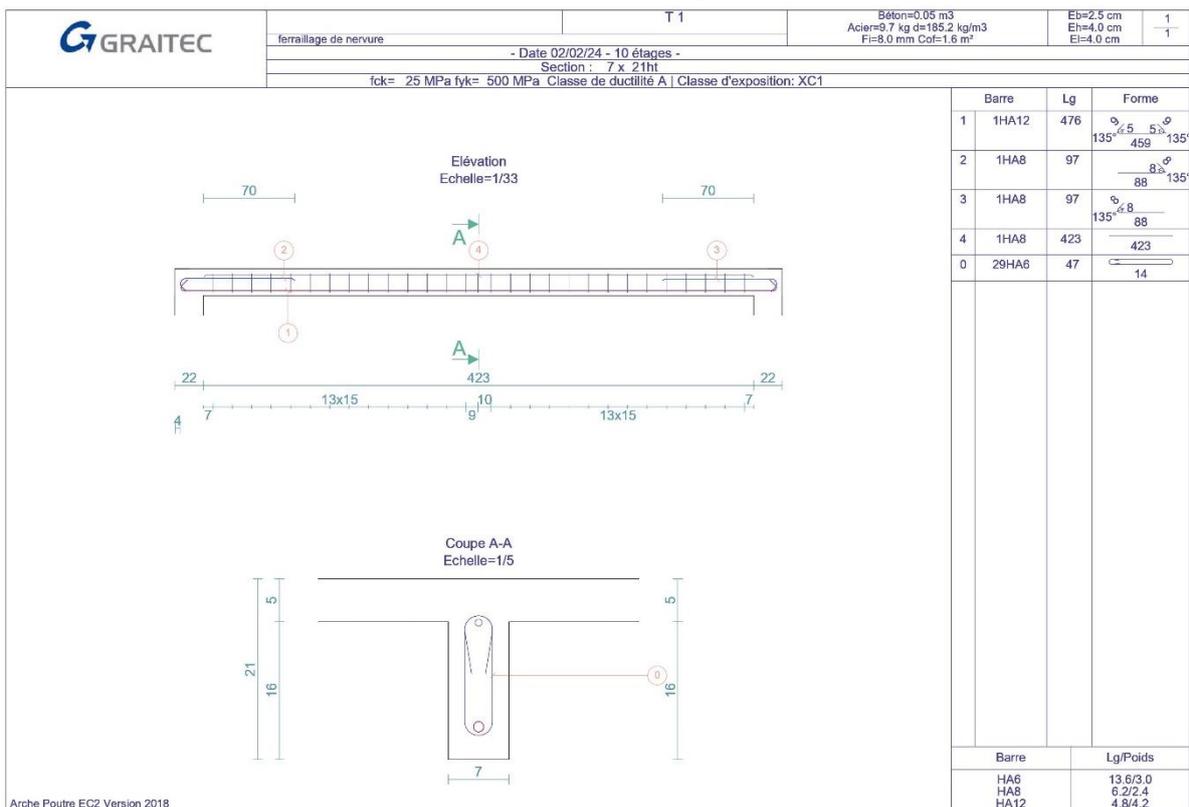


Figure 35 : Ferrailage de nervure

Conclusion

La licence en génie civil est très riche en matière de connaissances théoriques dans tous ce qui est en relation avec le domaine de la construction tels que l'RDM, principe des structures, infrastructures bâtiments...etc.

Ce stage de perfectionnement était une occasion de mettre en pratique ce qu'on a appris dans la théorie. Il a été aussi une opportunité de s'intégrer dans le monde professionnel qui est plein de défis et de nouvelles connaissances.

En effet, ce stage de perfectionnement nous a permis de comprendre et apprendre à maîtriser le dimensionnement d'un bâtiment en béton armé à l'aide de plusieurs logiciels tels que AutoCAD et de calcul comme le logiciel Arche.

En outre, le paramétrage inadéquat des logiciels peut nous guider à surestimer les calculs de la structure, pour cela on a procédé à vérifier les résultats avec un calcul manuel pour qu'on puisse faire un dimensionnement technico-économique rentable.

Enfin, on a convaincu que le travail réalisé n'est qu'une étape primaire pour une carrière professionnelle pour des études plus approfondies.

Annexe

