

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAID DE TLEMCEM
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT de génie civil



MÉMOIRE DE MASTER EN DÉNIE CIVIL

OPTION : travaux public

Thème :

LE COUT DE LA RÉALISATION D'UN PONT D'UNE ROCADE COTIERE
LOTI ENTRE MARSA BEN M'IDI ET GHAZAOUET O A DU
PK2+220 AU PK 2+373.77

Présenté le 27 Juin 2019 par :

SMADI FARAH

TLEMSANI DOUNIA

Devant le jury composé de:

Président : ZENDAGHI DJ

Encadrant : Mr. BENYELLES ZOHEIR

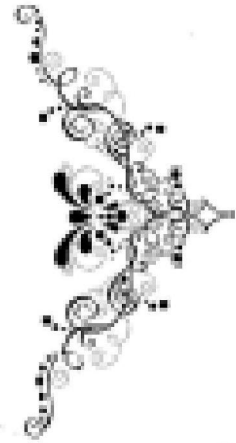
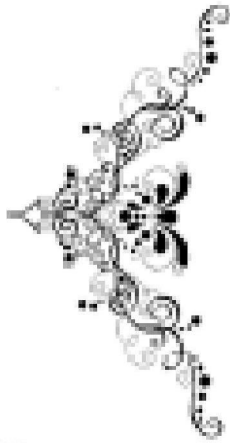
Encadrant : Mr. MEGNOUNIF Abdellatif

Examineur : HOUMADI YUCEF

Année universitaire : 2018-2019.



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



Remerciements

En premier lieu, nous remercions notre dieu qui nous a donné la puissance pour achever ce modeste travail.

Nous tenons à remercier nos encadreur : Mr BENYELLES.Z et Mr MEGNOUNIF.A pour leur soutien ,durant notre formation et la préparation de ce mémoire.

Nous remercions tout particulièrement Mr OUDJEDI et Mr BOUTERFEAS pour leur gentillesse, leur manière de faire mener à bien notre projet de fin d'étude.

Nous tenons à exprimer notre grande reconnaissance, à toute l'équipe SEROR, pour leur aide précieuse qui nous a permis une progression concrète de notre travail.

Nos remerciements vont également à nos collègues, nos amis, et toute personne ayant aidé, de près ou de loin, directement ou indirectement, à l'aboutissement de ce travail.

Merci à tous

Dédicace

*Avec l'aide de dieu tout puissant, nous pouvions achever ce
modeste travail que nous dédions :*

A nos chers parents

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime,
le dévouement et le respect que nous avons toujours
eu pour vous. Rien au monde ne vaut
les efforts fournis jour et nuit pour notre éducation
et notre bien-être.*

*Nous les remercions infiniment pour tout. En souhaitant
que dieu leurs accorde longue vie et très bonne santé.*

A nos frères et nos sœurs

A notre grande famille

A tous nos amis surtout WALID TABEL.

A toute la promotion VOA 2019/2020

*Et en dernier, un grand merci à toutes celles et tous ceux qui nous ont
aidés et soutenus*

SMADI FARAH TLEMSANI DOUNIA

Résumé

Le projet élaboré dans ce mémoire consiste à faire une étude propositionnelle sur un pont à poutre en béton armé.

On élabore dans ce travail le pré-dimensionnement de poutre, on détermine le ferrailage de poutre à partir des résultats de SAP2000, et à partir de ces résultats on fait une étude managériale et économique pour déterminer la durée et le coût du projet en utilisant le logiciel Ms Project.

Mots clés : Pont, béton armé, management, coût, délai.

Abstract

The project developed in this brief consists of a proposal study on a reinforced concrete beam bridge.

In this work, the pre-dimensioning of the beam, the reinforcement of the beam is determined from the results of SAP2000, and on the basis of these results a managerial and economic study is carried out to determine the duration and the cost of the project using the software Ms Project.

Keywords: bridge, reinforced concrete, management, cost, delay.

ملخص

يتكون المشروع الذي تم تطويره في هذه المذكرة من دراسة اقتراحية على جسر عوارض من الخرسانة المسلحة .

نقوم في هذه الدراسة بإتمام أبعاد العارض و بحساب كمية الحديد الموجودة في العارض بالاعتماد على النتائج المتحصل عليها بواسطة برمجية SAP2000 و من خلال هذه النتائج نقوم بدراسة إدارية واقتصادية لتحديد مدة الإنجاز وتكلفة المشروع بإستعمال برمجية Ms Project .

كلمات البحث: جسر ، الخرسانة المسلحة ، الإدارة ، التكلفة ، الموعد النهائي.

TABLE DES MATIERE

Remerciements	
Dédicaces	
Résumé	
Abstract	
المخلص	
Table des matières	
Liste des figures	
Liste des tableaux	

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

CHAPITRE I: Présentation du projet et caractéristiques des matériaux

I.1 Introduction.....	2
I.1.1 La superstructure.....	2
I.1.2 Les appareils d'appui.....	2
I.1.3 L'infrastructure.....	2
I.2 Présentation du site.....	3
I.3 Caractéristiques des matériaux.....	4
I.3.1 Le béton.....	4
I.3.2 L'acier.....	5
I.6 Conclusion.....	6

CHAPITRE II : Pré dimensionnement et descente de charges

II.1 Introduction.....	7
II.2 Largeur du tablier.....	7
II.3 Pré dimensionnement.....	7
II.3.1 La largeur de la travée.....	7
II.3.2 Hauteur des poutres.....	7
II.3.3 Nombre et espacement des poutres.....	7
II.3.4 Épaisseur de l'hourdis.....	8
II.3.5 La section de la poutre.....	8
II.3.6 Les entretoise.....	9
II.4 Évaluation des charges.....	10
II.4.1 La charge permanente (CP).....	10
II.4.2 La charge complémentaire permanente (CCP).....	11
II.4.3 Calcul des surcharges routières.....	13
II.5 Dimensionnement de l'appareil d'appui.....	20
II.5.1 Dimensions en plan.....	20
II.5.2 Hauteur nette de l'élastomère:.....	21
II.5.3 Épaisseur des frettes :.....	21
II.6 Vérification d'appareil d'appui :.....	22
II.6.1 Répartition des efforts horizontaux :.....	22
II.6.2 Efforts dus à la déformation lente (retrait, fluage, température).....	22
II.7 Conclusion.....	24

Table des Matières

CHAPITRE III : Modélisation du pont

III.1 Introduction	25
III.2 Présentation du logiciel SAP2000	25
III.3 Les étapes de modélisation	25
III.4 Désignation des charges.....	28
III.5 Résultats de calcul.....	30
III.5.1 Les moments fléchissant	30
III.5.2 Les efforts tranchants	32
III.6 Conclusion	34

CHAPITRE IV : Étude des poutres en béton armé

IV.1 Introduction	35
IV.2 Ferrailage Des Poutres	35
IV.2.1 Calcul à l'ELU.....	36
IV.2.2 Calcul à l'ELS	37
IV.2.3 Armature Supérieure	37
IV.2.4 Calcul Des Armatures Transversales	38
IV.2.5 Effet De L'effort Tranchant	38
IV.2.6 Jonction De L'ourdis Et L'âme De La Poutre	39
IV.3 Conclusion	40

CHAPITRE V : Étude ^{mana} ^g ^{eriel} & ^é ^{co} ^{nomi} ^q ^{ue}

V.1 Introduction.....	41
V.2 Les acteurs du projet.....	41
V.2.1 La maîtrise d'ouvrage.....	41
V.2.2 La maîtrise d'œuvre.....	41
V.2.3 L'entreprise.....	42
V.2.4 Le contrôleur technique.....	42
V.2.5 Les services techniques.....	42
V.3 Management du projet.....	42
V.3.1 Qu'est-ce qu'un projet ?	43
V.3.2 Cycle de vie d'un projet :	43
V.3.3 La planification	44
V.3.3.1 Gestion des délais	44
V.3.3.2 Gestion des coûts	45
V.3.3.3 Gestion de la qualité	45
V.3.4 Exécution :	45
V.3.5 Suivi et maîtrise.....	45
V.4 Définir la structure des tâches	46
V.5 Définition du MS Project.....	48
V.5.1 Création d'un projet sur MS Project	48
V.6 le chemin critique	48
V.7 Définition des ressources	49
V.8 Etude économique.....	50
V.8.1 Résultats obtenus.....	50

Table des Matières

V.8.2 utilisation des tâches	51
Rapport des flux trésorières du projet	51
V.8.3 utilisation des ressources	52
Rapport synthétique du coût des ressources	52
Humaines	53
Matériaux et matérielles	54
Rapport des disponibilités des ressource.....	55
Rapport synthétique des ressources par groupe.....	56
Rapports de l'audit des couts dans le temps	57
V.9 Détermination des coûts du pont.....	57
V.10 pont en béton armé	59
V.10.1 Les avantages:.....	59
V.10.2 Les inconvénients.....	59
V.11.Conclusion :.....	59
Conclusion générale.....	60
Bibliographie	
Annexes	

LISTE DES FIGURES

Figure I.1 : Terminologie des ponts	3
Figure I.2 : Localisation du projet par Google Earth(2019)	3
Figure I.3 : Diagrammes contraintes déformations.....	5
Figure II. 1: Dimensions de la poutre	10
Figure II. 2 : trottoir	11
Figure II. 3 : La corniche	12
Figure. II. 4 : Système «Bc»	15
Figure II.5 : les dimensions du système« Bt »	17
Figure II.6 : Disposition du système «Br»	18
Figure II. 7 : Disposition du système « Mc120 ».....	18
Figure II. 8 : <i>Disposition du système «D240»</i>	19
Figure III.1 : Tableau du modèle.....	25
Figure III.2 : Tableau des matériaux.....	26
Figure III.3 : Modélisation de la poutre intermédiaire.....	26
Figure III.4 : Définition du tablier avec une section En T.....	27
Figure III.5 : Définition du tablier avec une section En I.....	27
Figure III.6 : Modélisation du camion BC.....	28
Figure III.7 : Modélisation du MC120.....	28
Figure III.8 : Modélisation du D240.....	29
Figure III.9 : Le moment fléchissant de la poutre gauche MC120 à l'ELU.....	30
Figure III.10 : Le moment fléchissant de la poutre gauche MC120 à l'ELS.....	31
Figure III.11 : L'effort tranchant de poutre gauche MC120 à l'ELU.....	32
Figure III.12 : L'effort tranchant de poutre gauche MC120 à l'ELS.....	32
Figure III.13: Digramme du moment fléchissant des poutres.....	33
Figure III.14: Digramme des efforts tranchants des poutres.....	34
Figure IV. 1: Section de la poutre + dalle.....	35
Figure IV.2 : Le ferrailage de section.....	39
Figure IV.3:Plan coffrage ferrailage de la poutre.....	40
Figure V.1: cycle de vie d'un projet.....	44
Figure V.2 : Le triangle Qualité, Coût, Délai	45
Figure V.3 Rapport des flux de trésorerie.....	51
Figure V. 4 Rapport synthétique du coût des ressources	52
Figure V.5 Pourcentage des couts des ressources humaine	53

LISTE DES FIGURES

Figure V:6 Pourcentage des couts des ressources matériaux et matérielles	54
Figure V:7 Rapport des disponibilités des ressources	55
Figure V:8 Rapport synthétique des ressources par groupe.....	56
Figure V:9 Rapports de l'audit des couts dans le temps	57

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1: présentation de l'ouvrage.....	3
Tableau I.2:Caractéristiques mécaniques du béton	4
Tableau I.3 :Caractéristiques mécaniques de l'acier	5
Tableau II.1: Epaisseur de l'hourdis	8
Tableau II. 2 : Pré dimensionnement d'une poutre en béton armé.....	9
Tableau II.3: Classe du pont.....	13
Tableau II. 4: Coefficient de dégressivité transversale de la charge	14
Tableau II.5: Valeur de V_0	14
Tableau II.6 : Valeurs du Coefficient B_c	16
Tableau II.7 : Coefficient B_t	17
Tableau II.8 : Les charges et surcharges appliquées.....	23
Tableau III.1: Combinaisons à ELU.....	29
Tableau III.2 : Combinaisons à ELS.....	29
Tableau III.3 : Tableau récapitulatif les Moments fléchissant maximum en (KN m).....	31
Tableau III.4 : Tableau récapitulatif les efforts tranchants (KN.m)	33
Tableau IV.1 : les valeurs des moments fléchissant et des efforts tranchant	35
Tableau V.1. Ressources humaines du projet	49
Tableau V.2. Ressources matérielles du projet (Engins)	49
Tableau V.3. Ressources matérielles du projet (Matériaux).....	49
Tableau V.4 : Devis quantitatif et estimatif.....	58

Introduction général

L'ingénieur doit faire recours à une conception visant l'optimisation entre plusieurs paramètres et s'occupe de la réalisation et de l'exploitation, tout en assurant la Sécurité du public et la protection de l'environnement.

Tout projet doit être planifié, quelque soit sa longueur, son importance ou sa complexité.

Le management est présent tout le long du cycle de réalisation d'un projet : Programmation, conception, exécution des travaux.

L'objectif de ce travail est de faire une étude propositionnelle sur un pont à poutre en béton armé, cette étude permet de maîtriser les moyens requis, de minimiser les risques Financière, ainsi l'estimation de coût et la durée d'un projet et facilite la réalisation et l'organisation en respectant le budget et la durée approuvés.

Ce mémoire s'articule autour de cinq chapitres :

Chapitre 1 : «Présentation de projet et caractéristique des matériaux » : ce chapitre décrit les différentes parties du pont étudié et les matériaux principaux utilisés.

Chapitre 2 : «Pré dimensionnement et descente de charges » : ce chapitre présente le pré dimensionnement des poutres de pont, aussi nous avons identifié et étudié les surcharges et différents chargements permanents soient ou d'exploitation appliqué sur ce pont

Chapitre 3 : «Modélisation de pont » : ce chapitre présent les différentes étapes de modélisation par le logiciel *SAP2000* et l'application des charges et surcharges, pour déterminer le ferrailage.

Chapitre 4 :«Etude des poutres en béton armé» : ce chapitre est consacré à choisir un ferrailage adéquat qui répond aux conditions de contraintes limites, ainsi l'interprétation des résultats obtenus avec ceux de la *SEROR*.

Chapitre 5 : «Etude économique de l'ouvrage» : une étude managériale a été faite, on représente les acteurs et les grandes étapes du projet, ainsi le management des différentes taches de l'ouvrage.



**CHAPITRE I: Présentation du projet et
caractéristique des matériaux**

CHAPITRE I: Présentation du projet

I.1 Introduction :

Dans ce chapitre nous présentons l'ouvrage étudié dans ce mémoire. C'est un pont à poutres en béton armé situé dans la willaya de Tlemcen.

Un pont est un ouvrage qui permet de franchir un obstacle naturel ou une voie de circulation terrestre, fluvial ou maritime, La voie portée peut être une voie routière (pont-route), Piétonne(Passerelle), ferroviaire (pont-rail) ou ; oued (pont-canal). Le pont est constitué essentiellement de trois parties.

I.1.1 La superstructure :

La superstructure comprend le tablier (composé de la dalle, des poutres longitudinales et des poutres transversales ou entretoises), les contreventements et les équipements du pont (trottoirs et glissières de sécurité, corniches etc....).

I.1.2 Les appareils d'appui :

Les appareils d'appui jouent un rôle structural assez important. De nos jours, certains ne les considèrent plus comme un équipement même un élément principal de la structure tel que les appuis ou les fondations. Le dimensionnement des appareils d'appui nécessite une étude assez complexe puisque les appareils d'appui sont souvent associés aux appuis et aux fondations. On distingue quatre types d'appareils d'appui: les appareils d'appui en béton, les appareils d'appui en élastomère fretté, les appareils d'appui spéciaux, les appareils d'appui métalliques.

I.1.3 L'infrastructure :

L'infrastructure comprend les appuis et les fondations :

Les appuis sont appelés « piles » quand ils sont intermédiaires et « culées » quand ils sont aux extrémités. Ils transmettent les charges verticales venant du tablier au sol par l'intermédiaire des semelles(ou non) et des pieux. Les culées sont conçues pour supporter la poussée des terres ;

Les fondations sont directement en contact avec le sol (semelles, pieux) et constituent la partie essentielle de l'ouvrage car leur étude et leur mise en œuvre correcte participent à la bonne tenue de l'ouvrage.

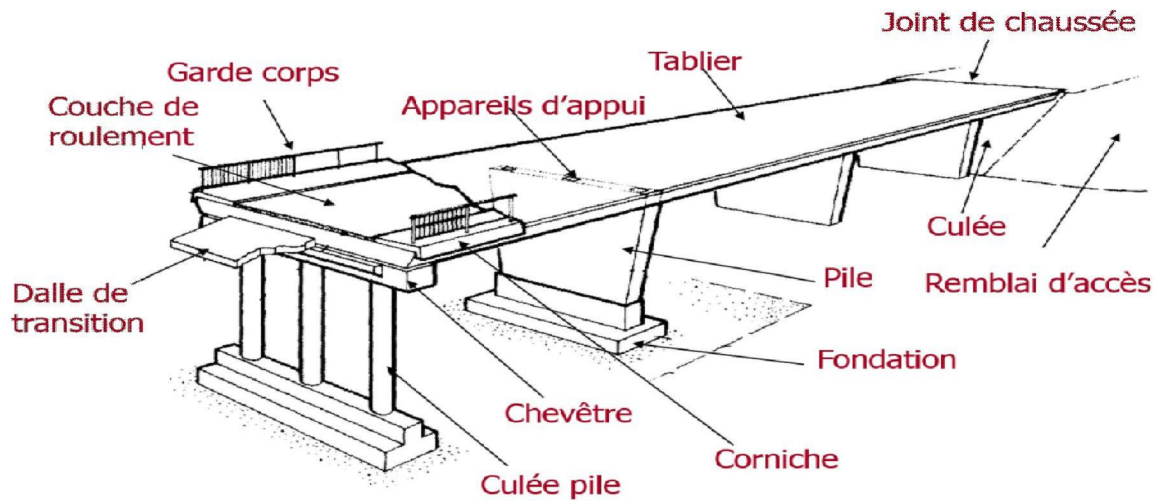


Figure I.1 : Terminologie des ponts

I.2 Présentation du site :

Notre ouvrage est un viaduc situé sur la PK 2+220 au PK 2+373,77 qui relie GHAZAOUET à MARSA BEN M'HIDI dans la wilaya de Tlemcen. (Figure I.2).



Figure I.2. Localisation du projet par Google Earth(2019)

la rocade côtière PK 2+220	
Longueur totale	137m
Largeur totale	9,50m
Nombre de piles	5 piles évidées (avec fondations profondes)
Nombre de pieux	8 pieux (de profondeur 13m) par appui
Nombre de travées	6
Nombre de culées	2
Nombre de poutres	4 par travée
Longueur de poutre	20 m

Tableau I.1: présentation de l'ouvrage

1.3 Caractéristiques des matériaux de construction

a) Béton :

✓ La résistance à la compression

Le béton est défini par la valeur de sa résistance à la compression à l'âge de 28 jours qui est notée f_{c28} .

Résistance (Mpa)	R N 27
Éléments	Tous les éléments du pont <ul style="list-style-type: none"> • Culées, semelles et dalles de transition ; • Barrières et supports de barrières, trottoirs et autres éléments.

Tableau I.2 Caractéristiques mécaniques du béton.

✓ La résistance à la traction

La résistance à la traction est liée à la compression :

- $F_{tj}=0.6+0.06*f_{cj}=0.6+0.06*35=2.7\text{Mpa}$ pour tablier ;
- $F_{tj}=0.6+0.06*f_{cj}=0.6+0.06*27=2.22\text{Mpa}$ pour l'infrastructure. . **[1]**

✓ Contrainte de calcul pour E.L.U

$$f_{bu} = 0.85 * f_{cj} / (\theta * \gamma_b)$$

Avec : $\theta=1$ → lorsque la durée probable considérée > 24 h ;

$\theta=0.9$ → lorsque cette durée est compris entre 1h et 24h ;

$\theta=0.85$ → lorsqu'elle est < 1h. **[1]**

et γ_b : coefficient de sécurité égal à

1.15 situation durable ou transitoire

1.0 situation accidentelle

✓ Déformations instantanées et différées du béton

Module de déformation instantanée (courte durée < 24 heures) : $E_{ij} = 11000 \sqrt[3]{f_{c_{ij}}}$

Module de déformation différée (longue durée > 24 heures) : $E_{ij} = 3700 \sqrt[3]{f_{c_{ij}}}$. **[1]**

b) Acier :

Module de déformation élastique	E_s	$2.0 \cdot 10^5$ Mpa
Limite élastique : Barres lisses(FeE235)	Fe	235 Mpa
Limite élastique : Aciers tors (FeE400-III)	Fe	400 Mpa
Limite élastique : Treillis soudé (FeE400-II)	Fe	00 Mpa
Poids volumiques	Γ	7850 kg/m ³

Tableau I.3 Caractéristiques mécaniques de l'acier.

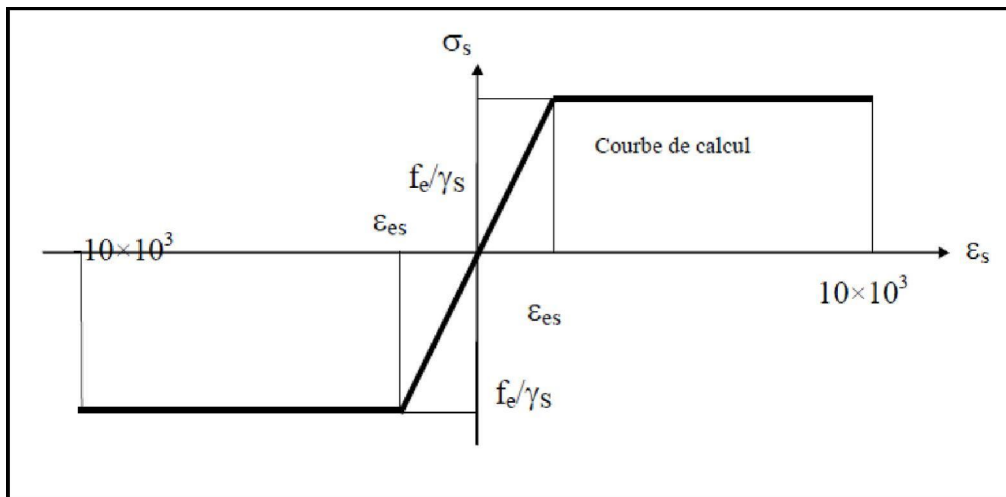


Figure I.3:Diagrammes contraintes déformations. [1]

I.6 Conclusion

Etant donné que notre projet est destiné à offrir un certain niveau de sécurité et de confort aux usagers, la conception de celui-ci doit satisfaire à un certain nombre d'exigences. On distingue les exigences fonctionnelles qui sont l'ensemble des caractéristiques permettant au pont d'assurer sa fonction d'ouvrage de franchissement, et les exigences naturelles qui sont des éléments de son environnement déterminant sa conception.

De manière générale, la construction d'un pont s'inscrit dans le cadre d'une opération plus vaste. L'implantation de l'ouvrage résulte donc d'un certain nombre de choix effectués au niveau de l'opération et consignés dans les termes de références du projet.

**CHAPITRE II : Pré dimensionnement
et descente de charges :**

CHAPITRE II : Pré dimensionnement et descente de charges :

II.1 Introduction :

Le but de ce chapitre est de pré-dimensionner des poutres et de calculer les différentes charges et surcharges appliqués sur ce pont.

Pont à poutres en béton armé à travées indépendantes de **6 travées de 20,00m**.

II.2 Largeur des voies :

La largeur d'une voie sur une route nationale est de 3.50m, pour deux voies, on aura une largeur de **7m**. Pour les trottoirs, on prendra deux trottoirs de 1.25m de largeur chacun d'où la largeur du tablier totale est de **$L_t = (2 \times 3,50) + (1,25 \times 2) = 9,50 \text{ m}$** .

II.3 Pré dimensionnement:

II.3.1 La largeur de la travée :

On prend 1 travée de 20 m chacune.

II.3.2 Hauteur des poutres :

D'après le guide S.E.T.R.A, la hauteur des poutres varie dans l'intervalle $[\frac{L}{18}, \frac{L}{14}]$
Avec L : portée réelle de la poutre.

$$\frac{L}{18} \leq Ht \leq \frac{L}{14}$$

$$1.1 \leq Ht \leq 1.42$$

On prend la hauteur de la poutre : **Ht=1.20m**

II.3.3 Nombre et espacement des poutres

Le nombre des poutres dépend essentiellement de la largeur du tablier et de la position des poutres de rive. L'espacement entre les poutres est donné par la formule suivante :

$$E = \frac{L_t}{(n-1)} = \frac{9.5}{(4-1)} = 1.9$$

Avec :

E : Écartement entre les poutres (entre axe).

Lt: largeur du tablier.

N : nombre des poutres.

$$1,9 = E = 2,5$$

On prend un espacement de 2,5m, donc on aura 4 poutres de 2,5m d'espacement.

II.3.4 Épaisseur de l'hourdis :

Elle est donnée en fonction des entre axes des poutres.

Tableau II.1: Épaisseur de l'hourdis. [2]

E	2	2,5	3,00	3,5
Hd	16	18	20	24

Hd=0.18m = 18 cm

On prend **hd =25cm**

Il y a donc une surépaisseur de 7 cm qui augmente la rigidité transversale du tablier.

II.3.5 La section de la poutre :

La section de la poutre est :

- Rectangulaire aux abouts, pour reprendre les efforts tranchants.
- En I au milieu, pour alléger le poids de la poutre.

a) L'âme :

L'âme doit assurer la résistance à l'effort tranchant et permettre la bonne mise en place du béton; on adopte **e=30cm**

b) Largeur du talon :

D'après le guide S.E.T.R.A, la largeur du talon est donnée par la formule suivante :

Avec :

btT: Largeur du talon

l : largeur du tablier (l=9,50 m)

L: longueur de la poutre (L=20 m)

Kt : Coefficient sans dimension (950<Kt<1200) on prend Kt=1200

Ht: hauteur de la poutre (Ht=1,20m)

$$btT \geq \frac{l \times L^2}{Kt \times Ht^2} = \frac{9,50 \times 20^2}{1200 \times 1,2^2} = 2,19m$$

$$btT \geq 2,19$$

$$btT = \frac{2,19}{4} = 0,54$$

Donc largeur d'un talon **0,55 m**

c) La hauteur du talon :

La hauteur du talon est comprise généralement entre 25 et 35 cm, soit donc **Ht=25 cm**.

Distance du gousset de jonction : il doit être suffisamment incliné.

$$\tan\gamma = \frac{X}{Y} = \frac{2}{3}$$

$$X = \frac{6 \cdot 0 - 25}{2} = 17.5 \text{ on prend } X = 17.5 \text{ cm}$$

$$Y = \frac{3X}{2} = 26.25 \text{ on prend } Y = 26.5 \text{ cm}$$

II.3.6 Les entretoise :

Les entretoises assurent la répartition des charges entre les poutres et permettent en plus de bloquer les poutres à la torsion sur appuis.

H entretoise > Ht - b entretoise

H entretoise > 1,2 - 0,3

On prend : **H entretoise = 90 cm**

Tableau II. 2 : Pré dimensionnement d'une poutre en béton armé

	Poutre en béton armé	Unités
Nombre de travée	5	Travée
l : largeur du tablier	9.50	M
L : longueur de la poutre	20,00	M
Ht : hauteur de la poutre	1.2	M
N : Le nombre des poutres	4	Poutre
E : espacement de poutre	2,5	M
bt : largeur du talon	0,55	Cm
Ht : hauteur du talon	25	Cm
b entretoises : largeur de l'entretoise	30	Cm
H entretoise : hauteur de l'entretoise	90	Cm

II.4 Évaluation des charges :

L'ouvrage doit résister aux efforts appliqués qui sont les suivants :

- La charge permanente (CP).
- La charge complémentaire permanente (CCP).
- Les surcharges routières.

II.4.1 La charge permanente (CP) :

a) Le poids propre de la poutre :

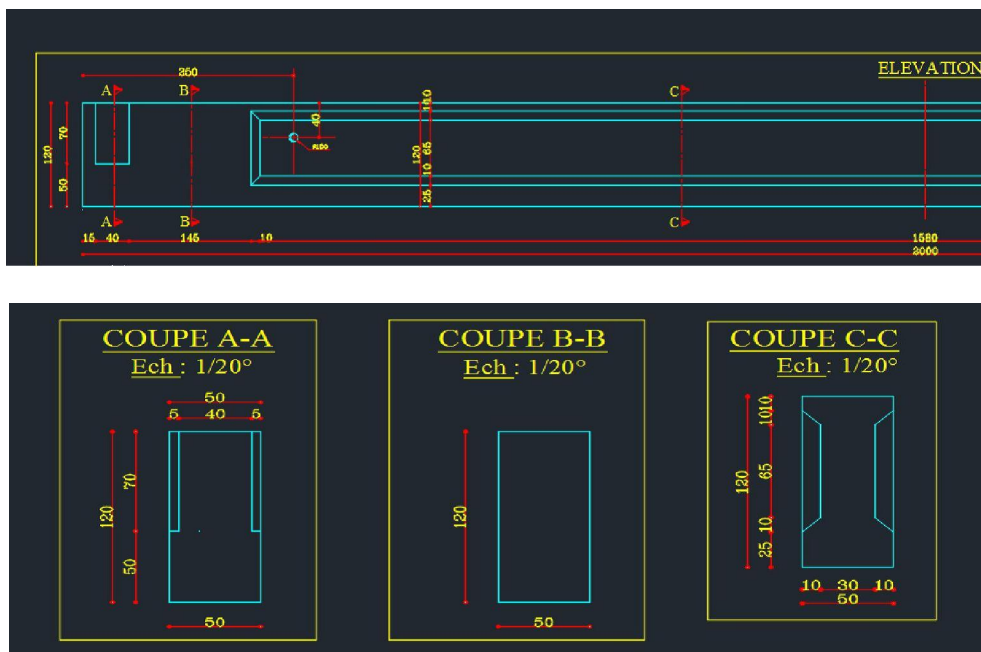


Figure II. 1:Dimensions de la poutre

Section 1: $(0.5 \times 0.5) + (0.7 \times 0.4) = 0.53 \text{ m}^2$

Section 2: $(1.2 \times 0.50) = 0.6 \text{ m}^2$

Section 3: $(0.5 \times 0.25) + (0.5 \times 0.1) + (0.85 \times 0.3) + 4(0.1 \times 0.1/2) = 0.45 \text{ m}^2$

-Puisque le tablier est constitué de 4 poutres, on déduit leurs poids total :
 $g_1 = 4 \times [(0.53 \times 0.4) + 0.6 \times (0.4 + 1.45) + 0.45 \times 7.9] \times 2 \times 2.5$

$$g_1 = 97.54 \text{ t/ml}$$

-On divise par la portée de la travée afin d'obtenir une charge répartie :

$$g_1 = 97,54/20$$

$$g_1 = 4,877 \text{ t/ml}$$

b) Le poids de la dalle qui relie à la poutre :

$$G_2 = \gamma_b \times L \times e$$

Avec :

e : l'épaisseur de la dalle est : 25cm.

L: la largeur de la dalle est 9.50 m

γ_b : Le poids volumique du béton

$$G_2 = 2.5 \times 9,50 \times 0.25 \times 1$$

$$g_2 = 5,937 \text{ T/ml}$$

II.4.2 La charge complémentaire permanente (CCP) :

Elle contient le poids de la superstructure tel que ce dernier contient les éléments suivants :

- Bordure
- Contre bordure
- Trottoir
- Corniches
- Glissières de sécurité
- Gardes corps
- Revêtement

Poids volumique γ (KN/m³):

- Métal ($\gamma = 78 \text{ KN/m}^3$)
- Béton arme ($\gamma_{BA} = 25 \text{ KN/m}^3$)
- Béton ($\gamma = 24 \text{ KN/m}^3$)
- Sable ($\gamma = 16 \text{ KN/m}^3$)
- Revêtement ($\gamma_{BB} = 22 \text{ KN/m}^3$)

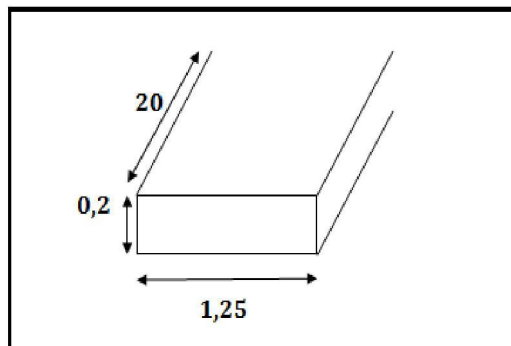
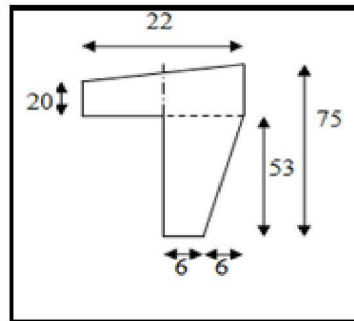
a) Le trottoir :

Figure II. 2 : trottoir

$$g_3 = 2.5 \times 1.25 \times 0.2 \times 1$$

$$g_3 = 0.625 \text{ t/ml} \times 2$$

$$g_3 = 1.25 \text{ t/ml}$$

b) La corniche :**Figure II. 3 : La corniche**

$$g_4 = \gamma_b \times L \times S$$

S : la surface de corniche

$$g_4 = 2.5 \times 1 \times [(0.06 \times 0.75) + (0.75 \times 0.06)/2 + (0.22 \times 0.2) + (0.22 \times 0.02)/2]$$

$$g_4 = 0.284 \text{ t/ml} \times 2$$

$$\mathbf{g_4 = 0.568 \text{ t/ml}}$$

c) Le garde- corps:

Le poids de garde-corps est = 0.1t/ml

$$g_5 = 0.1 \times 2$$

$$\mathbf{g_5 = 0.2 \text{ t/ml}}$$

d) La glissière de sécurité :

Le poids de la glissière de sécurité est = 0.06t/ml.

$$g_6 = 0.06 \times 2$$

$$\mathbf{g_6 = 0.12 \text{ t/ml}}$$

e) Le Revêtement :

On a une couche de revêtement de 8 cm donc le poids de revêtement est :

$$g_7 = e_r \times L_r \times \gamma_{\text{bitume}}$$

- e_r : épaisseur du revêtement
- L_r : la largeur de la chaussée
- ρ_r : masse volumique de revêtement 2.2t/m³

$$g_7 = 0.08 \times 7 \times 2.2$$

$$\mathbf{g_7 = 1,232 \text{ t/ml}}$$

f) Entretoise :

$$g_8 = b \times h \times L \times \gamma_b$$

b : largeur de l'entretoise. b=0.5 m

h : hauteur d'entretoise. h= 0.7m

L : longueur de l'entretoise. L=8m

$$G_8 = 0.3 \times 0.9 \times 8 \times 2 \times 2.5$$

$$\mathbf{g_8 = 10,8 \text{ t}}$$

- La charge totale par mètre linéaire

$$G_T = \sum g_i = g_1 + g_2 + g_3 + g_4 + g_5 + g_6 + g_7$$

$$G_T = (1.25 + 0.568 + 0.12 + 0.2 + 1.672 + 6.125 + 4.877)$$

$$G_T = 14,812 \text{ t/ml}$$

- La charge permanente totale par travée

$$G = G_T \times L + g_8 = 14.812 \times 20 + 10,8$$

$$G = 307.04 \text{ t}$$

II.4.3 Calcul des surcharges routières :

D'après le fascicule 61 titre II, les surcharges utilisées pour le dimensionnement sont les suivantes:

- La surcharge A(L).
- Système des charges B (système B_c, B_t, et B_r)
- La surcharge militaire (système Mc(Mc120))
- Le Charge exceptionnelle (convoi type D)
- Efforts de freinage
- Les surcharges sur trottoirs.

Tableau II.3: Classe du pont. [3]

La classe	La largeur rouable
1	$L_r \geq 7.0\text{m}$
2	$5.50 < L_r < 7.0\text{m}$
3	$L_r < 5.50\text{m}$

D'après le tableau ci-dessus notre pont est de classe 1.

La largeur rouable = 7 m

Nombre de voies n=2

Nombre de files = 1

a) Système de charge A (l) :

Pour les ponts comportant des portées unitaires ≤ 200 doivent résister à une charge A(l) uniforme exprimée en (Kg / m²) et est donnée en fonction de la longueur surchargée.

L(m) par la formule suivante :

$$A(l) = a_1 \times a_2 \times A(L)$$

Pour notre projet L=20 m.

$$A(L) = 230 + \frac{36.000}{L+12} \text{ Kg/m}^2$$

A (L) est en fonction de la classe du pont et du nombre de voies chargées données par le tableau suivant :

$$A (L) = 1.355 \text{ t/m}^2$$

A (L) est en fonction de la classe du pont et du nombre de voies chargées données par le tableau suivant :

Tableau II. 4: Coefficient de dégressivité transversale de la charge. [3]

		1	2	3	4	>=5
Classe de Pont	Première	1	1	0,9	0,75	0,7
	Deuxième	1	0,9	0,9	0,75	0,7
	Troisième	0,9	0,8	0,9	0,75	0,7

Notre pont de deuxième classe comprend 2voies chargées d'où :

$$a_1 = 1$$

$$a_2 = V_0 / V$$

V : La largeur d'une voie = 3,5 m

V₀ : dépend de la classe

Tableau II.5: Valeur de V₀. [3]

Classe de pont	1	2	3
Valeur de V ₀	3,5	3	2,75

V₀ = 3.5 m (pont de 1^{ere} classe)

$$a_2 = 3.5 / 3.5$$

$$a_2 = 1$$

$$A (l) = 1 \times 1 \times 1.355$$

$$A (l) = 1.355 \text{ t/m}^2$$

$$q (A(l)) = 1.355 \times 7 = 9,485$$

$$q (A(l)) = 9,485 \text{ t/m}$$

b) Système de charges B :

Le système de charge B comprend trois sous-systèmes les suivants :

Sous système Bc : se compose de camions types (30T).

Sous système Bt: se compose d'une roue isolée.

Sous système Br: se compose de groupes de deux essieux dénommés essieux tandems(8T).

✓ **Sous système Bc:**

Se compose de camions de poids individuel=30t.

Dans le sens longitudinal :

Le nombre de camions est limité à deux.

Dans le sens transversal :

On dispose autant de files de deux camions au maximum que de voies de circulation, et l'on place toujours ces files dans les situations les plus défavorables.

La surcharge Bc est multipliée par les coefficients bc et δ .

Classe du pont : classe

Nombre des files : 2

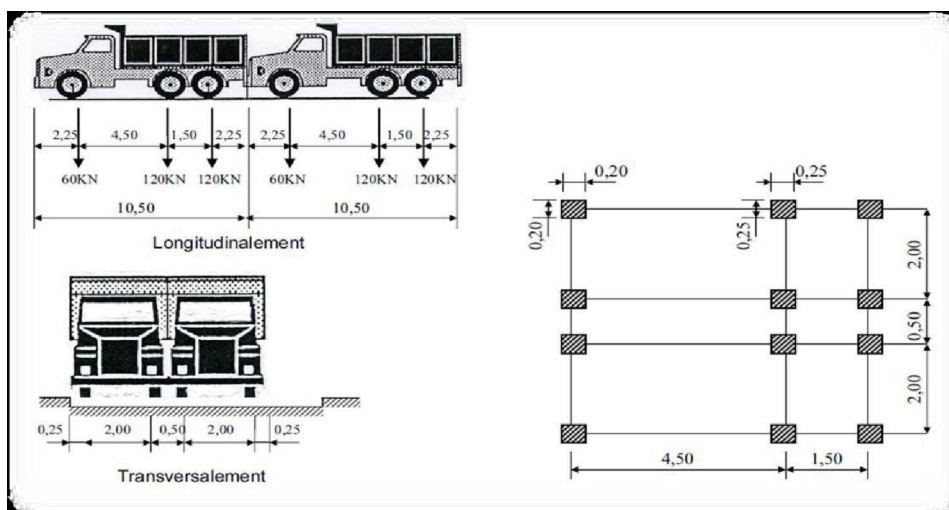


Figure. II. 4 : Système Bc. [3]

Tableau II.6 : Valeurs du Coefficient Bc

	Nombre de files considérées	1	2	3	4	>=5
Classe de Pont	Première	1,2	1,1	0,95	0,8	0,7
	Deuxième	1	1	0,95	0,8	0,7
	Troisième	1	1	0,95	0,8	0,7

Les surcharges du système B sont frappées par des coefficients de majoration dynamique. Ce coefficient est déterminé par la formule :

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1+0.2L} + \frac{0.6}{1+4\frac{G}{S}}$$

G : La charge permanente de l'ouvrage.
S : poids max des surcharges
L : longueur de la travée

D'où $b_c=1,1$ car on a 2 files
D'après le tableau II.6 le $b_c=1.1$

$$S_1 = 2 \times (2 \times 30) = 120 \text{ t}$$

$$S = S_1 \times b_c$$

$$S = 120 \times 1.1 = 132 \text{ t}$$

$$B_c = 66 \times \delta$$

$$\delta = 1 + \frac{0.4}{1+0.2L} + \frac{0.6}{1+4\frac{G}{S}}$$

$$= 1 + \frac{0.4}{1+0.2(20)} + \frac{0.6}{1+4\frac{296,24}{66}}$$

$$\delta = 1.108$$

$$B_c = 1.108 \times 132 = 146,25 \text{ t}$$

$$B_c = 146,25 \text{ t}$$

✓ **Sous système Bt :**

Ce système est applicable seulement pour les ponts de 1ère et 2ème classe.

Un tandem du système comporte deux essieux tous deux à roues simples munies de pneumatiques

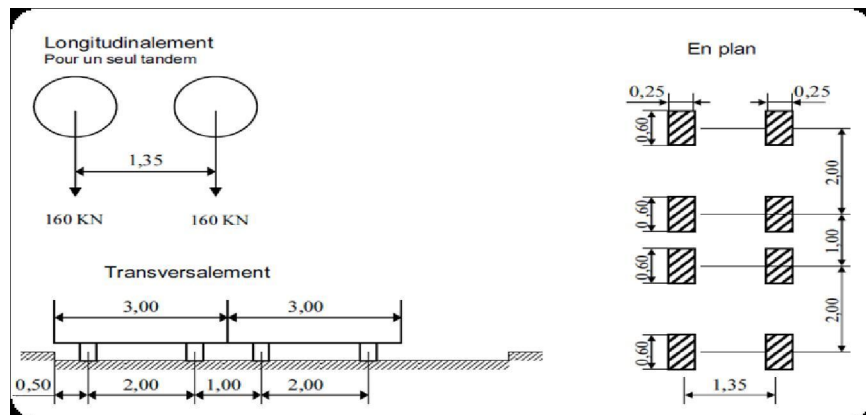


Figure II.5 : les dimensions du système Bt. [3]

Tableau II.7 : Coefficient Bt. [3]

Classe du pont	1	2
Coefficient b_t	1	0.9

$$S1=2 \times 32 = 64 \text{ t}$$

$b_t=1$ (première classe) tableau II.7

$$S=64 \times 1 = 64 \text{ t}$$

$$\delta=1.11$$

$$Bt=64 \times 1.108 = 70.912 \text{ t}$$

$$Bt = 71.04 \text{ t}$$

✓ **Système de charge Br :**

La roue isolée, qui constitue le système Br, porte une masse de 100kN. Sa surface d'impact sur la chaussée est un rectangle uniformément chargé dont le coté transversal mesure 0,60m et le coté longitudinal 0,30m.

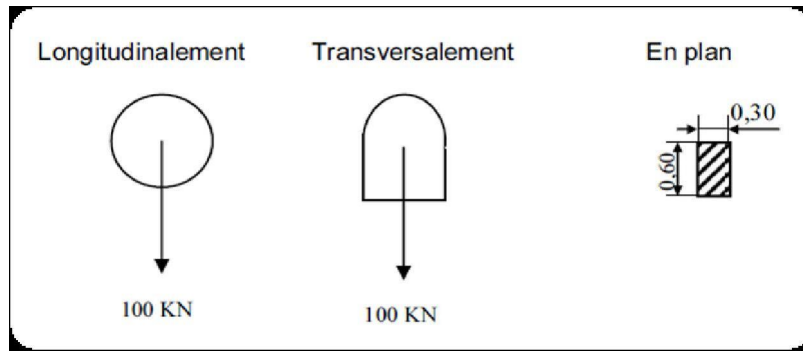


Figure II.6: Disposition du système Br. [3]

Les surcharges du système sont frappées par des coefficients de majoration dynamique δ
 $\delta=1.085$

S=10 t

$Br=10 \times 1.085=10,85t$

Br=10,85t

c) La surcharge militaire Mc120

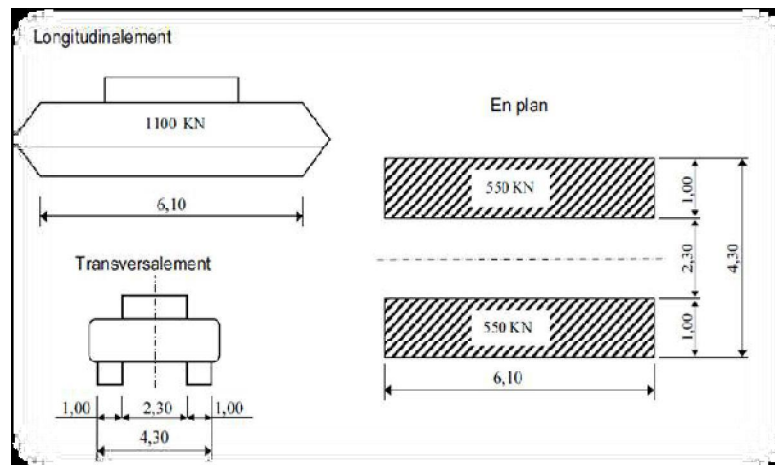


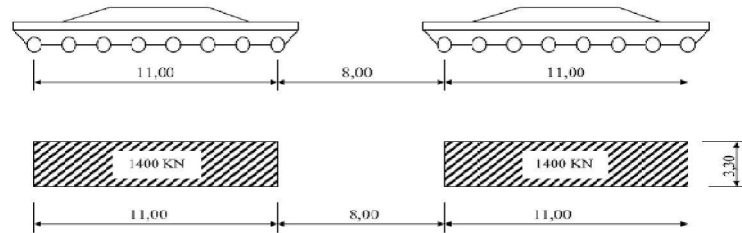
Figure II. 7 : disposition du système « Mc120 ». [3]

Les ponts doivent être calculés d'une manière à supporter les véhicules militaires dutypeMc120 susceptibles dans certains cas d'être plus défavorables que les charges A et B. Les véhicules Mc120 peuvent circuler en convois.

$S = 110 t$

$\delta=1.135$

Mc120 =124,85t

d) Charge exceptionnelle : D240**Figure II. 8 : Disposition du système D240. [2]**

Le convoi-type D comporte deux remorques supportant chacune 140 tonnes, dont le poids est supposé réparti au niveau de la chaussée sur un rectangle uniformément chargé de 3,30 m de large et 11 mètres de long ; la distance entre axes des deux rectangles est de 19 mètres.

Poids total = 280 t

$\delta = 1.194$

$D240 = 280 \times 1.194 = 334.32 \text{ t}$

D240 = 334.332 t

Remarque :

Les convois lourds exceptionnels sont supposés rouler sur les ponts à une vitesse au plus égale à 10 km/h.

e) Surcharge de trottoir

Nous appliquons sur les trottoirs une charge uniforme de 150 kg/m² réservé exclusivement à la circulation des piétons et des bicyclettes de façon à produire l'effet maximal envisagé.

$$St = 0.15 \text{ t/m}^2$$

g) Effort de freinage

Les efforts de freinage, sont utilisés pour la justification des piles, des culées et des appareils d'appuis. Les charges de système A(L) sont susceptibles de développer les réactions de freinage, effort s'exerce à la surface de la chaussée dans l'un ou l'autre sens de circulation.

✓ Efforts de freinage dus à A(I)

$$HF(AI) = \frac{Q(AI)}{20 + 0.0035 \times S}$$

S: surface charge

$$S = 7 \times 20 = 140 \text{ m}^2$$

$$Q(AI) = 9,485 \times 20 = 189,7$$

$$HF (A l) = \frac{189,7}{20 + 0,0035 \times 140} = 9,25 \text{ T}$$

$$HF (A l) = 9,25 \text{ T}$$

✓ **Efforts de freinage dus à Bc. [4]**

$$HF (Bc) = 30t$$

$$HF (Bc) = 30 \text{ t}$$

h) Effet du vent :

Le vent développe sur toutes surfaces frappées normalement une pression de **0.25 t/m². [4]**

i) Effet du seisme :

L'ouvrage est implanté dans une zone de sismicité faible (Zone I). Les efforts sismiques seront : [5]

$$V_{\text{vertical}} = G * 7/100$$

$$V_{\text{vertical}} = 20.73 \text{ t}$$

$$V_{\text{horizontal}} = G * 10/100$$

$$V_{\text{horizontal}} = 29.62 \text{ t}$$

II.5 Dimensionnement d'appareil d'appui :

Le dimensionnement de l'appareil d'appui se fait selon le bulletin technique n° 4 du SETRA.

II.5.1 Dimensions en plan : [6]

$$a \times b > \frac{N}{\sigma_{\text{moy}}}$$

Avec

N : réaction verticale maximale sur l'appui = 1300 KN

σ_{Moy} : Contrainte moyenne de compression = 150 bars

$$a \times b > \frac{1300}{150}$$

$$a \times b > 866,66 \text{ cm}^2.$$

On choisit: a=25 cm; b=40 cm.

$$a \times b = 1000 \text{ cm}^2 > 866,66 \text{ cm}^2.$$

II.5.2 Hauteur nette de l'élastomère : [6]

Elle est fixée par la condition de non flambement et désignée par T

$$\frac{a}{10} < T < \frac{a}{5} \quad \Longrightarrow \quad 2,5 < T < 5$$

On prend $T = 3,6 \text{ cm}$

$$T = n \times t \text{ et } t = 1,2 \text{ cm}$$

$$n = \frac{T}{t} = 3 \text{ (nombre de feuilletts=3).}$$

II.5.3 Épaisseur des frettes : [6]

L'épaisseur des frettes est donnée par la formule suivant :

$$e \geq \frac{\sigma_{\text{moy}} \cdot a}{\sigma_e \cdot \beta}$$

Avec

σ_e : Limite élastique des frettes = 2350 Kg /cm²

β : Coefficient de forme

$$\beta = \frac{a \times b}{(a+b \times 2t)} = 5$$

$$\sigma_{\text{Moy}} = \frac{N}{a \cdot b} = 144,44 \text{ kg / cm}^2$$

$$e \geq \frac{144,44 \cdot 25}{2350 \cdot 5} \geq 0,31 \text{ cm}$$

On prend $e = 4 \text{ mm}$;

Donc la désignation de l'appareil d'appui est :

$$\mathbf{250 \times 400 \times 3 \times (12+4)}$$

II.6 Vérification de l'appareil d'appui :

II.6.1 Répartition des efforts horizontaux :

- **Efforts dus aux charges dynamiques :**

Ces efforts (Freinage, vent, séisme) agissent sur le tablier et se transmettent aux différents appuis. La répartition de ces efforts se fait suivant les rigidités des différents appuis.

- ✓ **Freinage :**

Le freinage le plus défavorable est celui de **Bc : $H_F=30 \text{ t}$** .

- ✓ **vent**

$$H_v = f \cdot q \cdot h \cdot L$$

Avec : $F = \frac{1}{2}$ en phase de chantier et $\frac{2}{3}$ pour le reste.

q : pression de vent = 0.2 t/m².

h : la hauteur de tablier = 2,5 m.

l : longueur du tablier = 20 m.

$H_v = 5 \text{ t}$ en phase de chantier

$H_v = 6, 7 \text{ t}$ pour le reste

II.6.2 Efforts dus à la déformation lente (retrait, fluage, température) :

- **Variation linéaire du tablier :**

Elle est due au retrait, fluage et la température.

- ✓ **Retrait :**

On suppose que lors de la pose des poutres 60% du retrait total soient déjà effectué.

$$\Delta L_R = \frac{-(100-60)}{100} \cdot L \cdot \epsilon_r$$

Avec

L: longueur de la travée = 20 m

$\epsilon_r: 3 \cdot 10^{-4}$

$$\Delta L_R = - 5,76 \text{ mm.}$$

- ✓ **Fluage :**

On suppose que 40% du fluage total s'est effectuée avant la pose des poutres.

On admet que fluage total est 2,5 fois de déformation élastique.

$$\Delta L_F = \frac{-(100-60)}{100} \times L \times \frac{\zeta_m}{E} \times 2,5$$

$\zeta_m = 65 \text{ kg/m}^2$: contrainte de compression de la fibre neutre du tablier.

$E = 3,59.10^5 \text{ kg/m}^2$

L: longueur de la travée = 20m

$$\Delta L_F = -3,62 \text{ mm.}$$

✓ **Températures :**

Le coefficient de dilatation thermique dans RPOA est de 0,4

Longue durée : $\Delta L_T = \pm 25 \times 10^{-5} \times L \times 0,4 = \pm 0,2 \text{ mm.}$

Courte durée : $\Delta L_T = \pm 35 \times 10^{-5} \times L \times 0,4 = \pm 2,8 \text{ mm.}$

$$\Delta L = \Delta L_R + \Delta L_T + \Delta L_F = 12,18 \text{ mm.}$$

Tableau II.8 : Les charges et surcharges appliquées

(Poids propre) (t)	4,877 t
Charge permanent total par travée (t/ml)	302,99 t/ml
Surcharge A (L) (t/ml)	1,355 t
Surcharge Bc (t)	146,85 t
Surcharge Bt (t)	71,04 t
Surcharge Br (t)	10,85 t
Mc120 (t)	124,85 t
D 240 (t)	334,332 t
Surcharge du trottoir (t/ml)	0,15 t/ml
Efforts de freinage dus à A(I) (t)	9,25 t
Efforts de freinage dus à Bc(t)	30 t

II.7 Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de faire un pré dimensionnement des poutres sa partir de règlement Algérien RPOA et le guide technique SETRA, aussi nous avons identifié et étudier les surcharges et différents chargements permanents soient ou d'exploitation appliqué sur ce pont. à l'aide du Fascicule 61 titre II.

CHAPITRE III : Modélisation du Pont

CHAPITRE III : Modélisation du pont

III.1 Introduction :

Ce chapitre est consacré à la modélisation du pont étudié, pour cela on utilise le code de calcul en éléments finis «**SAP 2000**», c'est un logiciel de calcul et de conception des structures d'ingénierie particulièrement les ouvrages de Génie civil. Il offre de nombreuses possibilités d'analyse vis-à-vis des efforts statiques ou dynamiques, avec des compléments de conception et de vérification. Il permet la saisie graphique des ouvrages avec une bibliothèque d'éléments autorisant l'approche du comportement de ce type de structure

III.2 Présentation du logiciel SAP2000:

SAP2000 est un logiciel de calcul des structures d'ingénieur particulièrement adapté aux ouvrages d'art de génie civil, spécialement dédié à l'analyse de la résistance et de la stabilité des structures. Les calculs sous SAP2000 sont effectués sous actions statiques et dynamiques. Le Logiciel permet le calcul et la vérification des sections d'aciers nécessaires à la résistance des pièces en béton armé, selon différentes règles internationales.

III.3 les étapes de modélisation :

Pour la modélisation du pont dans le cas statique, étant donné que l'ouvrage est isostatique avec six travées indépendantes, on étudiera une seule travée (une dalle de 25cm d'épaisseur avec 4 poutres). Elle a pour objet d'élaborer un modèle capable de décrire d'une manière approchée le fonctionnement de l'ouvrage sous différentes conditions.

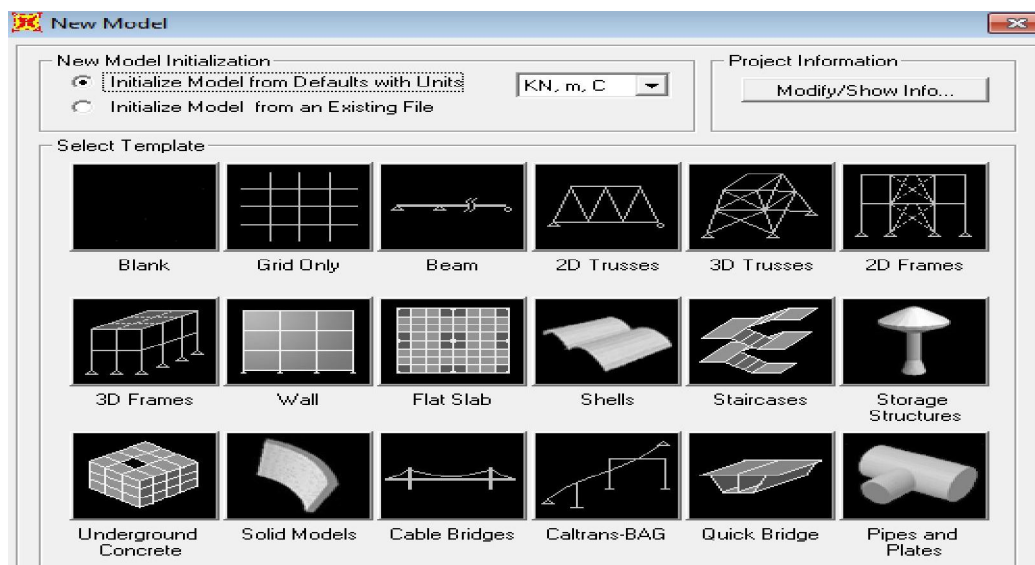


Figure III.1 : Tableau de modèles

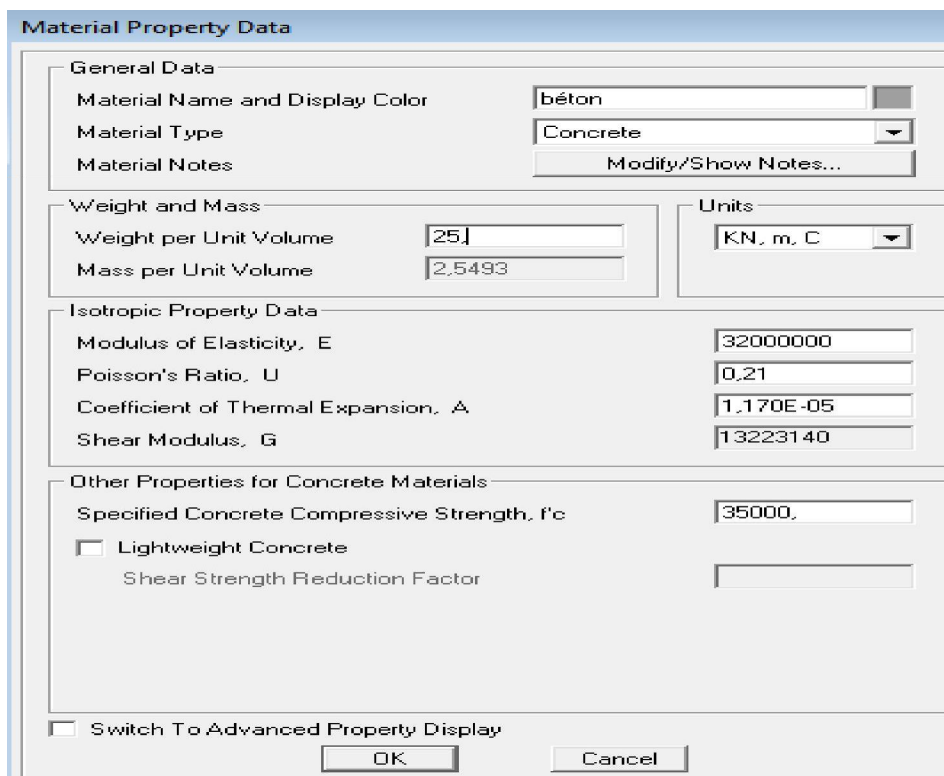


Figure III.2 : Tableau de matériau

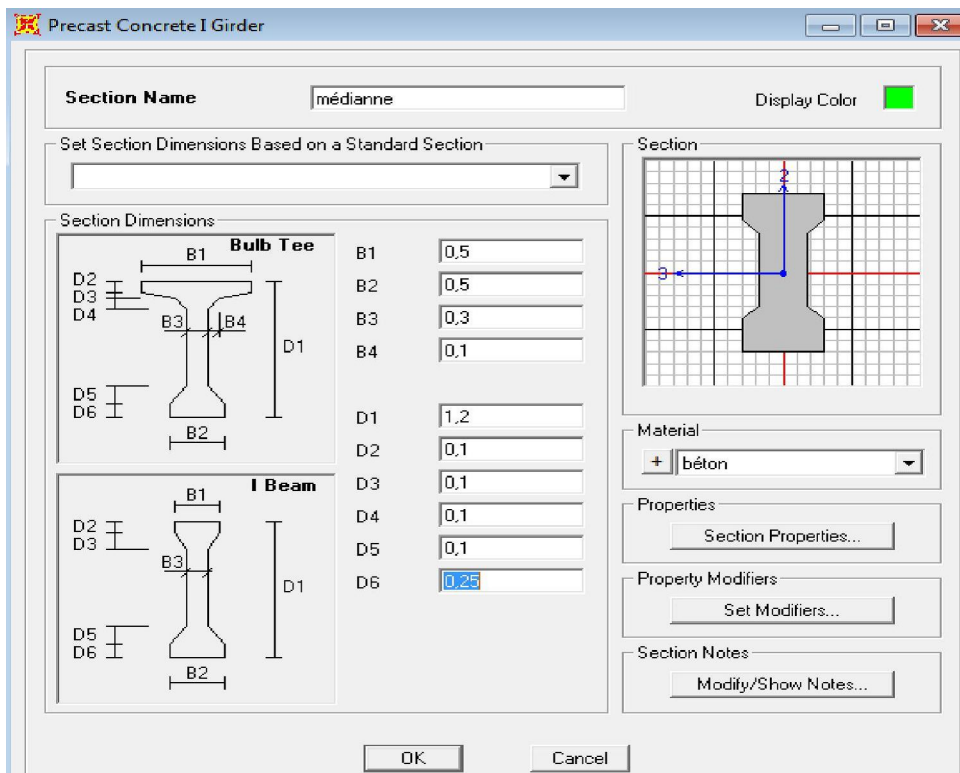


Figure III.3 : Modélisation de la poutre intermédiaire.

- **Section du tablier :**

Le tablier est modélisé par des poutres et une dalle en béton, c'est à dire une poutre définie par sa fibre moyenne en 3 dimensions. A l'aide du module "Bridge section", on sélectionne le type de tablier et on modélise.

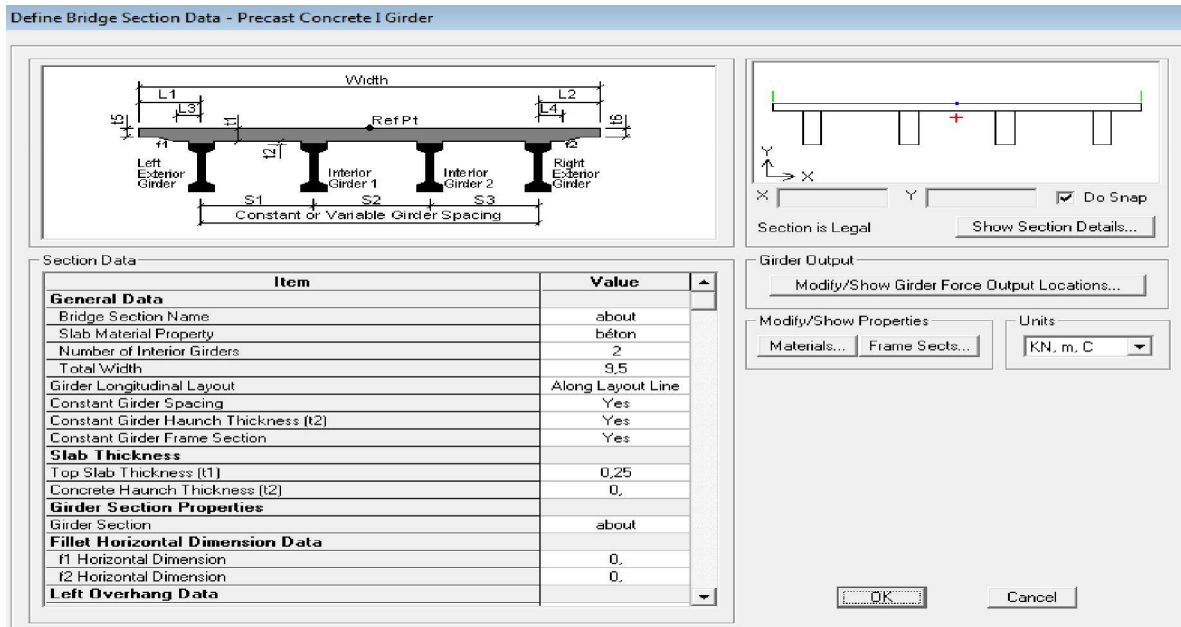


Figure III.4 : Définition du tablier avec une section En T

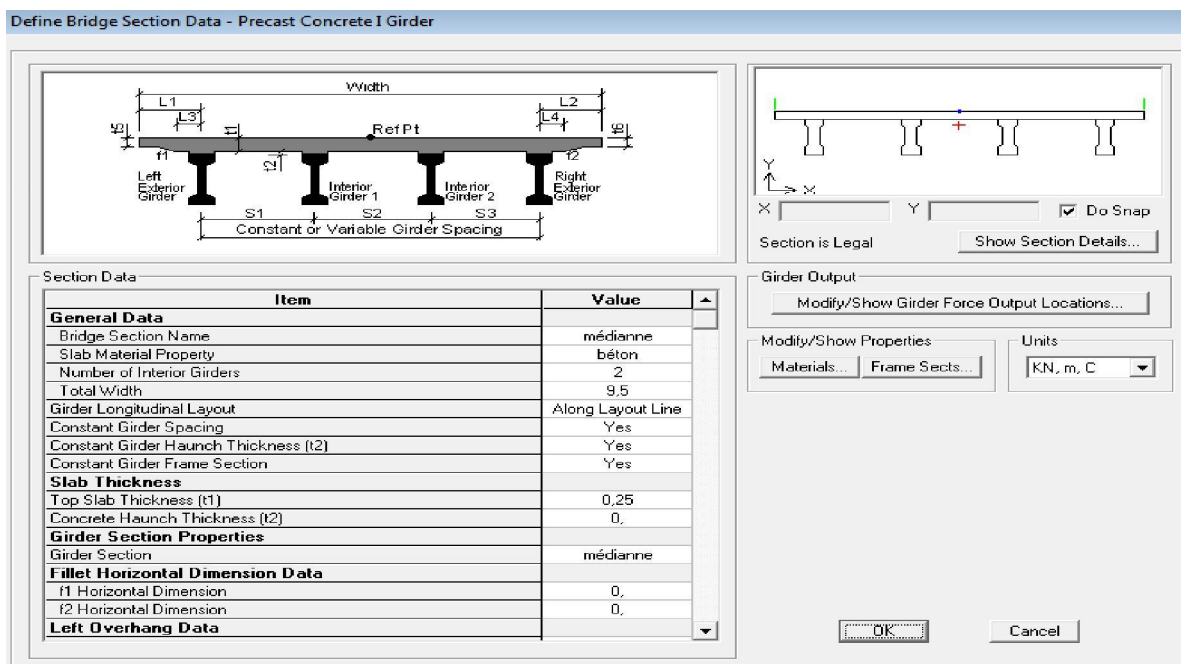










Figure III.5 : Définition du tablier avec une section En I

III.4 Désignation des charges :

Les charges appliquées à l'ouvrage sont dues au :

-  Poids propre.
-  Surcharge de poids propre.
-  Surcharge (AL).
-  Surcharge BC.
-  Surcharge Br.
-  Surcharge BT.
-  Surcharge militaire Mc120.
-  Surcharge militaire D240.

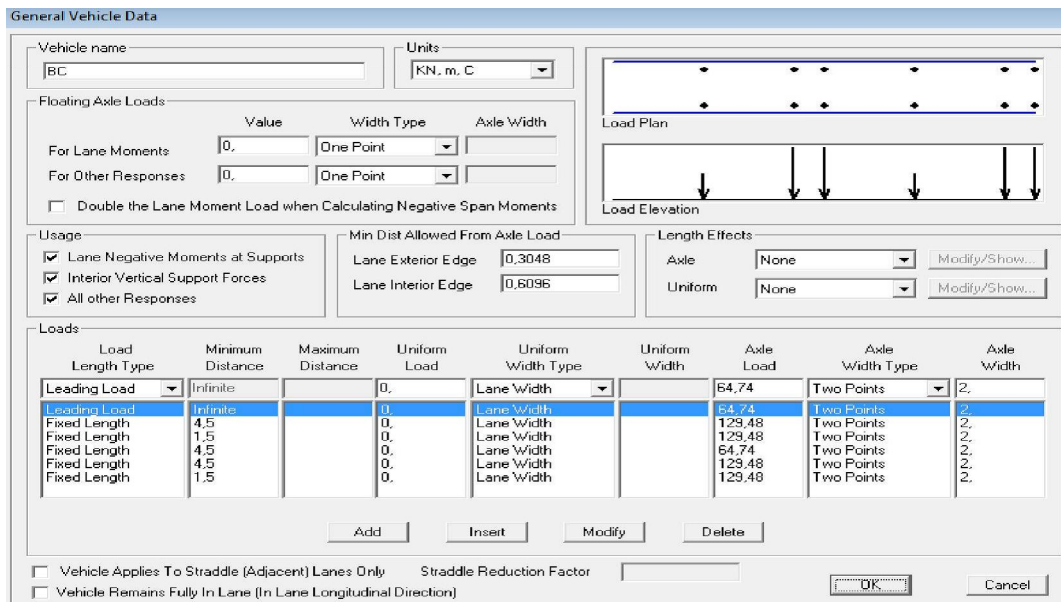


Figure III.6 : Modélisation du camion BC

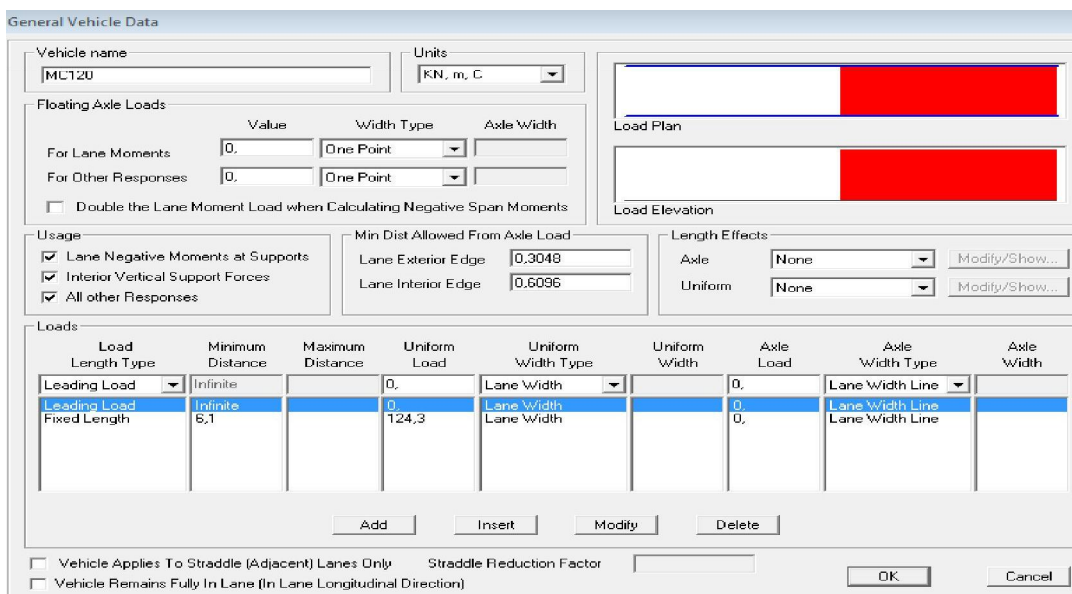


Figure III.7 : Modélisation du MC120

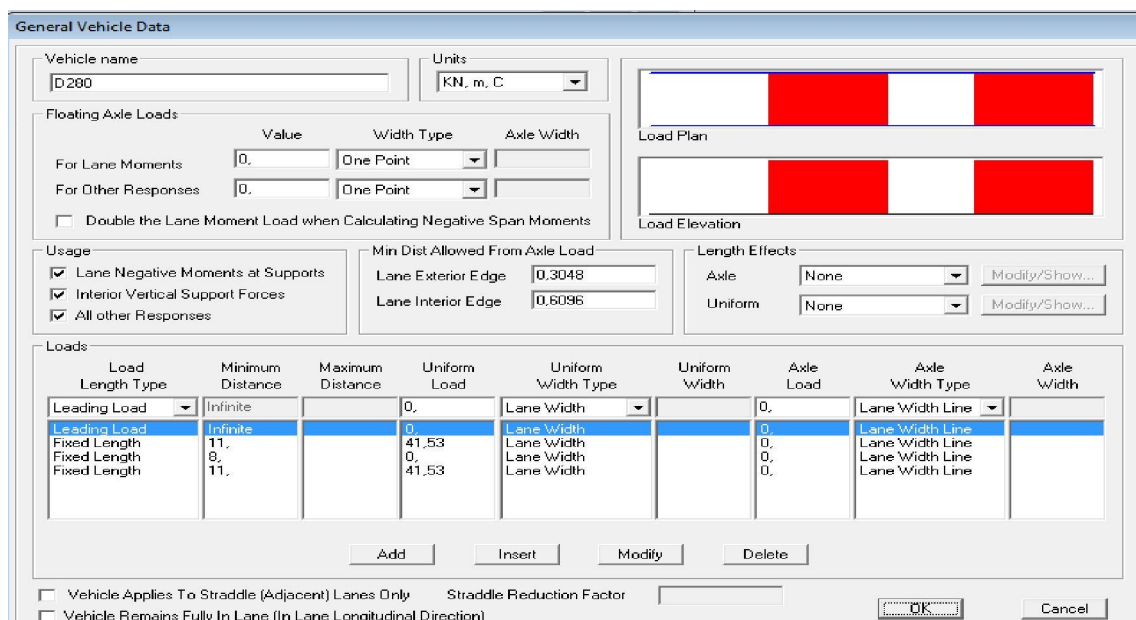


Figure III.8 : Modélisation du D240

Les combinaisons d'action :

Surcharge (AL)	$1.35G+1.5Q+1.6(AL)$
Surcharge Bc	$1.35G+1.5Q+1.6Bc$
Surcharge Br	$1.35G+1.5Q+1.6Br$
Surcharge Bt	$1.35G+1.5Q+1.6Abt$
Surcharge militaire Mc120	$1.35G+1.5Q+1.35Mc120$
Surcharge militaire D240	$1.35G+1.5Q+1.35D240$

Tableau III.1: Combinaisons à ELU

Surcharge (AL)	$G+Q+1.2(AL)$
Surcharge Bc	$G+Q+1.2Bc$
Surcharge Br	$G+Q+1.2Br$
Surcharge Bt	$G+Q+1.2Abt$
Surcharge militaire Mc120	$G+Q+Mc120$
Surcharge militaire D240	$G+Q+D240$

Tableau III.2 : Combinaisons à ELS

Les charges citées précédemment sont introduites en considérant :

- G : charge permanente, définie comme une charge statique.
- Q : charge d'exploitation, surcharge de trottoir+garde-corps et glissière+ corniche+ revêtement.
- A(l) : surcharge uniformément répartie sur la largeur rouable, définie comme charge linéairement statique.
- Bt, Bc: surcharges des camions type, définie comme charges mobile (movingload).
- MC120 : surcharge militaire, définie comme une charge mobile (movingload).
- D240, D280 : convois exceptionnels, définie comme une charge mobile (movingload)

III.5 Résultats de calcul :

III.5.1 Les moments fléchissant :

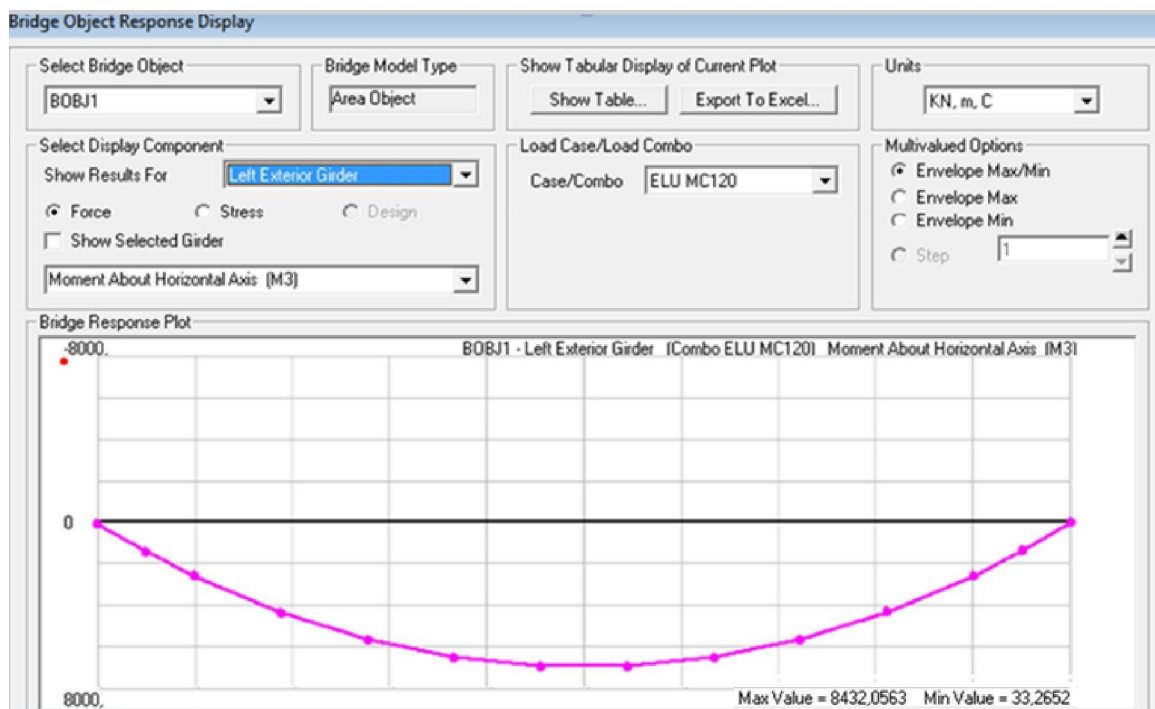


Figure III.9 : Le moment fléchissant de la poutre gauche MC120 à l'ELU

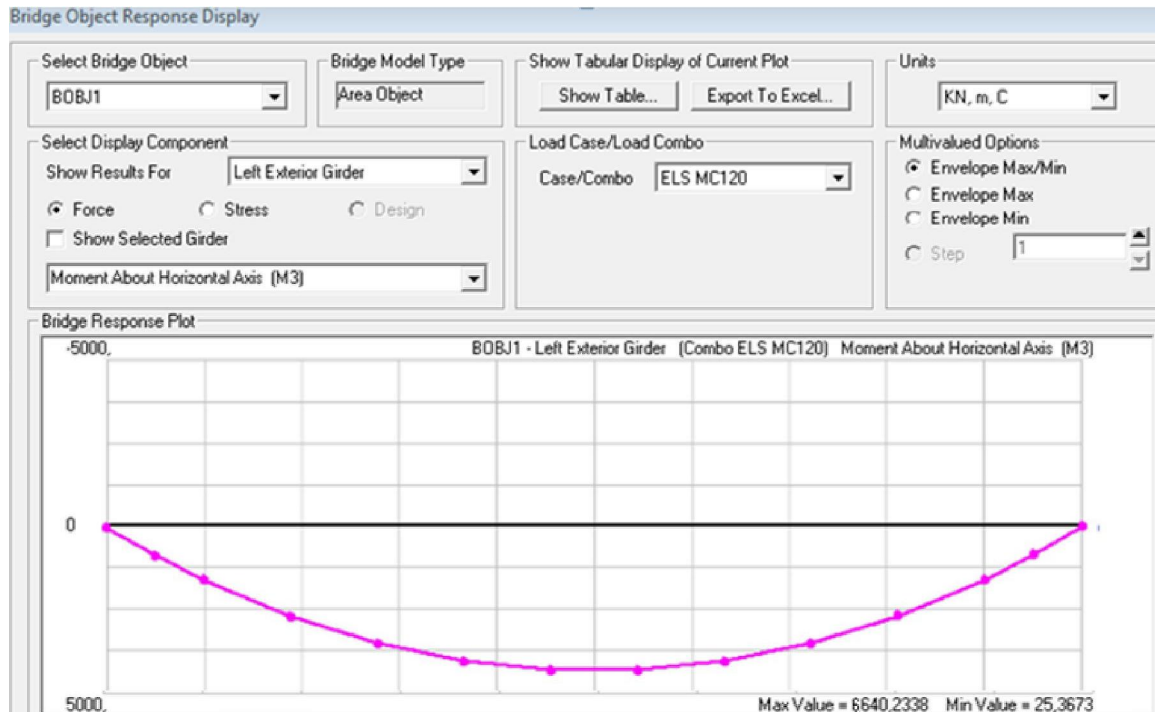


Figure III.10 : Le moment fléchissant de la poutre gauche MC120 à l'ELS

Tableau III.3 : Tableau récapitulatif les Moments fléchissant maximum en (KN.m) :

Combinaisons	M3 (KN.M)
ELU (AL)	5483,5598
ELU Bc	5846,0347
ELU Bt	5283,3082
ELU Br	5410,1926
ELU Mc120	6432,0563
ELU D240	5846,0347
ELS (AL)	4063,2576
ELS Bc	4335,1137
ELS Bt	3913,0688
ELS Br	4008,2321
ELS Mc120	4774,6299
ELS D240	4335,1137
MAXIMUM	8432,0563

III.5.2 Les efforts tranchants :

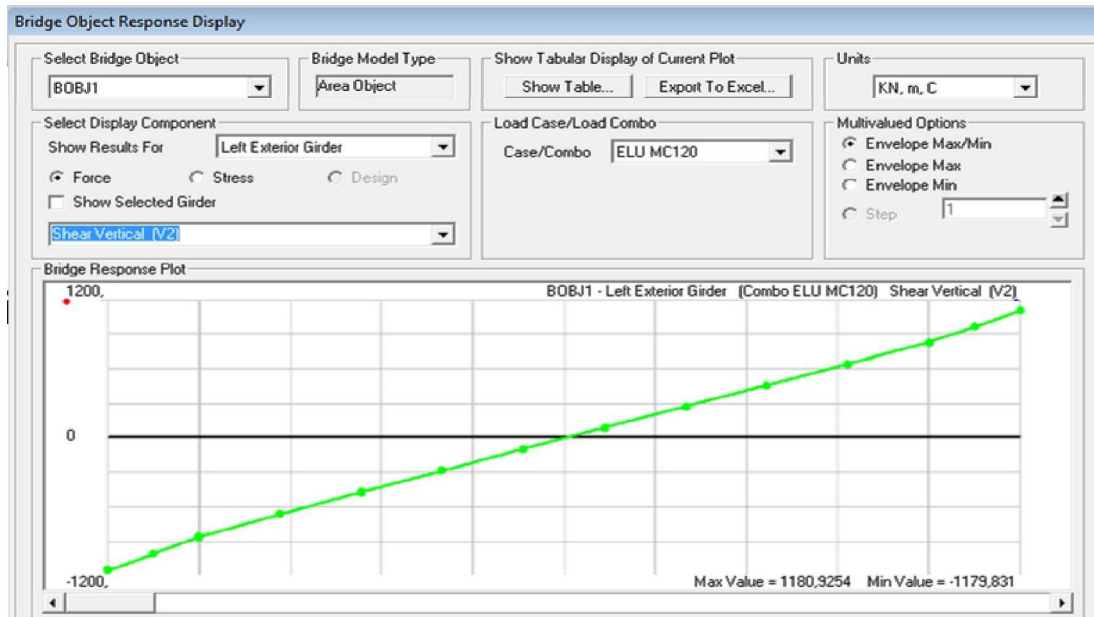


Figure III.11 : L'effort tranchant de poutre gauche MC120 à l'ELU.

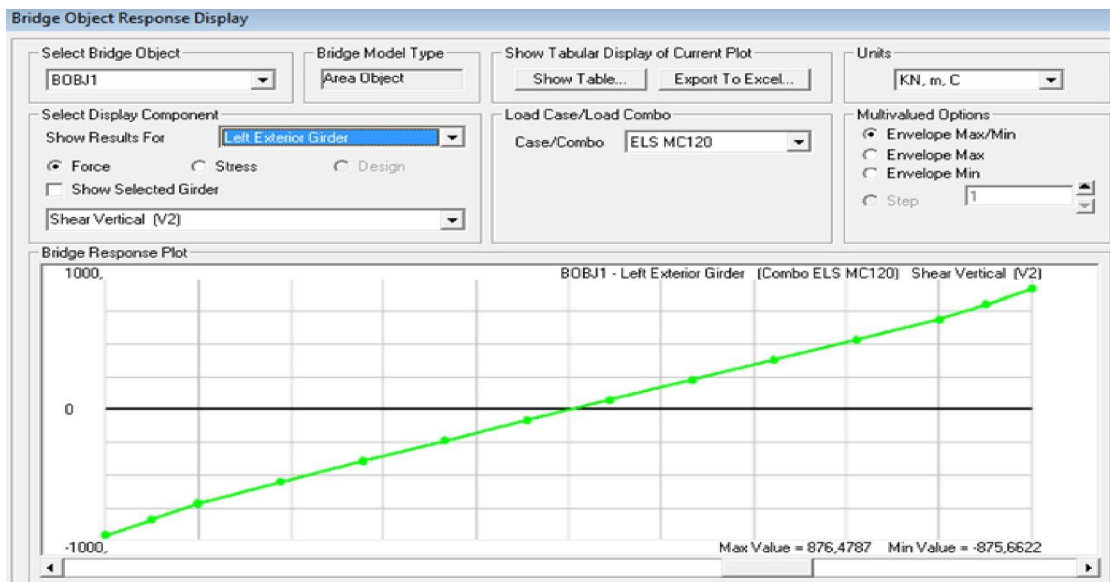


Figure III.12 : L'effort tranchant de poutre gauche MC120 à l'ELS

Tableau III.4 : Tableau récapitulatif les efforts tranchants (KN.m)

Combinaisons	V2 (KN)
ELU (AL)	1036,1025
ELU Bc	1108,922
ELU Bt	1002,7333
ELU Br	1018,8969
ELU Mc120	1180,9254
ELU D240	1108,3082
ELS (AL)	767,8614
ELS Bc	822,0157
ELS Bt	742,8345
ELS Br	754,9573
ELS Mc120	877,4675
ELS D240	822,0157
MAXIMUME	1180,9254

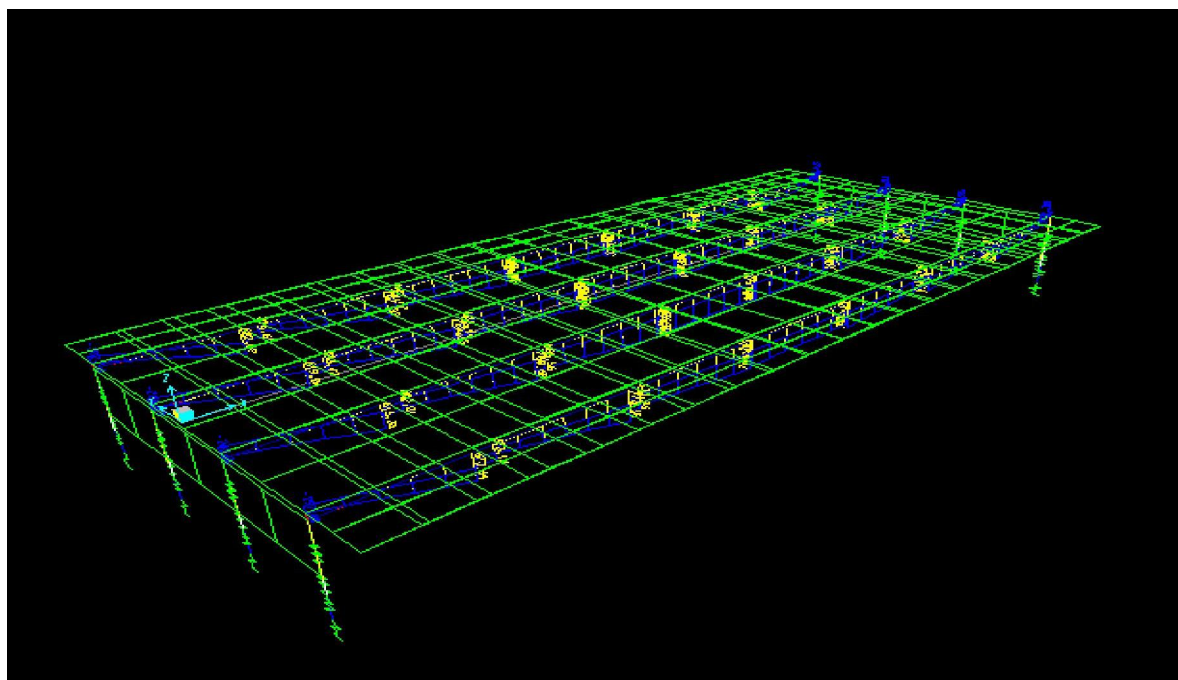


Figure III.13: Digramme du moment fléchissant des poutres

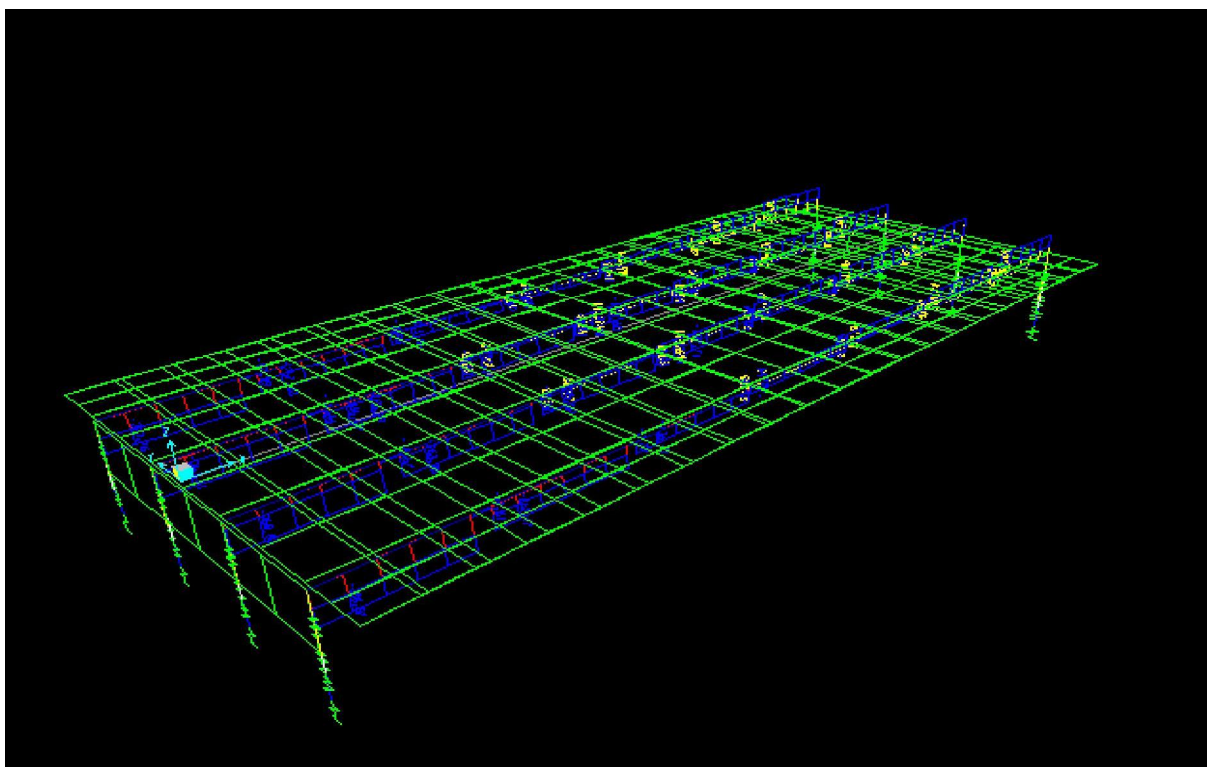


Figure III.14: Digramme des efforts tranchants des poutres

III.6 Conclusion :

Dans ce chapitre on a pu modéliser l'ouvrage étudié par le logiciel SAP2000 pour tirer les résultats des moments fléchissant et des efforts tranchants qui nous vont être utilisés pour étudier les poutres en béton armé.

Les résultats obtenus vont aussi servir pour déterminer la quantité de ferrailage de telle façon à ce que la structure soit stable, les usagés soient en sécurité, et la dépense soit technico-économique, donc répondre aux exigences fondamentales : Coût, Qualité, Confort et Sécurité.

CHAPITRE IV : Étude des poutres en béton armé

CHAPITRE IV : Étude des poutres en béton armé :

IV.1 Introduction

Dans ce chapitre on va étudier le pont en béton armé avec les moments fléchissant et les efforts tranchants obtenus par le logiciel SAP 2000 pour déterminer le ferrailage.

IV.2 Ferrailage des Poutres : [7]

On prend pour les différentes poutres les mêmes armatures longitudinales, du fait qu'il y a qu'une petite différence des efforts sollicitant. Ceci facilite le ferrailage.

Tableau IV.1 : les valeurs des moments fléchissant et des efforts tranchants :

	Moment fléchissant (KN.m)	Effort tranchant (KN)
ELU	$8,432 \cdot 10^3$	$1,181 \cdot 10^3$
ELS	$6,640 \cdot 10^3$	$0,876 \cdot 10^3$

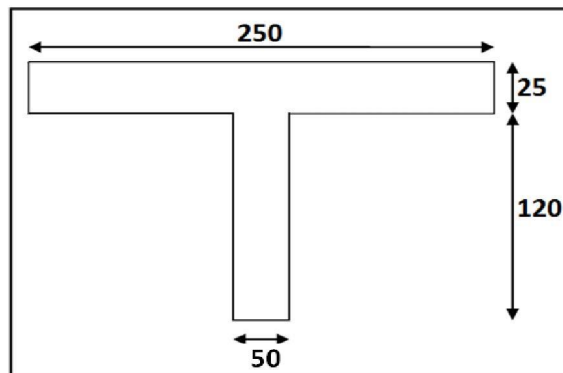


Figure IV. 1:Section de la poutre + dalle

$$H=1.45\text{m}$$

$$D=0.9 \text{ h}=1.305\text{m}$$

$$b=2.5\text{m}$$

$$h_0 = 0.25\text{m} \text{ Fissuration préjudiciable}$$

$$b_0 = 0.25\text{m}$$

$$f_{c28} = 35 \text{ MPA}$$

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

IV.2.1 Calcul à l'ELU :

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

$$\gamma_b = 1.5$$

$$\theta = 1$$

$$f_{bc} = 19.83 \text{ MPA}$$

$$\mu = \frac{M_{\mu}}{b \times d^2 \times f_{bc}} = \frac{8,432}{2.5 \times 1.305^2 \times 19.83}$$

$$\mu = 0.0998$$

Calculons le moment résistant de la table de compression :

$$M_t = b \times h_0 \times f_{bc} \times \left(d - \frac{h_0}{2}\right)$$

$$M_t = 11.83 \text{ MN.m}$$

$$M_{\mu} < M_t$$

Donc l'axe neutre se trouve dans la table, alors le calcul se ramène à la détermination des armatures d'une section rectangulaire ($b \times h$) de largeur (b) de la table de compression.

$$\mu_r = 0,0998 < \mu_r = 0,392 \text{ section simple armature (Asc=0)}$$

Pour une section à simples armatures :

$$A_{st} = \frac{M_{\mu}}{Z \times \sigma_{st}}$$

$$\sigma_{st} = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1.15} = 348 \text{ Mpa}$$

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

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

$$\alpha = 0.13168$$

$$Z = 1.305 \times (1 - 0.4 \times 0.13168)$$

$$Z = 1.2362 \text{ m}$$

$$A_{st} = \frac{8,432}{1,236 \times 2 \times 348}$$

$$A_{st} = 196,002 \text{ cm}^2$$

$$\text{Soit } 40T25 = 196,35 \text{ cm}^2$$

$$\begin{array}{ccc} A_{\min} = 0,005.b.h & \longrightarrow & A_{\min} = 0,0181 \\ A_{\max} = 0,04.b.h & \longrightarrow & A_{\max} = 0,145 \end{array} \quad \longrightarrow \quad A_{st} = 0,0181 \text{ m}^2$$

Choix des armatures : on prend **40T25 = 196,35 cm²**

IV.2.2 Calcul à l'ELS :

$$S = b \times \frac{X^2}{2} - n \times A_{st} (d - X)$$

$$X = n \frac{A_{st}}{b} \left(1 + \frac{\sqrt{2 \cdot b \cdot d \cdot A_{st}}}{n \cdot A_{st}^2} - 1 \right) = \mathbf{0,449m}$$

$X > h_0$:

Donc l'axe neutre se trouve dans la nervure

$$b \times \frac{X^2}{2} \left(\frac{b - b_0}{2} \right) \times (X - h_0)^2 - n A_{st} (d - X) = 0$$

X(calculé par le discriminant Δ :

$$\mathbf{X = 0,4194 m}$$

$$I = b \frac{X^3}{3} - \left(\frac{b - b_0}{3} \right) \times (X - h_0)^3 + n A_{st} (d - X)$$

$$\mathbf{I = 0,57725 m^4}$$

- **Les contraintes :**

$$\sigma_{bc} = \frac{M_s \times X}{I} = 4,824$$

$$\mathbf{\sigma_{bc} = 4,824 \text{ Mpa}}$$

$$\sigma_{st} = \frac{n M_s \times (d - X)}{I} = 152,803 \text{ Mpa}$$

$$\mathbf{\sigma_{st} = 152,803 \text{ Mpa}}$$

$\sigma_{bc} = 3,368 \text{ Mpa} \leq 0,6 f_{t28} = 21 \text{ Mpa}$Condition Vérifiée

$\sigma_{st} = 109,86 \text{ Mpa} < 266,67 \text{ Mpa}$ Condition Vérifiée

IV.2.3 Armature Supérieure

$$A_r = 10\% A_{st} = 6,434 \text{ cm}^2$$

$$\text{Soit } A_r = 8 \text{ T } 12 = 9,03 \text{ cm}^2$$

IV.2.4 Calcul Des Armatures Transversales

Section about :

$$b_0=0.5\text{m}$$

$$T_{\max}=44,050t = 0.44 \text{ M.N}$$

$$\tau_{\mu} = \frac{T_{\mu\max}}{b_0 \times d} = \frac{1,18}{0,5 \times 1,08} = 2,185$$

$$\tau_{\mu} = 2,185 \text{ Mpa}$$

On a une fissuration préjudiciable

$$\tau_{\mu} \leq \text{Min} \left(\frac{0.15 f_{c28}}{\gamma_b} ; 4 \text{MPA} \right)$$

$$\tau_{\mu} \leq \text{Min} (3.5 \text{MPA} ; 4 \text{MPA})$$

Donc $\tau_{\mu} = 2,185 \text{ MPA} < 3.5 \text{MPA}$ \Longrightarrow **Condition vérifiée**

✓ **Section et écartement des armatures de l'âme :**

$$\Phi \leq \min \left(h/35 ; \Phi_2 ; \frac{h_0}{10} \right) \text{ ou } \Phi_2 : \text{diamètre des armatures longitudinales.}$$

$$\Phi \leq \min (3.42 ; 3.2 ; 2.5)$$

On prend $\Phi_{12} = 1.13 \text{ cm}^2$

Ecartement des armatures :

$$St \leq \frac{0.8 \times f_e \times A_t}{b_0 \times (\tau_{\mu} - 0.3 f_{tj} \times K)} ; k=1 (\text{flexion simple}) ; A_t = 4T_{12} = 4.52 \text{ cm}^2$$

$$St \leq \frac{0.8 \times 400 \times 4.52 \times 10^{-4}}{0.5 \times (2,185 - 0.3,2,7 \times 1)} = 0,512 \text{ m}$$

$$St \leq \text{Min} \left(\frac{A_t \times f_e}{0.5 \times St} ; 0.9 d ; 40 \text{ cm} \right) = \text{Min} (70,6 ; 97,2 ; 40) \text{ cm.}$$

$St \leq 40 \text{ cm}$; on prend $St = 20 \text{ cm}$.

IV.2.5 Effet de l'effort tranchant

Au niveau des appuis : **$T_u = 1,18 \text{ M.N}$**

Soit A : la section d'armatures supérieure au niveau de l'appui :

$A = 8T_{25} = 34,36 \text{ cm}^2$ alors, on doit vérifier : $A \times \sigma_{st} \geq T_u$

$34,36 \times 10^{-4} \times 348 = 1.195 \text{ MN} \geq 1.18 \text{ MN} \dots \dots \text{Condition Vérifiée.}$

IV.2.6 Jonction de L'ourdis et l'âme de la poutre

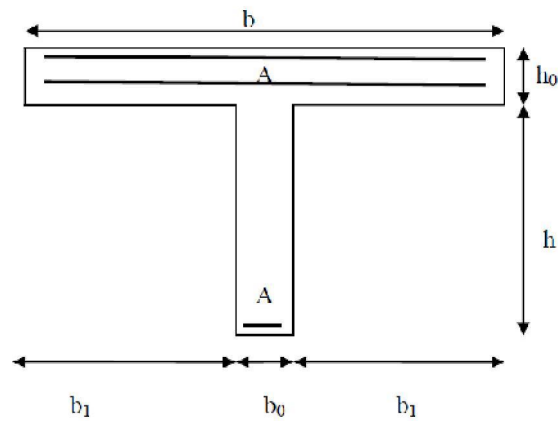


Figure IV.2 : Le ferrailage de section

$$b=2,5$$

$$b_0=0,50 \text{ m}$$

$$h_0=0,25 \text{ m}$$

$$b_1=1 \text{ m}$$

$$d=0,9h=1,305 \text{ m}$$

$$h=1,20$$

$$\mu = \frac{T_u \times b_1}{(1,8 \times b \times d \times h_0)} = 1,18 \times 1 / (1,8 \times 2,5 \times 1,305 \times 0,25) = 1,732 \text{ Mpa}$$

$$\mu = 0,1732 < 2,5 \text{ MPA (v\u00e9rifi\u00e9e)}$$

A : la section des armatures de l'hourdis par unit\u00e9 de longueur

On doit v\u00e9rifier :

$$A > \frac{T_u \times b_1}{(0,8 \times b \times f_e \times d)} = 1,18 \times 1 / (0,8 \times 2,5 \times 1,305 \times 400) = 1,1302 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\text{Soit : } 6 \phi 16 = 12,06 \text{ cm}^2$$

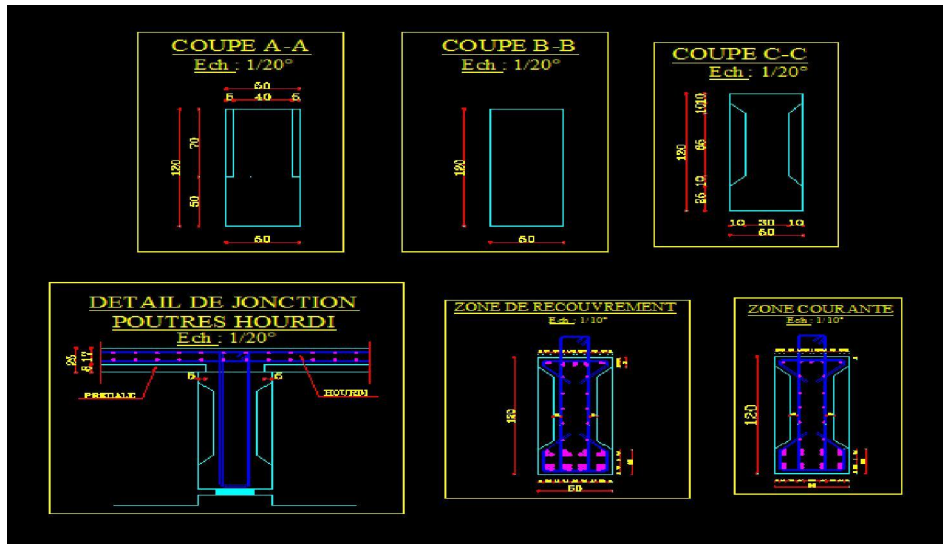


Figure IV.3:Plan coffrage ferrailage de la poutre

Pour le ferrailage des appuis, voir l'**annexe A**

IV.3 Conclusion :

Dans ce chapitre, on détermine un ferrailage qui répond aux normes et vérifie les conditions de contraintes soulevées, donc Le ferrailage est calculé de telle façon à ce que la structure soit stable, et la dépense soit technico-économique, donc répondre aux exigences fondamentales (économie, qualité, sécurité et confort).



CHAPITRE V : Étude manageriel & économique

CHAPITRE V : Étude manageriel & économique

V.1 Introduction :

Nous présentons dans ce chapitre le processus de planification de projet qui se résume à manager le contenu du projet, prévoir l'ordonnancement des opérations sur le plan des délais et sur le plan de l'utilisation des ressources à l'aide de logiciel Ms Project 2013. Ainsi, le Management de projet est la réponse la plus efficace que de nombreuses entreprises ont adopté pour optimiser l'utilisation de leurs ressources, afin d'orchestrer de manière efficiente les changements.

V.2 Les acteurs du projet :

V.2.1 Le maitre d'ouvrage :

Le maître d'ouvrage est la personne morale ou physique pour laquelle un projet est mis en œuvre et réalisé. Il doit assurer la bonne gestion à la fois prospective et curative de son projet. Il effectue la programmation des opérations nouvelles pour lesquelles il doit raisonner en coût global sur la durée de vie du projet.

Ses responsabilités :

- Choix du maître de l'œuvre (par appels d'offres, consultation ou de gré à gré) pour la conception et le suivi des travaux.
- Réception de l'ouvrage et sa mise en fonction.
- assurer le financement par un engagement sur le montage financier,
- définir et approuver le programme de l'opération,
- fixer le processus de réalisation,

L'ensemble de ces missions a pour but d'obtenir un ouvrage dans le respect tant des délais, des coûts, de la qualité que des principes de développement durable.

V.2.2 La maitrise d'œuvre :

Le maître d'œuvre est la personne physique ou morale, chargée par le maître de l'ouvrage de concevoir l'objet à construire selon le programme fourni par le maître de l'ouvrage, de préparer la consultation des entreprises, de diriger l'exécution des marchés de travaux, de proposer le règlement des travaux et leur réception. *il est responsable du bon déroulement des travaux.*

Ses responsabilités :

- conseiller le maître d'ouvrage dans le choix des entreprises de construction.
- coordonner le chantier en s'assurant du respect des critères de qualité, de sécurité, de délais et de budget.
- faire le lien entre les professionnels et le maître d'ouvrage.
- ajouter des critères et fonctionnalités en fonction des besoins du maître d'ouvrage et du futur utilisateur.
- proposer la réception de l'ouvrage au maître d'ouvrage.

V.2.3 L'entreprise :

Personne morale ou physique qui exécute les travaux pour le compte du maître de l'ouvrage. L'entreprise est juridiquement liée au maître de l'ouvrage par un contrat. Il réalise les travaux, en mettant en œuvre les moyens humains matériels et matériaux.

V.2.4 Le contrôleur technique :

A pour mission principale de vérifier le respect des règles de l'art en matière de construction et de veiller à sa mise en œuvre. Ses missions de base sont relatives à la solidité des ouvrages et à la sécurité des personnes. Il identifie également des risques sanitaires et environnementaux, établit un diagnostic de l'état de produits, de matériaux ou de construction.

V.2.5 Les services techniques :

La direction des services techniques organise les moyens techniques nécessaires à la bonne marche de l'entreprise et coordonne les services connexes à l'activité de l'entreprise. Les responsables des services techniques sont chargés d'organiser les moyens nécessaires à la production ou à l'exploitation d'une activité. Les différents partenaires du chantier auront à prendre contact avec ces services pour les questions suivantes :

- Servitude de visibilité et d'alignement.
- Circulation pour accès au chantier
- Autorisation d'installation de grue.
- Emprise sur le domaine public.

V.3 Management de projet :

Un projet est un processus unique qui consiste en un ensemble d'activités coordonnées et maîtrisées comportant des dates de début et de fin, entrepris dans le but d'atteindre un objectif conforme à des exigences telles que les contraintes de délais, de coûts et de ressources. [8]

Il est admis que le management de la qualité dans les projets s'applique à la fois aux processus du projet qui sont gérés dans le cadre du système de management de projet, et à la qualité des éléments de sortie du projet sous la forme de produits et de services. Il est admis qu'un manquement au respect de l'un ou l'autre de ces deux aspects est susceptible d'avoir des conséquences considérables sur les produits et services du projet

V.3.1 Qu'est-ce qu'un projet ?

Un projet est un ensemble d'activités visant à atteindre, dans des délais fixés et avec un budget donné, des objectifs clairement définis.

La gestion de projet est le mode de réalisation d'un projet, où l'application des techniques de gestion pendant le cycle de vie du projet permet d'atteindre des objectifs précis.

V.3.2 Cycle de vie d'un projet :

Le cycle de vie d'un projet est la période qui s'écoule de la naissance d'une idée jusqu'à sa concrétisation. En général la structure du cycle de vie de tous les projets qu'ils soient de grande ou de petite taille, simples ou complexes, elles contiennent 04étapes :

- La définition du projet ou dite aussi : phase de conception
- La planification
- L'exécution
- la clôture

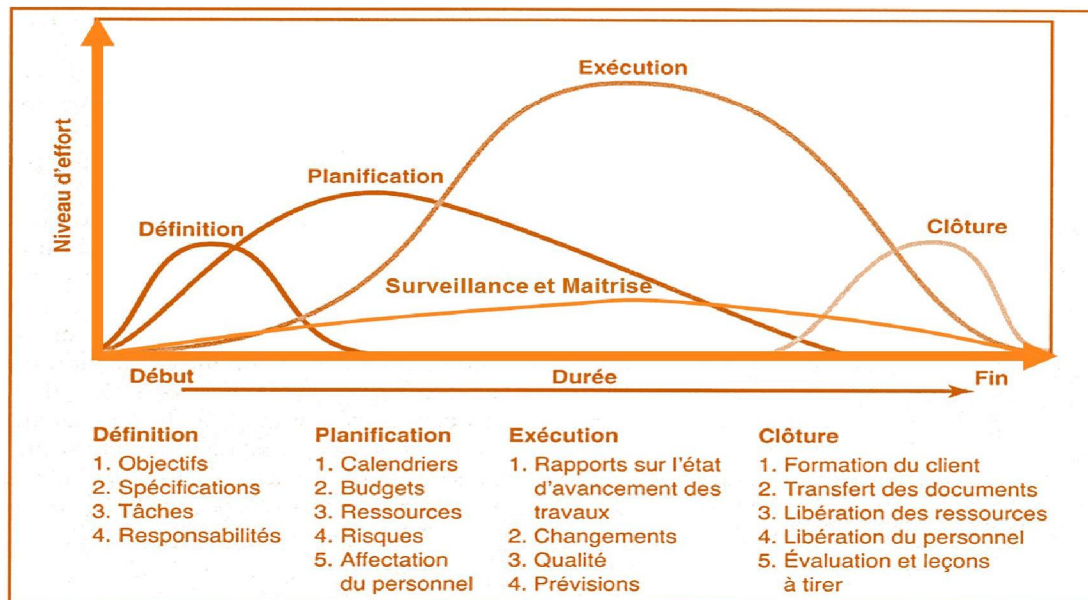


Figure V.I : cycle de vie d'un projet.

1^{ère} étape (définition ou phase de conception) : cette étape consiste à définir le but et les spécifications du projet, et à estimer les ressources, coûts et délais.

2^{ème} étape (Planification) : Au cours de cette étape, on doit planifier les tâches, les ressources personnelles, équipements et matériels nécessaires.

Tous les types de plans (Risque, Qualité, Approvisionnement...) doivent être prêt durant cette étape.

3^{ème} étape (Exécution) : Une importante partie du travail physique du projet à lieu à cette étape, chaque plan est exécuté, pilotage des coûts, délais et spécifications. Une fois les livrables sont produits, le projet est prêt pour la clôture.

4^{ème} étape (Clôture) : Cette étape comprend deux activités, la première consiste à livrer les livrables finaux au client, mettre à sa disposition la documentation.

V.3.3 la planification :

possibilité de gérer la planification du projet avec les chevauchements des sous-projets, déclarer la liste des tâches, affecter les ressources aux tâches, définir une date de début et une date de fin pour chaque tâche, définir éventuellement des marges pour chaque tâche, calculer le chemin critique et la durée totale du projet, identifier les dépendances entre les tâches et mettre en lumière les retards.

Le processus de la planification s'appuie sur quatre dimensions de management :

- Management du contenu du projet.
- Management des délais du projet.

- Management des coûts.
- L'ordonnancement des ressources (humaine ou matériel).

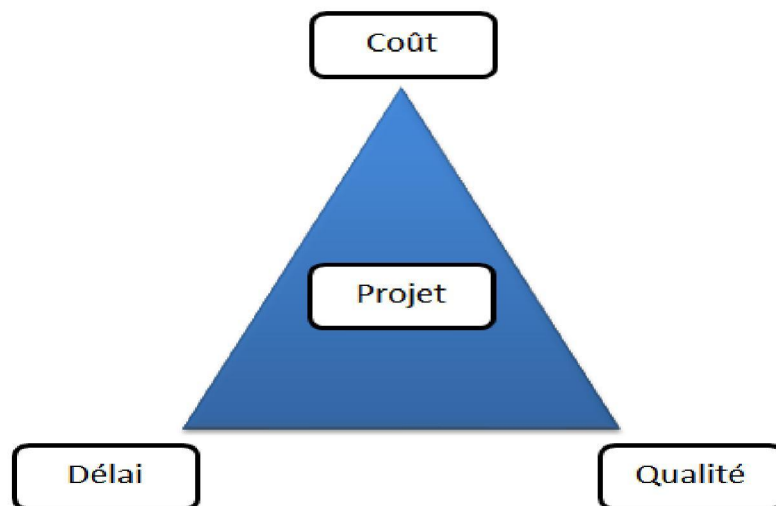


Figure V.II : Le triangle Qualité, Coût, Délai

V.3.3.1 Gestion des délais :

Gestion des délais concerne les décisions qui doivent être prises en fonction du facteur temps. Le facteur temps intervient dans les décisions concernant les délais de réalisation, la date de commencement d'une activité et la question de savoir si plusieurs activités seront réalisées simultanément ou pas. [9]

V.3.3.2 Gestion des coûts :

Le coût du projet est la somme des coûts :

- des ressources humaines du projet
- des ressources matérielles et logicielles du projet

Le paramètre «coût» dépend évidemment de la durée du projet et représente l'objectif économique du projet, qu'il s'agisse des recettes ou des dépenses. Ce paramètre essentiel caractérisera la réussite ou l'échec économique du projet .il sera respecté :

- si l'on estime avec précision le détail, poste par poste, des couts du projet.

Une bonne estimation reposera sur une connaissance précise du développement projet, des achats à réaliser et des tâches à exécuter.

- si l'on maîtrise les dépassements de couts internes et externes qui peuvent survenir sur la durée du projet en les analysant et en les renégociant (contrôle des couts),
- si l'on négocie financièrement toutes les nouvelles demandes exprimées par le client entraînant des écarts par rapport au contrat de départ.

V.3.3.3 Gestion de la qualité :

La gestion de la qualité du projet a comme objectif de garantir que la qualité du projet corresponde aux exigences définies au préalable. Il est important que les exigences relatives à la qualité de l'intervention soient formulées clairement de sorte qu'une appréciation objective soit possible. [9]

La gestion de la qualité regroupe les processus de contrôle et d'assurance de la qualité.

V.3.4 Exécution :

Durant la phase d'évaluation, l'accent est mis sur l'analyse de l'efficacité, de l'efficacité de l'intervention, spécialement sur le niveau des résultats atteints, sur l'objectif spécifique et sur les objectifs globaux. [9]

Les processus du groupe « Exécution » permettent principalement :

- ✓ De mettre en place l'équipe de projet;
- ✓ D'obtenir et de gérer les ressources externes faisant partie de l'équipe de projet;
- ✓ De coordonner les ressources pour la réalisation des activités du projet conformément au plan de gestion de projet.

V.3.5 Suivi et maîtrise :

Dès que le projet est approuvé, le suivi commence. Pour bien gérer le projet, les informations doivent être collectées systématiquement afin de permettre aux décideurs de prendre des décisions au niveau des activités et au niveau des résultats intermédiaires. [10]

Ce groupe de processus (Suivi et maîtrise) peut par exemple comprendre :

- ✓ la surveillance des activités en cours par rapport au plan de gestion de projet, notamment sur le plan du contenu, des délais et des coûts.
- ✓ la vérification de la conformité des biens livrables par rapport aux normes applicables et aux objectifs du projet.
- ✓ le suivi des modifications et la maîtrise de celles-ci afin que seules les modifications approuvées soient mises en œuvre.

V.4 Définir la structure des tâches WBS :

La WBS (Works breakdown structure) nous indique en détaille les différents étapes qu'il faut suivre au début jusqu'à la fin du projet.

« WBS » est un mode de découpage qui organise et définit la totalité du contenu d'un projet. Elle se présente sous forme d'organigramme dont le premier niveau est le projet entier, dans les niveaux suivants le projet est découpé de façon arborescente et hiérarchique.

Les éléments du deuxième niveau sont souvent les livrables. Les éléments qui se trouvent au niveau inférieur de la WBS sont appelés lots de travaux et correspondent à des résultats livrables du projet.

WBS De notre projet (**Voir tableau - Annexe B**).

a) Les éléments de WBS :

La phase : c'est le premier niveau de découpage qui regroupe plusieurs tâches et donne lisibilité globale du projet.

La tâche : est le petit élément de découpage, chaque tâche doit être :

- Identifiée et codifiée,
- Quantifiée en termes de délai et de ressources

b) L'ordonnancement

Puisqu'on définit toutes les tâches du projet, on est prêt de les organiser entre elles afin de respecter la logique d'exécution du projet, tout en prenant en considération les tâches qui peuvent être exécutées en parallèle.

c) Les dépendances

Ce sont les différentes relations que peuvent exister entre les tâches.

- Début - début



Activité A doit commencer avant que l'activité B puisse commencer.

- Début- Fin



Activité A doit commencer avant que l'activité B puisse finir.

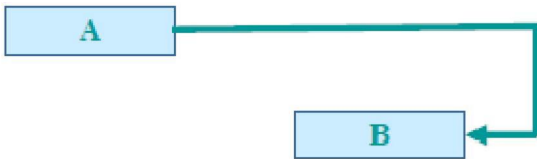
- Fin - Début



Activité A doit être achevée avant que l'activité B puisse commencer.

Ex: Ferrailage avant coulage du béton.

- Fin à Fin



Activité A doit être achevée avant que l'activité B puisse s'achever.

V.5 Définition du MS Project :

Ms Project est un logiciel de gestion de projets édité par Microsoft. Il permet aux chefs de projets de planifier et piloter les projets, de gérer les ressources et le budget, ainsi que d'analyser et communiquer les données des projets.

V.5.1 Création d'un projet sur MS Project :

Pour créer et gérer un projet sur MS Project il faut suivre des étapes :

- ✓ Définir le calendrier global en prenant en considération tous les jours de repos ainsi que les jours fériés durant toute la période de réalisation du projet.
- ✓ Définir les tâches.
- ✓ Organiser l'enchaînement des tâches.
- ✓ Définir les ressources.
- ✓ Attribuer les ressources aux tâches.
- ✓ Démarrer le projet [Outils –Suivi –Mettre à jour le projet].
- ✓ Informer les acteurs.
- ✓ Introduire les états d'avancement.
- ✓ Corriger les dérives éventuelles et mettre à jour le projet.
- ✓ Clôturer le projet.

V.6 le chemin critique :

Parmi tous les chemins d'un graphe il en existe un appelé chemin critique qui relie les tâches "critiques" qui sont les tâches dont le retard impliquera un retard effectif du projet; on détermine ce chemin critique avec les paramètres suivants :

- dates au plus tôt : début (D+tôt) et fin (F+tôt)
- dates au plus tard : début (D+tard) et fin (F+tard)
- marge : $(D+tard) - (D+tôt) = (F+tard) - (F+tôt)$

Une ressource « critique » est une personne indispensable au projet. Elle connaît l'équipe, détient toutes les informations permettant de gérer l'équipe et l'avancement du projet passe par elle.

V.7 Définition des ressources :

Les ressources sont des facteurs clés de succès du projet, si elles sont bien être gérées. Elles doivent donc être particulièrement bien pilotées pour ne pas mettre le projet en risque. Les ressources se divisent en trois catégories :

- Ressources humaines (chefs d'équipes, les ferrailleurs, les coffreurs ...)

Les chefs d'équipes	Les soudeurs
Les ferrailleurs	Topographe
Les coffreurs	Groupe de peinture
Les manœuvres	

- Ressources matérielles (grus, les camions malaxeurs, pompe à béton...)

Camions malaxeurs	Foreuse	Transporteur de poutre
Camions 10T	Niveleuse	Compacteur
Camions 2,5T	Bulldozer	cisailles
Pompes à bétons	Pelle sur chenilles	codeuses
Grues	Vibreux	Marteaux piqueurs

- Ressources matériaux (béton, acier, chape d'étanchéité...)

Béton	Coffrage	Peinture
Acier	Hourdis	chape d'étanchéité
Zinc	Gaines PVC	Remblais
Treillis soudé	feutre bitumineux	

V.8 Etude économique :

V.8.1 Résultats obtenus :

Après avoir introduire la durée de chaque tâche ainsi qu'affecter à chacune ces ressources identifiée avec leurs coûts, MS Project et d'une manière automatique nous donne la durée totale et aussi le coût global du projet.

Pour ce qui concerne notre projet on a obtenu les résultats suivants :

La durée totale du projet	654
La date du début du projet est prévue	06/01/2019
La date de la fin du projet est prévue	16/03/2021
Le coût brut du projet	256 742 430,58DA

La durée obtenue est le résultat d'une organisation étudiée du chevauchement des taches en fonction de la disponibilité des ressources surtout humaines.

Il faut noter qu'il y a une relation entre le cout et les délais du projet, on respectant la qualité de réalisation.

V.8.2 Utilisation des tâches :

- **Rapport des flux trésorières du projet :**

V.8.2 Utilisation des tâches :

- **Rapport des flux trésorières du projet :**

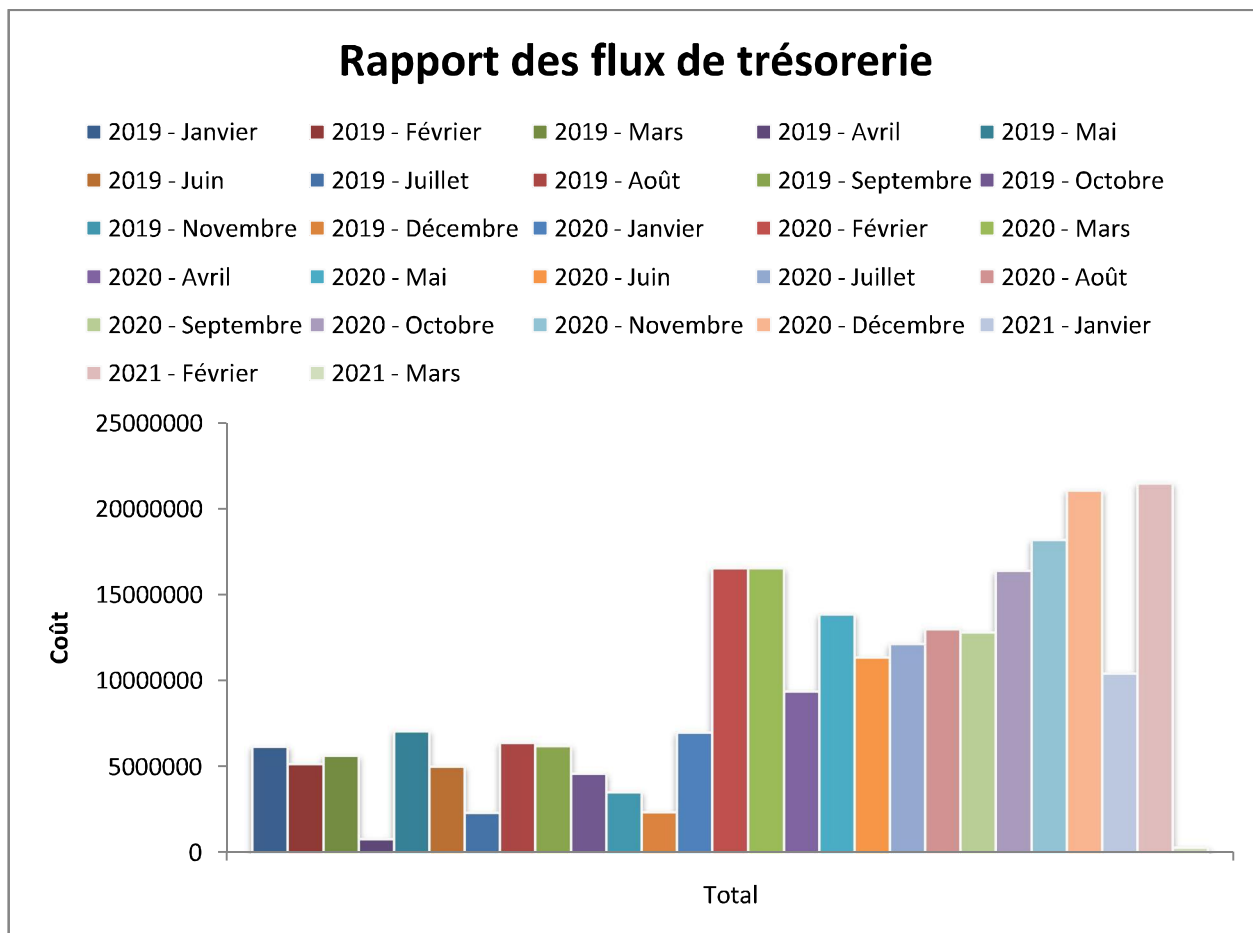


Figure V.3 Rapport des flux de trésorerie

Le graphique représente la somme d’argent qui va être déposée pendant les 26 mois que le projet va prendre pour le réaliser.

On remarque qu’il faut prévoir un coût qui est environ 10 000 000 DA au mois du janvier 2019, c’est la période de l’installation de chantier

Il faut noter aussi que les plus grande somme d’argent vont être investies dans les derniers mois de réalisation et donc revient à toutes les tâches qui appartiennent à la finition en prenant en considération toutes leurs ressources matérielles et humaines.

V.8.3 Utilisation des ressources :

- **Rapport synthétique du coût des ressources :**

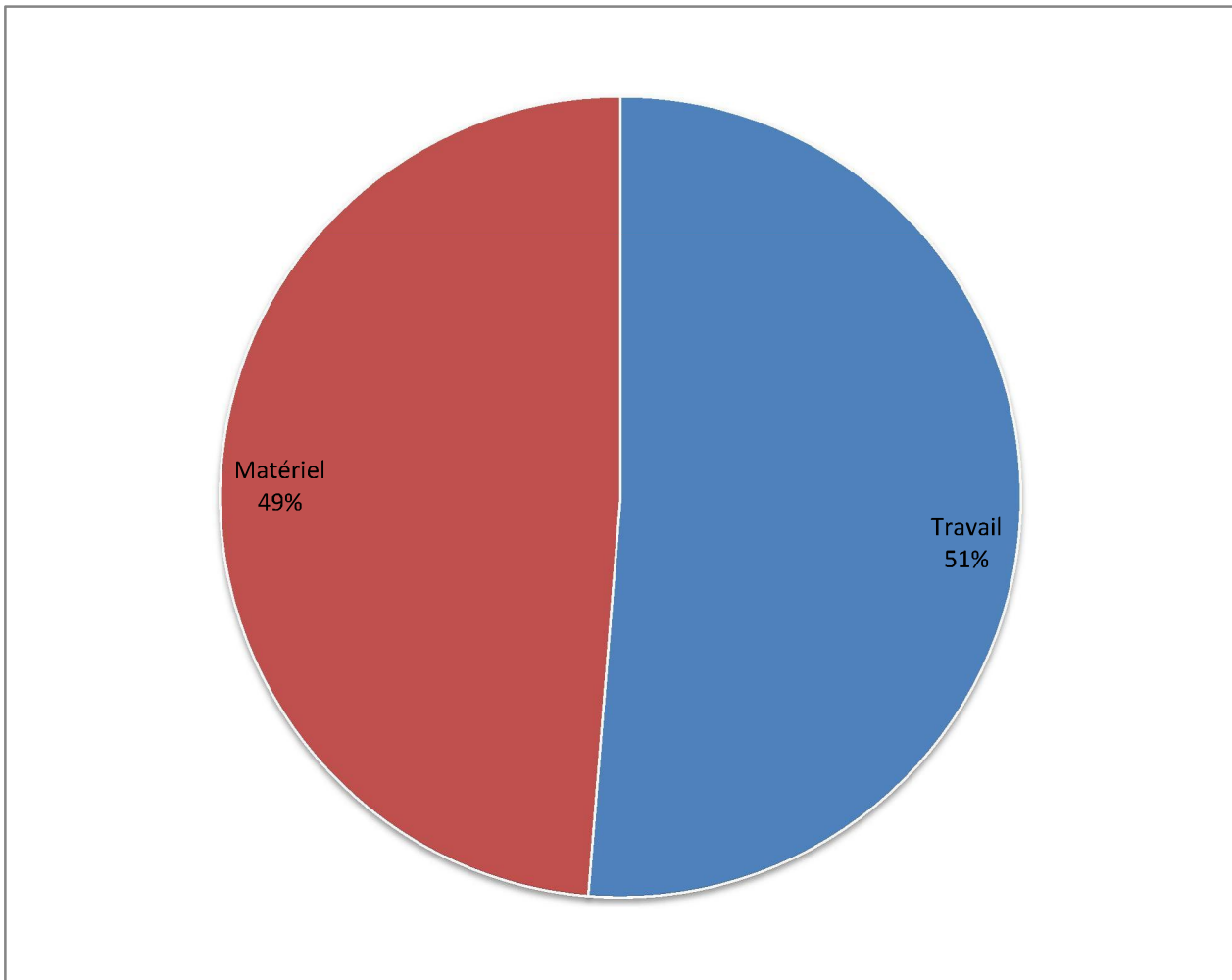


Figure V.4 Rapport synthétique du coût des ressources

La figure présente la totalité financière du projet, elles nous donnent 51% pour le travail et 49% pour le matériel.

○ **Humaines :**

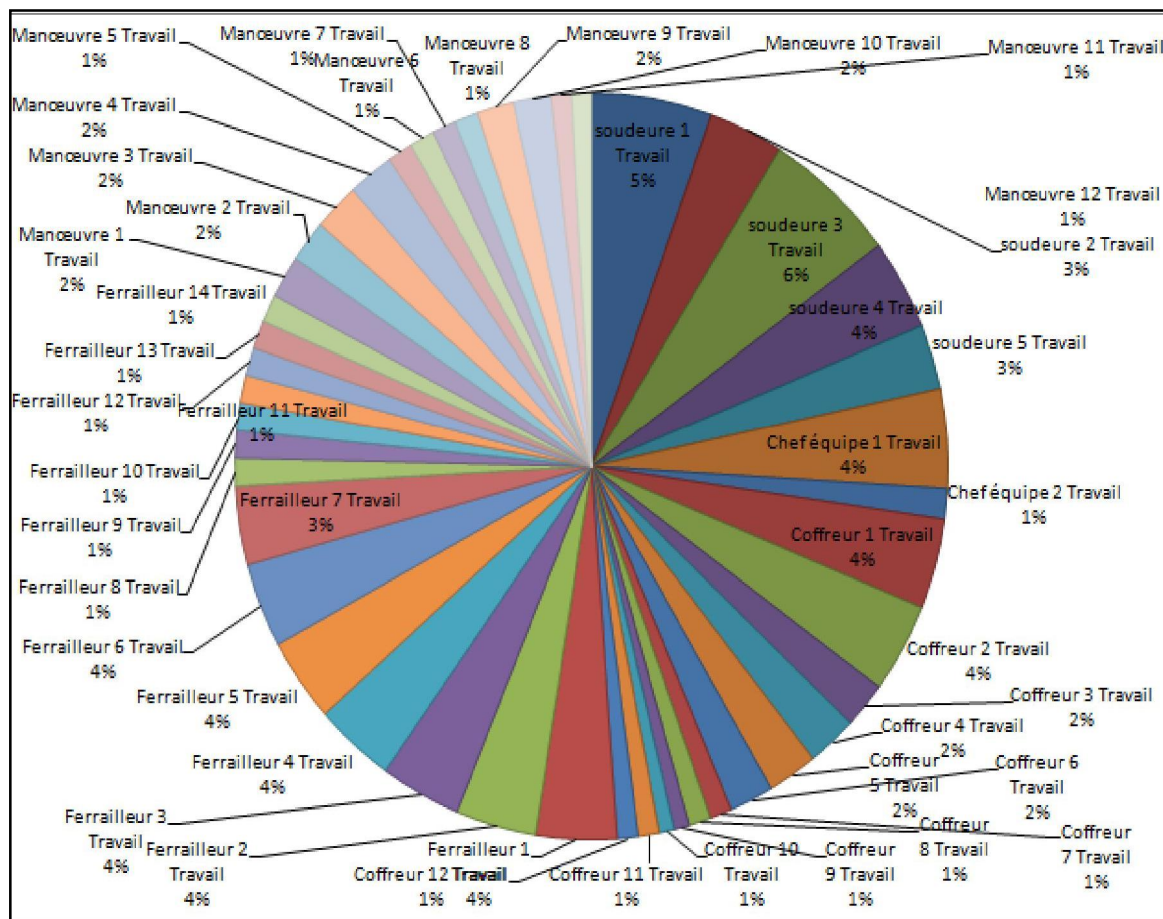


Figure V.5 Pourcentage des coûts des ressources humaines

○ **Matériaux et matérielles :**

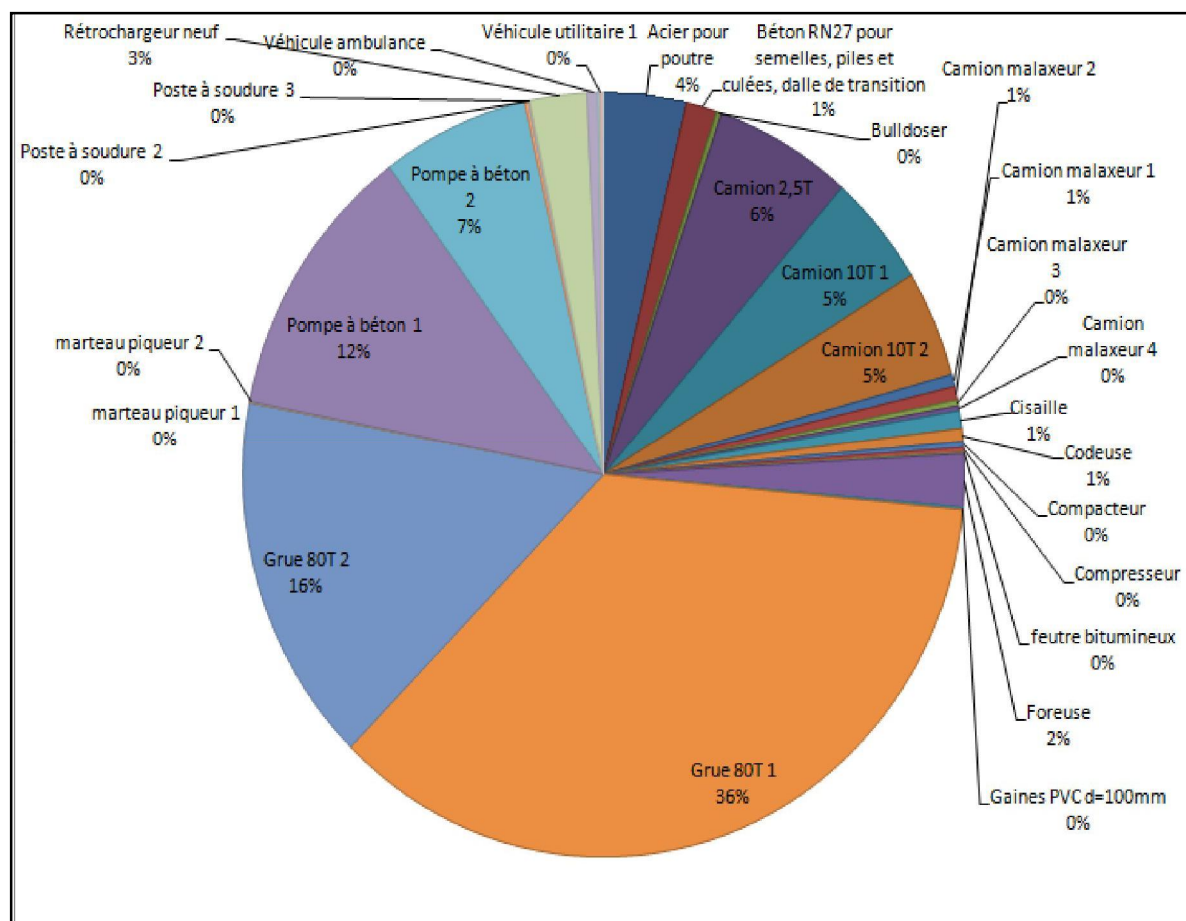


Figure V:6 Pourcentage des coûts des ressources matériaux et matérielles

Les deux figures précédentes obtenues à partir des rapports donnés par Ms Project nous donnent une idée sur le pourcentage des coûts des différents types utilisés dans notre projet. Pour les ressources humaines : on remarque que les coffreurs quatre-vingt-cinq et six sont les ressources qui vont prendre la plus grande part du coût du projet. Pour ce qui concerne le matériel, la grue 1 prend la plus grande somme d'argent avec une valeur dépassant les 36% du coût total du projet.

○ **Rapport des disponibilités des ressources**

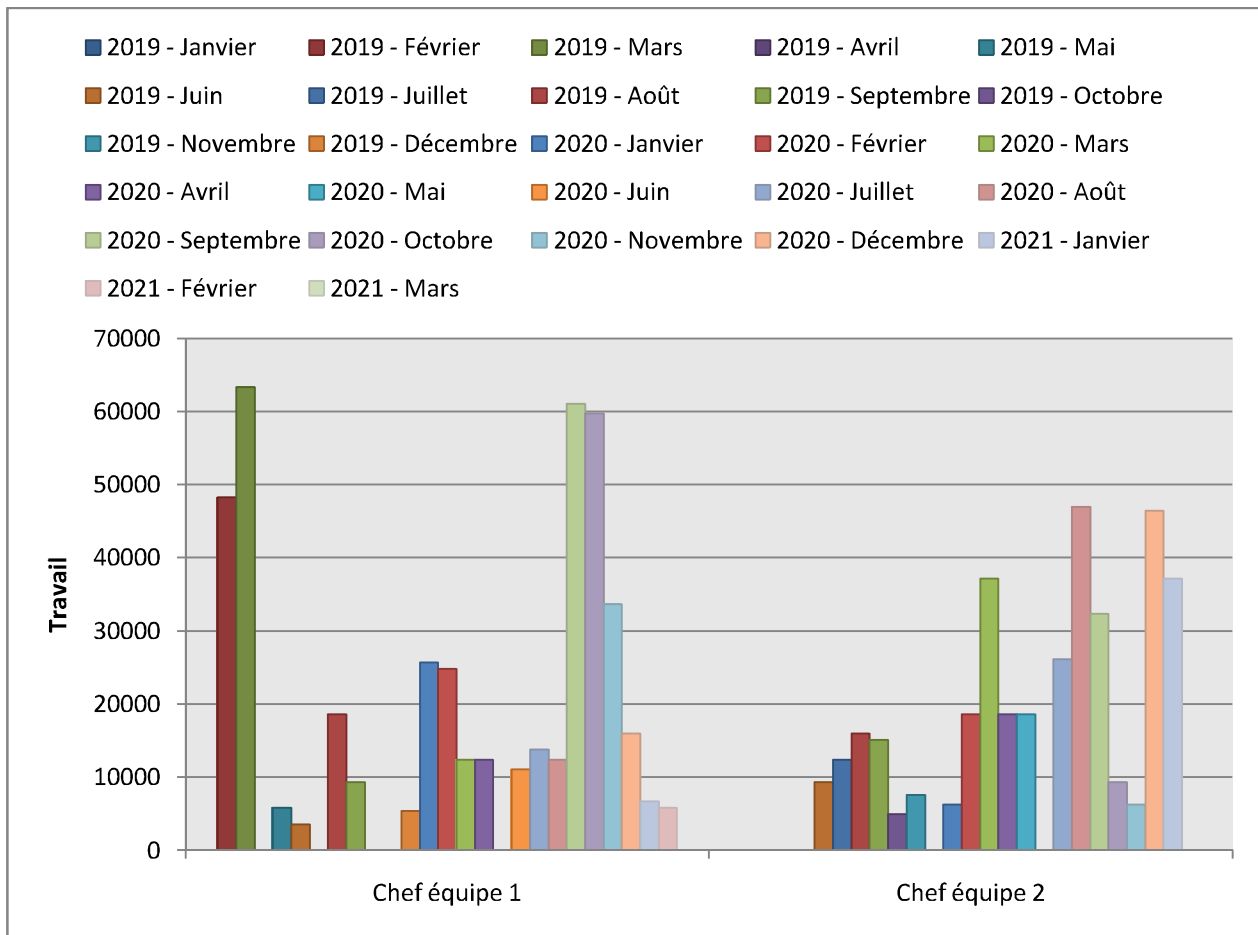


Figure V:7 Rapport des disponibilités des ressources

L’histogramme donné par logiciel Ms Project représente la disponibilité et le taux du travail des deux chefs d’équipes qui s’occupent le contrôle de notre projet.

Dans ce rapport on s’était intéressé seulement par les chefs d’équipes pour montrer l’importance de la disponibilité de cette ressource sur terrain pour organiser, vérifier et aussi suivre le déroulement de toute tâche du projet

V.8.4 Rapport synthétique des ressources par groupes :

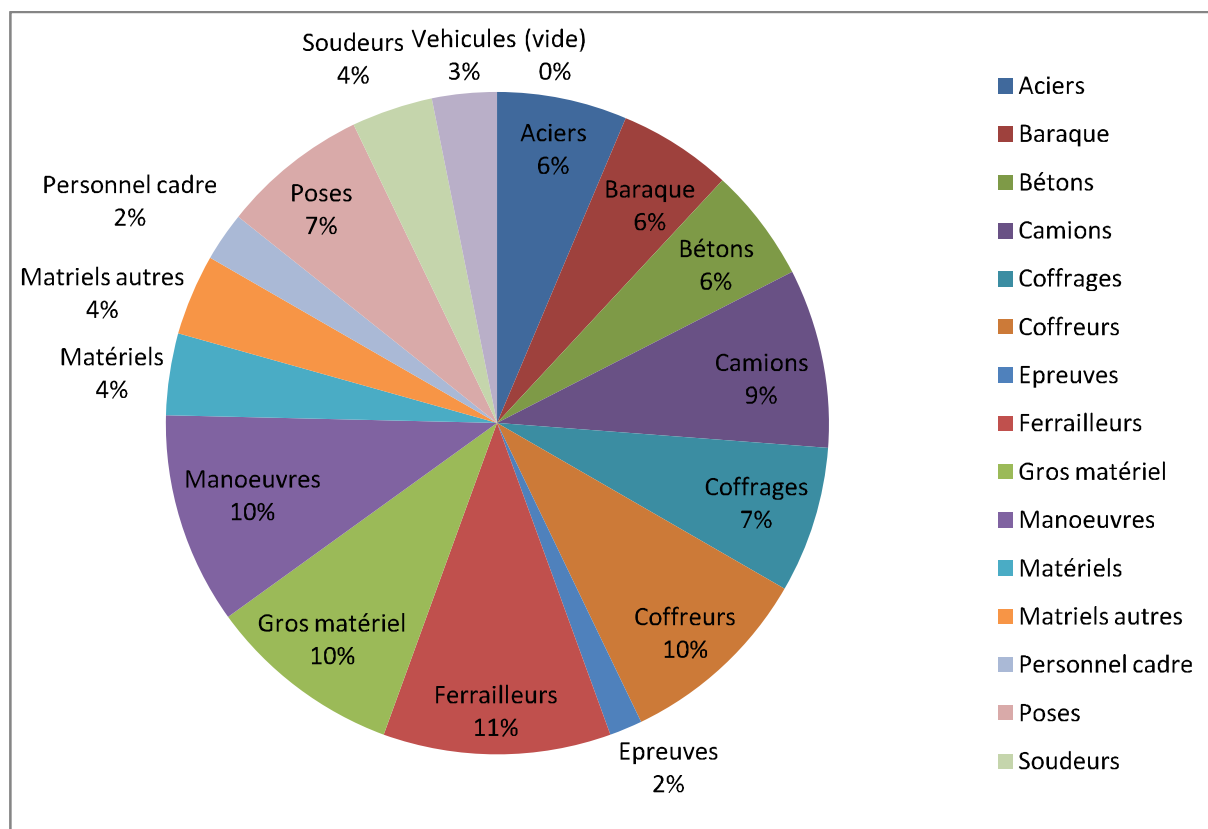


Figure V:8 Rapport synthétique des ressources par groupe

La figure obtenue à partir des rapports donnés par Ms Project nous donnent une idée sur le pourcentage totale des différents ressources (humains, matériels, matériaux) utilisés dans notre projet.

On remarque que la ressource matérielle prend la moitié du pourcentage 50%, le groupe humain 37%, et en dernier lieu les matériaux 13%

V.8.5 Rapport de l'audit des coûts dans le temps :

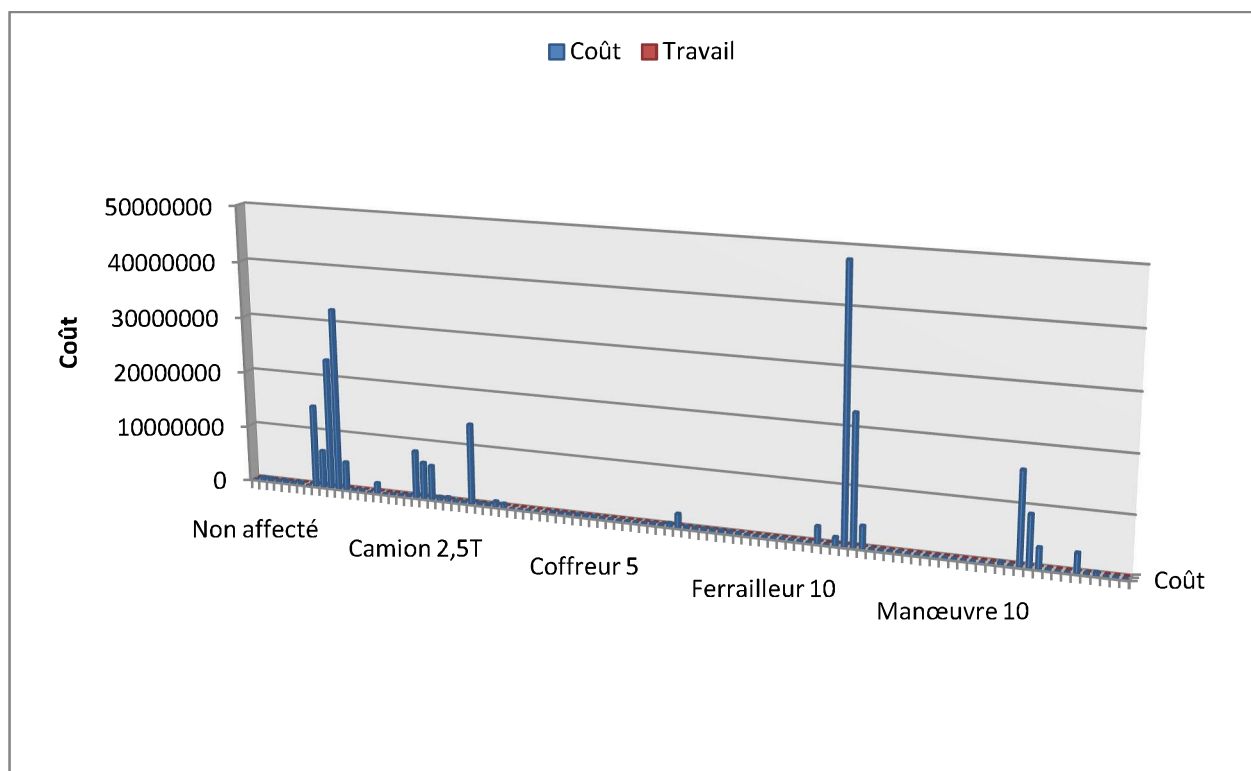


Figure V:9 rapports de l'audit des coûts dans le temps

Le graphe représente le coût et le travail des ressources durant la durée du projet. dans ce travail on était intéressé seulement par le (camion 2,5T, coffreur 5, ferrailleur 10, manœuvre 10).on a constater que le coût et le travail sont proportionnel.

V.9 Détermination des coûts du pont :

Le tableau ci dessous représente le devis quantitatif estimatif du projet

Voir l'annexe C pour le coût des ressources.

Tableau VIII.1 : Devis quantitatif et estimatif :

	Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (HT)	Montant totale (DA)
Section 1 : FORFAIT					
1	Installation de chantier	F	1	4000.000,00	4000.000,00
2	Etude d'exécution	F	1	2500.000,00	2500.000,00
3	Epreuves générales de l'ouvrage	F	1	700.000,00	700.000,00
SOUS-TOTAL					7 200 000,00
Section 2 : INFRASTRUCTURE					
4	Déblais pour fouilles	M ³	971,166	750,00	728374,50
5	Remblais pour fouilles	M ³	179,55	950,00	170572,50
6	Remblais derrière culées	M ³	590	1000,00	590000,00
7	forage des pieux	ML	728	45.000,00	32 760000,00
8	Épreuve d'un pieu	U	56	30.000,00	1680000,00
9	Recepape des têtes des pieux	U	820	35.000,00	28700000,00
10	Béton de propreté dosé à 150 kg/m3 de 10cm d'épaisseur	M ³	57,44	7000,00	402080,00
11	Béton RN35 pour pieux	M ³	411,18	33000,00	13568 940,00
12	Béton RN27 pour semelles, piles et culées, dalle de transition	M ³	1131,2	31000,00	35067200,00
13	Acier FeE40 pour infrastructure (pieux, semelle, piles, culées, dalle de transition)	T	263,939	170.000,00	44869 630 ,00
14	Badigeonnage des parties enterrées	M2	380,56	100,00	38056,00
SOUS-TOTALE					
Section 3 : SUPERSTRUCTURE					
15	Béton RN35 pour hourdis, entretoises, dès appuis,	M ³	315,93	35000,00	11057 550,00
16	Fourniture et pose des poutres BA 20ml	U	24	1.000000,00	24000000,00
17	Béton RN27 pour trottoirs et corniches	M ³	114,53	31000,00	3550430,00
18	Prédalles TN40	U	4819	20000	1200000
19	Acier FeE40 pour Hourdis, trottoirs, corniches	T	76,133	170.000.00	12942610,00
	Acier FeE40 socles d'appuis, socles parasismiques et oreilles	T	2,995	170.000.00	509 150,00
20	Fourniture et mise en place d'appareils d'appuis	U	48	70.000,00	3360 000,00
21	Fourniture et Mise en place de joints de trottoirs	MI	240	500,00	120 000,00
22	Fourniture et mise en place de joints de chaussées	MI	21	30000,00	630 000,00
23	Chape d'étanchéité sur ouvrage	M ²	959	1500,00	14 385 000,00
24	Couche de revêtement ep=8 cm	M ²	959	2500,00	2 397 500,00
25	Fourniture et pose de garde-corps	MI	246	15000,00	3 690 000,00
26	Fourniture et mise en place de glissière de sécurité	MI	81	7000,00	567 000,00
27	Avaloirs, acier d=700 mm	U	24	9000,00	216 000,00
28	Gaines PVC d=100mm	MI	263,31	500,00	131 655,00
29	Descente d'eau en PVC 100mm	MI	24	1200,00	28 800,00

V.10 pont en béton arme :

Qu'il soit en poutre ou en dalle le pont en béton armé n'est envisageable que pour des faibles portées, généralement de 15m à 20m. Au-delà la hauteur du tablier devient très grande, ce qui influe sur son poids qui deviendra très important.

V.10.1 Les avantage :

- la préfabrication permet de diminuer le délai d'exécution de l'ouvrage.
- la facilité du control de réalisation ainsi que la rapidité d'exécution des travaux.
- la possibilité de rendre indépendant la fabrication des poutres du reste du chantier.
- les coffrages des poutres peuvent être utilisés plusieurs fois.
- La préfabrication des poutres permettent d'éviter l'encombrement des échafaudages gênant souvent le fonctionnement du chantier.

V.10.2 Les inconvénients :

- il devient très couteux pour les portées qui dépassent 25m ou 30m au maximum.
- Nous savons qu'en béton armé, une grosse partie du béton constituant les poutres ne participe pas à l'encaissement des charges mais au contraire, elle ne fait qu'augmenter les charges permanentes surtout pour des portées importantes.

Le pont à poutre en béton armé qui sera constitué de 06 travées isostatiques de 20mètres chaque travée comportera 4 poutres en béton armé solidarisiées transversalement par le hourdis et les entretoises au niveau des appuis.

V.11 Conclusion :

Dans ce chapitre on a fait une étude manageriel et économique du projet pour déterminer le coût, le délai et les caractéristiques d'ouvrage.

Le management est d'une importance capitale dans un projet, permet de gagner beaucoup sur le plan économique.

Une raison pour laquelle une bonne planification est recommandée, tenant compte du contenu du projet, là où nous avons pu déterminé les différentes activités à inclure et celles qui sont à exclure, par conséquent nous avons estimé le délai et le coût de chacune.

Une étude économique du projet de réalisation d'un pont en béton armé en utilisant MS Project a été présentée dans le présent chapitre. Cela nous a montré que ce logiciel serve à la bonne planification et le bon ordonnancement d'un projet. En effet, le diagramme de GANTT est un outil qui permet l'estimation de coût et la durée d'un projet et facilite la réalisation et l'organisation en respectant le budget et la durée approuvés.

Conclusion général

Conclusion général

L'ingénieur doit faire recours à une conception visant l'optimisation entre plusieurs paramètres déterminants (l'économie, la sécurité des usages, et les délais de réalisation) en tenant toujours compte des contraintes naturelles et fonctionnelles.

Notre étude est basée sur l'utilisation de différents logiciels et les règlements techniques (RPOA2008, SETRA...) en passant par les étapes suivantes :

- Le pré-dimensionnement des poutres, ainsi que le calcul des différentes charges et surcharges appliquées sur notre ouvrage.

- Ensuite, on détermine le ferrailage à l'aide des différentes sollicitations entre les moments fléchissant et les efforts tranchants à partir du logiciel *SAP2000v14*.

Après on passe vers une étude économique de l'ouvrage, en utilisant MS Project qui sert à la bonne planification et la bonne ordonnance du projet.

La partie managériale comprend l'estimation, l'établissement du budget et la maîtrise des coûts dans le but d'achever le projet sans dépasser le budget approuvé.

On a fait une étude détaillée afin que l'on procède de manière économique et efficace, pour aboutir à des délais de réalisation plus intéressants.

Les besoins en ressources sont estimés et quantifiés pour le bon déroulement du projet et le suivi de l'échéancier.

Références bibliographiques

[1] : LACROIX .M.R et all., 2000 : règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et Constructions en béton précontraint suivant la méthode des états limites. Fascicule n°62(titre I-section II), BPEL 91 révisé 99.

[2] : Guide de Conception, 2011 : Conception économique et durable des ponts.

[3] : LACROIX .M.R et all., 1980 : Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art, programmes de charges et épreuves des ponts-routes. Fascicule N° 61 titre 1 et II.

[4] : REGLES BPEL 91 (DTU P18-703) (Avril 1992), Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton précontraint selon les méthodes des états limites.

[5] : Document technique réglementaire D.T.R règle parasismiques applicable au domaine des ouvrages d'art RPOA 2008. Ministre des travaux publics.

[6] : DOCUMENT S.E.T.R.A (1992), Equipement des tabliers.

[7] : « BAEL 91 : Règles Techniques de Conception et de Calcul des Ouvrages et Constructions en béton Armé, Suivant la Méthode des États Limites », 3ème tirage, Ed. Eyrolles, 1994.

[8] : *l'Organisation Mondiale de Normalisation selon la Norme ISO 10006, (version 2003).*

[9] : gestion du cycle de projet et le cadre logique; dans le cadre du premier cycle de formation des ONG luxembourgeoises novembre 1999 – janvier 2001

[CDC] : Direction des travaux publics : Plan coffrage ferrailages des appuis, réalisé par SEROR.

[CDC] : Direction des travaux publics ; Cahier de charges l'ouvrage d'art PK2+220 (La rocade côtière entre MARSABEN M'IDI ET GHAZAOUAT) réalisé par SEROR.

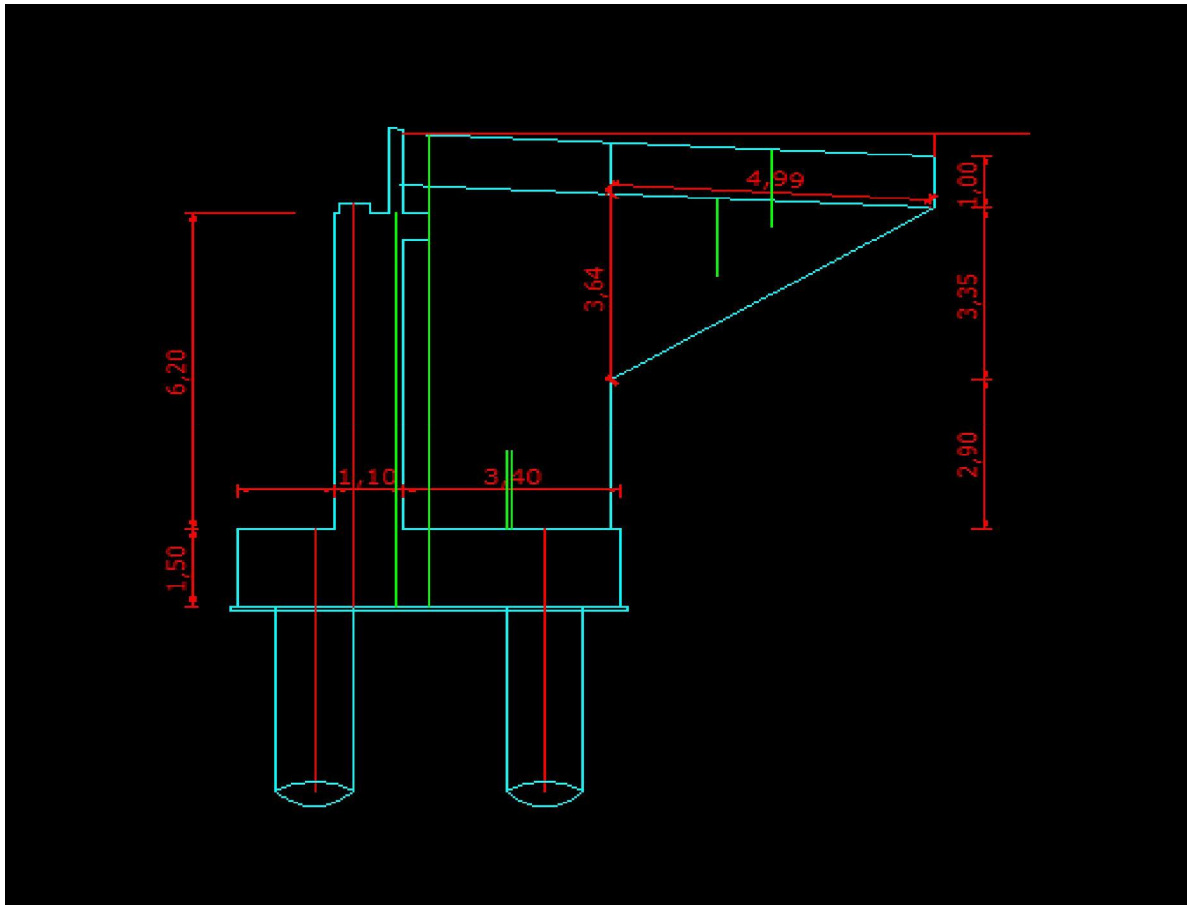
Cours :

- Cours Béton armée
- Cours management de projet

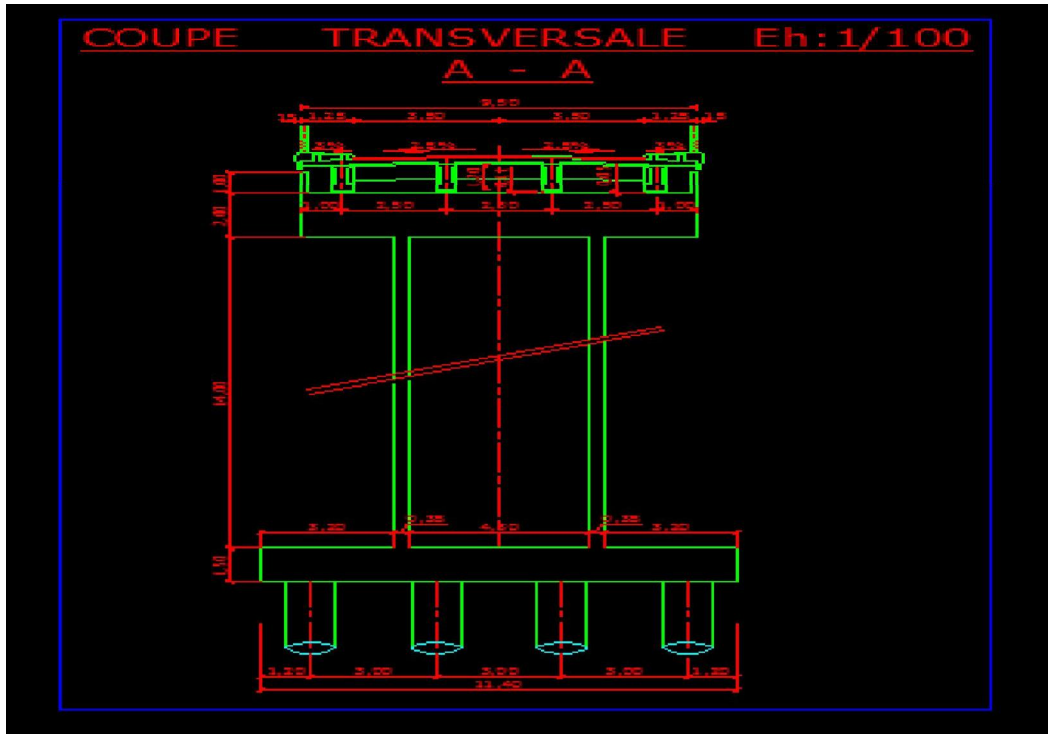
Logiciels utilisé :

- AUTOCAD 2019
- SAP 2000 v14
- MS Project 2013
- MS Excel 2013

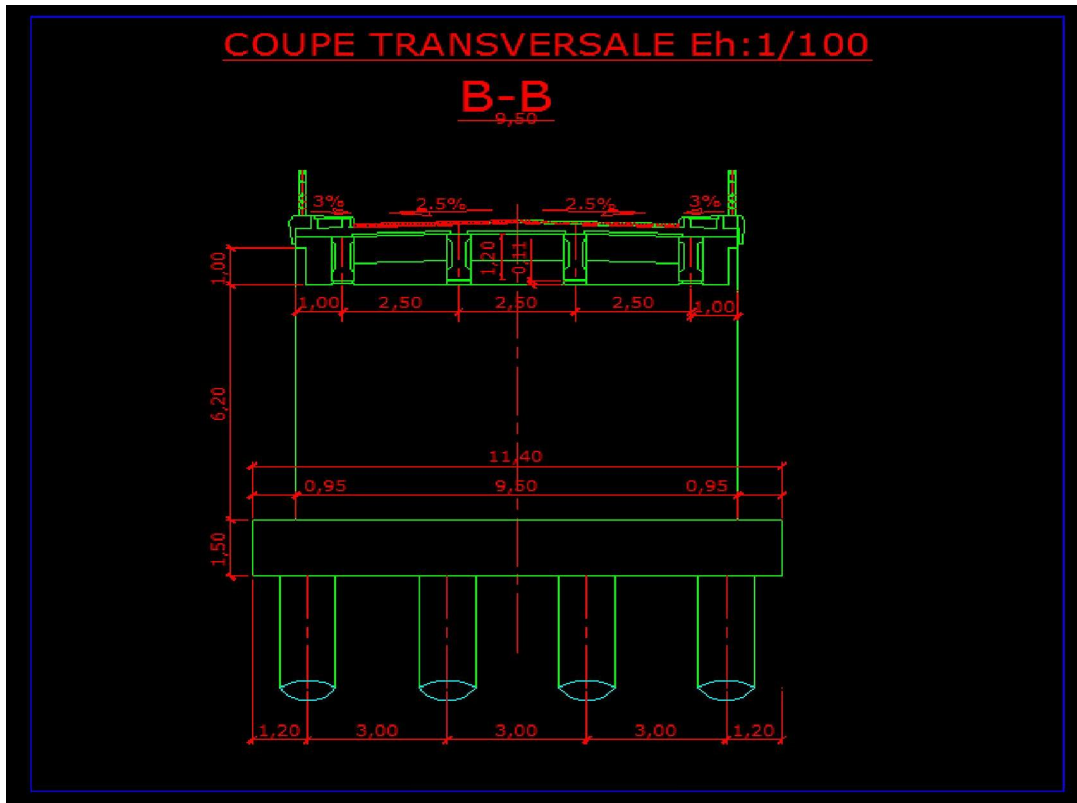
Coupe longitudinale du pont



Coupe transversale de la culée



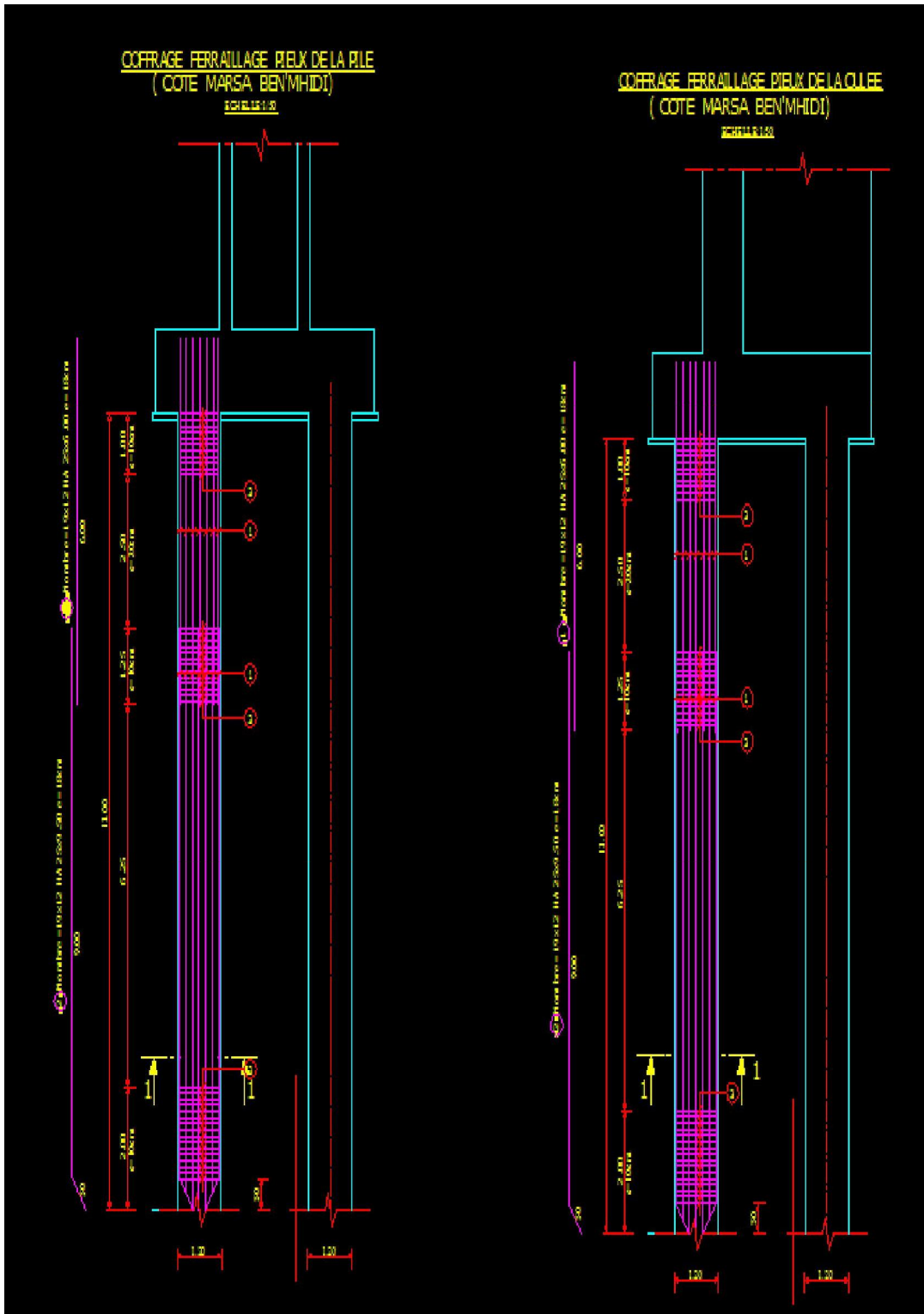
Coupe transversale (A-A) du tablier



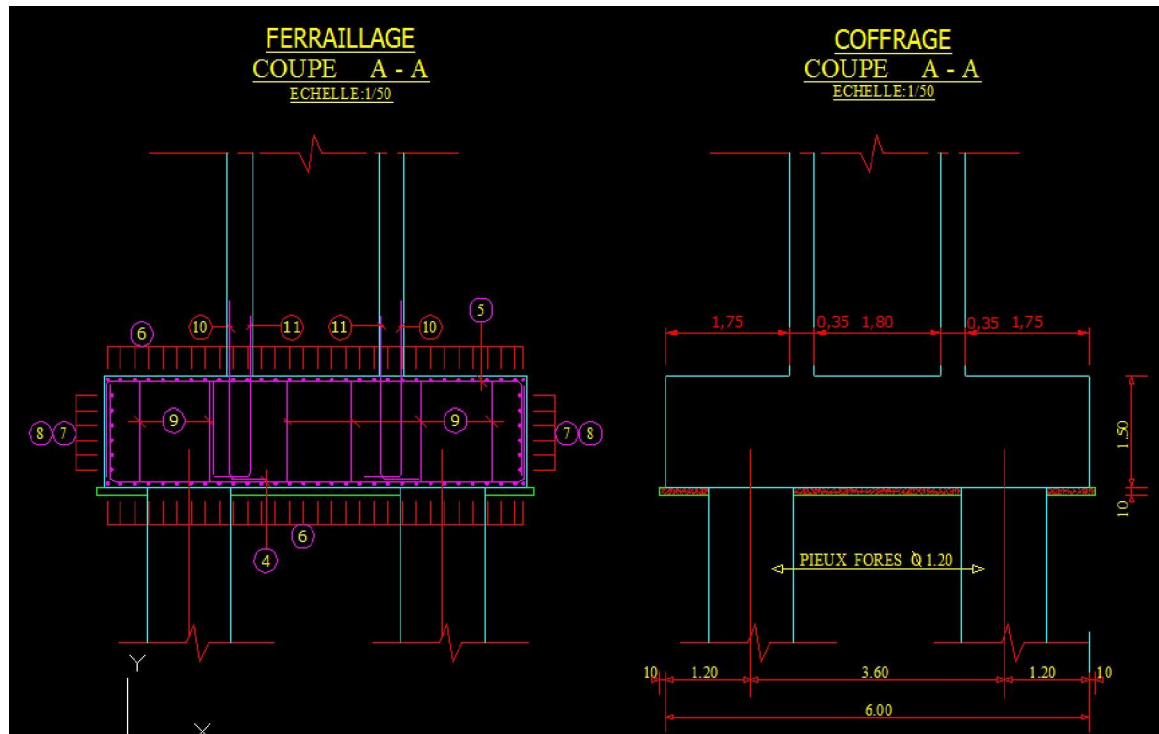
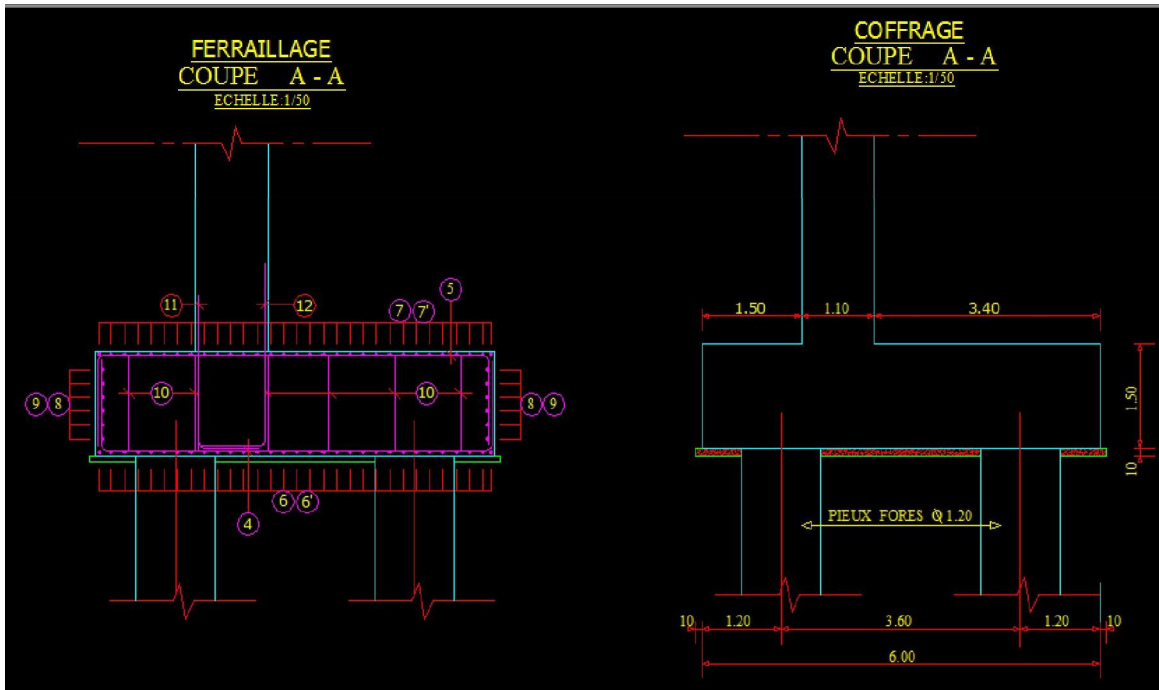
Coupe transversale (B-B) du tablier



Annexe A



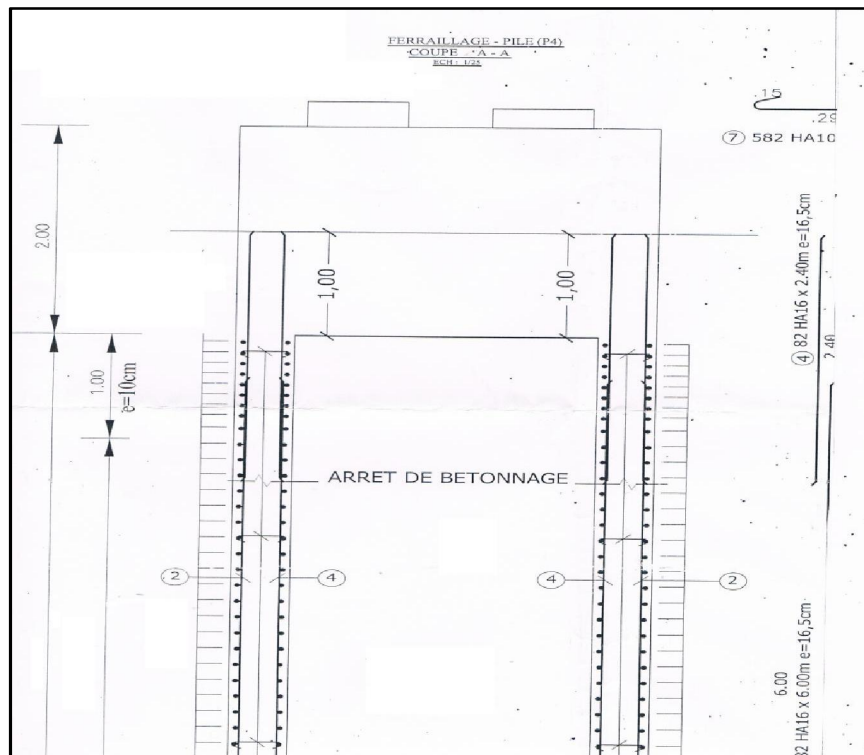
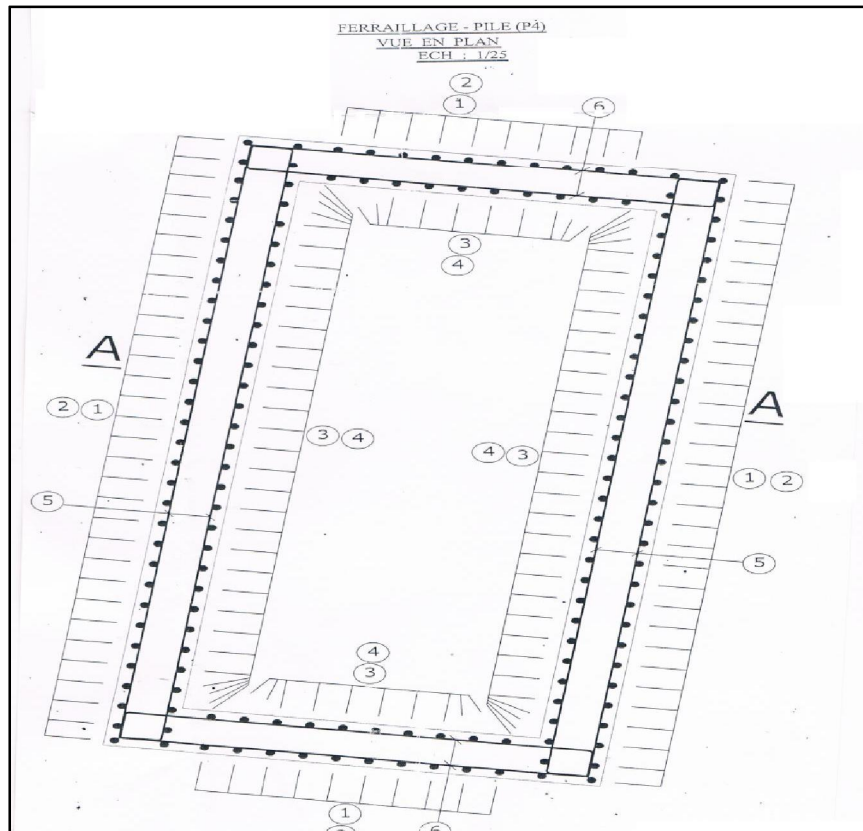
Plan coffrage ferrailage pieux



Plan coffrage ferrailage de la semelle

NOMENCLATURE DES ACIERS COTE MARSA BEN'MHIDI										
REP	Ø	LONG	NOMBRE	LONGUEUR TOTALE						
				Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16	Ø 20	Ø 25	Ø 32
1	HA 25	6.00	19x8 =152						912.00	
2	HA 25	9.50	19x8 =152						1444.00	
3	HA 12	4.00	86x8 =688		2752.00					
4	HA 25	8.50	76						646.00	
5	HA 20	8.50	76					646.00		
6	HA 16	10.00	31x2 =62				620.00			
6'	HA 16	4.45	31x2 =62				275.90			
7	HA 14	7.30	6x2 =12			87.60				
8	HA 14	11.34	6x2 =12			136.08				
9	HA 16	3.50	68				238.00			
10	HA 20	3.00	82					246.00		
11	HA 16	2.70	82				221.40			
LONGUEUR TOTALE EN ml/Ø				✳	2752.00	223,68	1355,30	892.00	3002.00	✳
POIDS EN Kg/ml/Ø				0.617	0.888	1.208	1.578	2.466	3.853	6.313
POIDS EN Kg/Ø				✳	2443,77	270,20	2138,66	2199,67	11566,70	✳
POIDS TOTAL 01 Unité				18 619.00 Kg						
POIDS TOTAL 02 Unité				37 238.00 Kg						

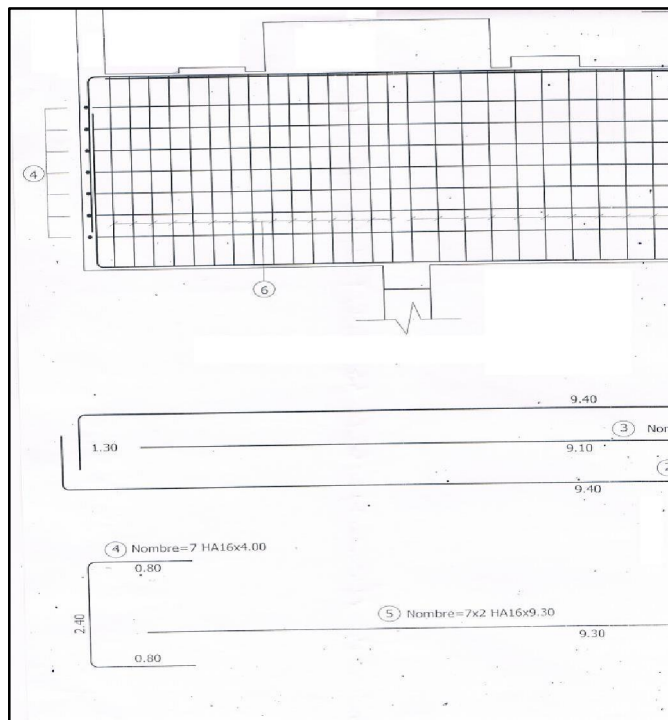
Tableau de nomenclature des aciers (pieux-semelle)



Plan coffrage ferrailage de la pile

NOMENCLATURE DES ACIERS										
REP	Ø	LONG	NOMBRE	LONGUEUR TOTALE						
				Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16	Ø 20	Ø 25	Ø 32
①	HA 20	6.00	82x4					1968.00		
②	HA 20	2.40	82					196.80		
③	HA 16	6.00	82x4				1968.00			
④	HA 16	2.40	82				196.80			
⑤	HA 14	5.35	148x4			3167.20				
⑥	HA 14	2.95	148x4			1746.40				
⑦	HA 14	0.60	582			349.20				
LONGUEUR TOTALE EN ml/Ø				*	*	5262.80	2 164.80	2 164.80	*	*
POIDS EN Kg/ml/Ø				0.617	0.888	1.208	1.578	2.466	3.853	6.313
POIDS EN Kg/Ø				*	*	6 357.46	3 416.05	5 338.40	*	*
POIDS TOTAL 01 Unité				15 111.91 Kg						

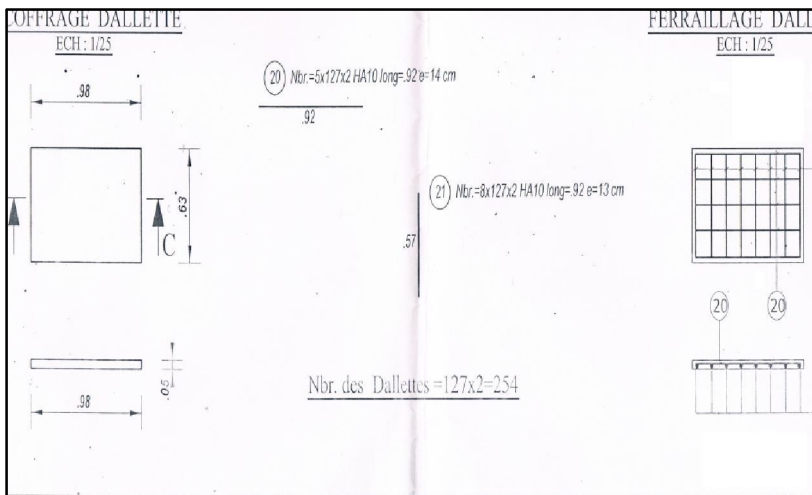
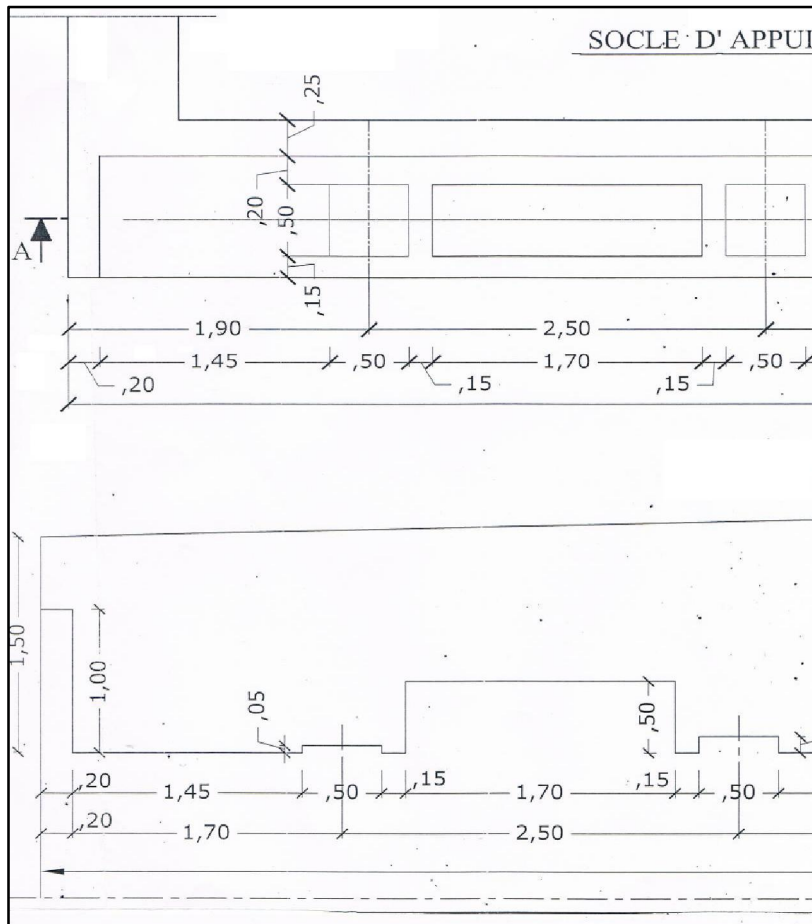
Plan coffrage ferrailage de pile



Plan coffrage ferrailage de chevêtre

NOMENCLATURE DES ACIERS										
REP	Ø	LONG	NOMBRE	LONGUEUR TOTALE						
				Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16	Ø 20	Ø 25	Ø 32
①	HA 32	12.00	13							156.00
②	HA 25	12.00	13						156.00	
③	HA 25	9.10	13						118.30	
④	HA 16	4.00	7x2 =14				56.00			
⑤	HA 16	9.30	7x2 =14				130.20			
⑥	HA 12	5.00	54x6=324			1620.00				
LONGUEUR TOTALE EN ml/Ø				*	*	1620.00	186.20	*	274,3	156.00
POIDS EN Kg/ml/Ø				0.617	0.888	1.208	1.578	2.466	3.853	6.313
POIDS EN Kg/Ø				*	*	1956.96	293.82	*	1056,88	984,83
POIDS TOTAL GENERAL				4 292.5Kg						
POIDS TOTAL GENERAL 04				17 170.00Kg						

Tableau de nomenclature des aciers (chevêtres)

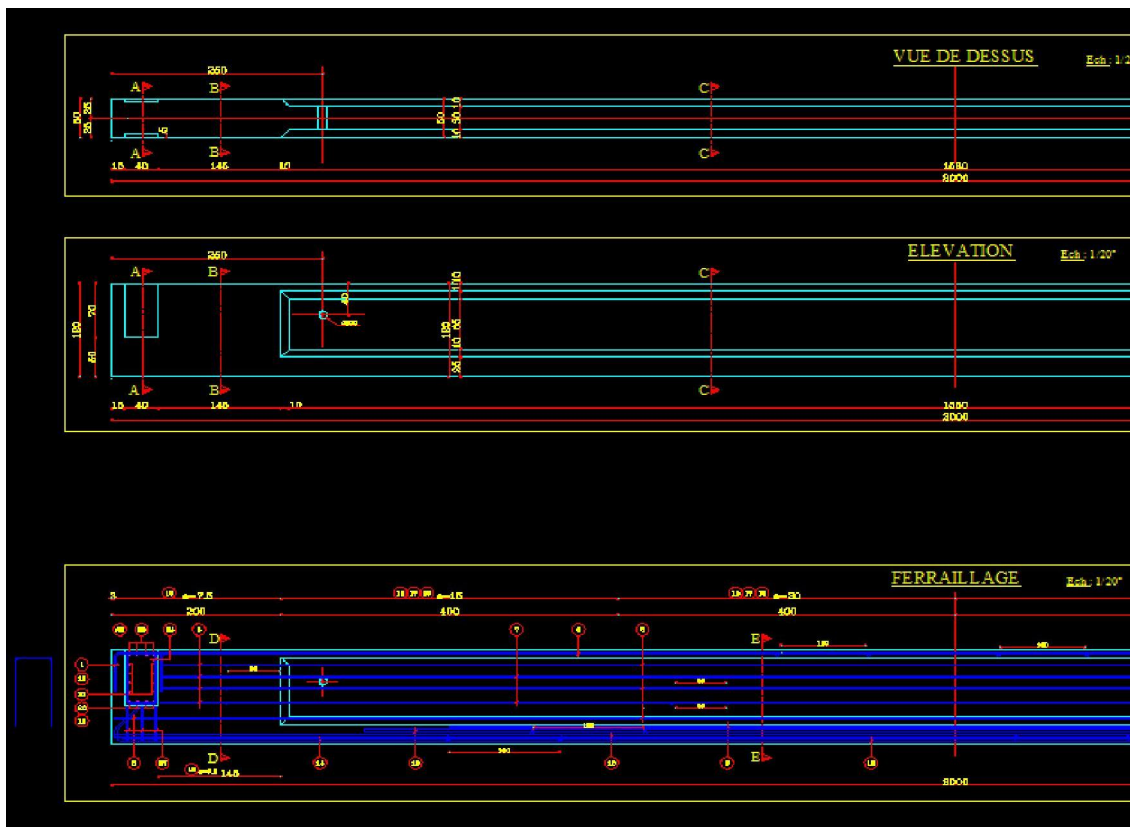
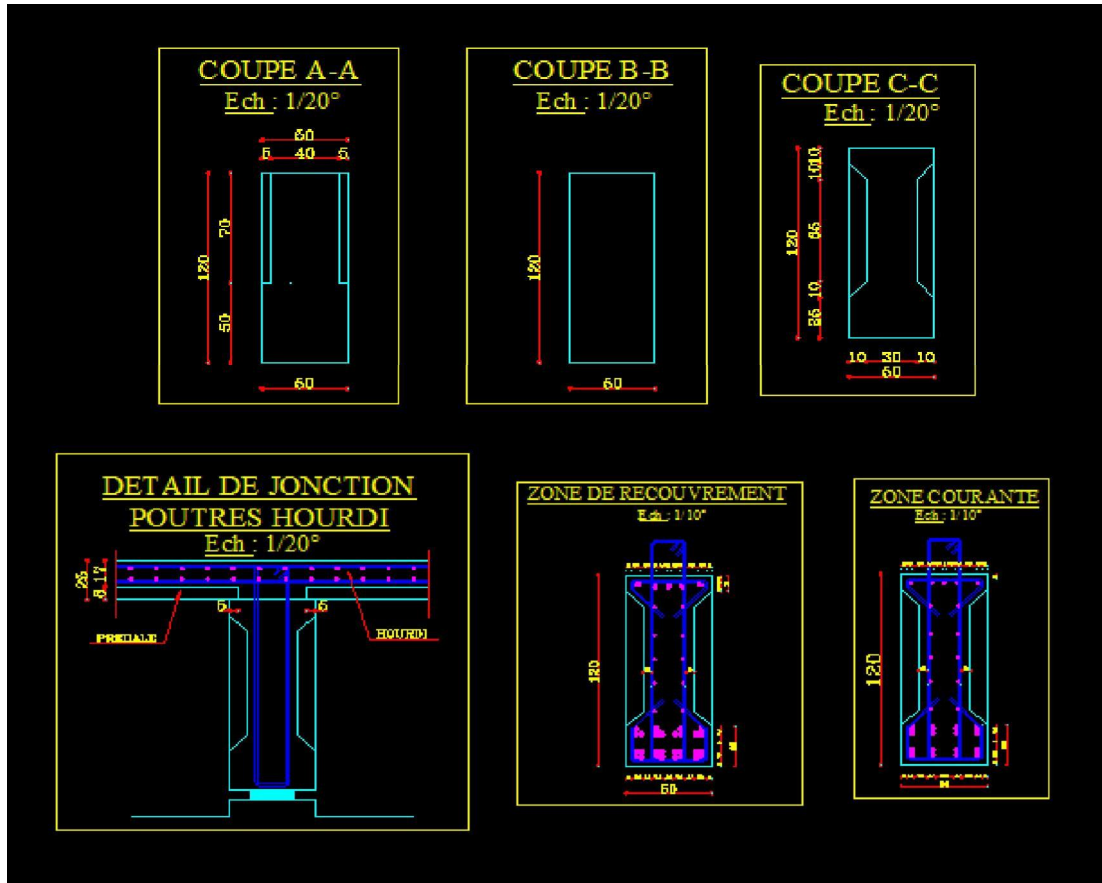


Plan coffrage ferrailage de socles d'appuis, socles parasismiques et oreilles

NOMENCLATURE DES ACIERS								
REP	Ø	LONG	NOMBRE	LONGUEUR TOTALE				
				Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16	Ø 20
①	HA 14	2.43	5x2x4 =40			97.20		
②	HA 14	3.05	16x2=32			97.60		
③	HA 14	4.25	5x2 =10			42.50		
④	HA 14	4.44	4x2=08			35.52		
⑤	HA 14	2.04	04			8.16		
⑥	HA 12	3.70	8x2=16		59.20			
⑦	HA 12	2.02	10x2=20		40.40			
LONGUEUR TOTALE EN ml/Ø				*	99.60	280.98	*	*
POIDS EN Kg/ml/Ø				0.617	0.888	1.208	1.578	2.466
POIDS EN Kg/Ø				*	88.44	339.42	*	*
POIDS TOTAL				427.86 Kg				

Tableau de nomenclature des aciers (socles d'appuis, socles parasismiques et oreilles)

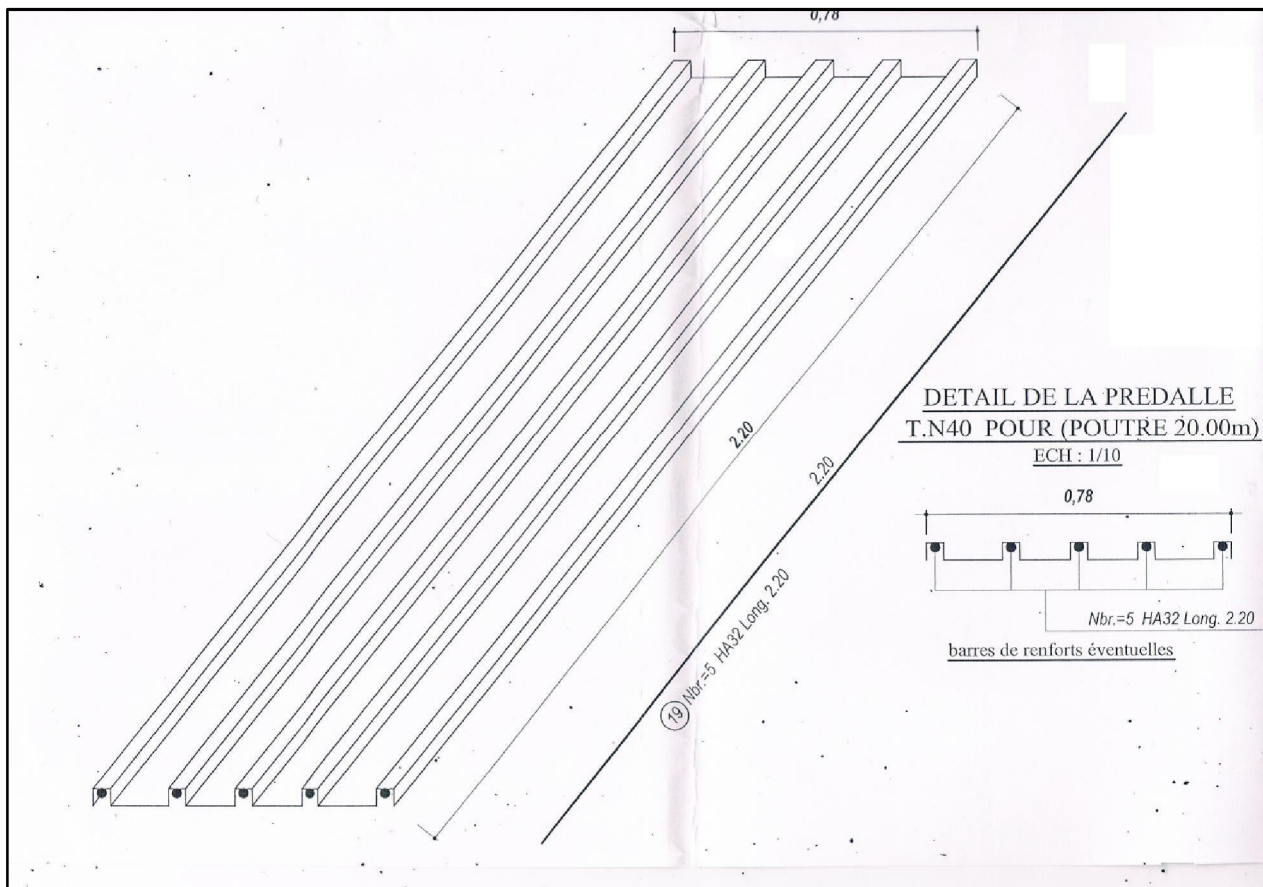
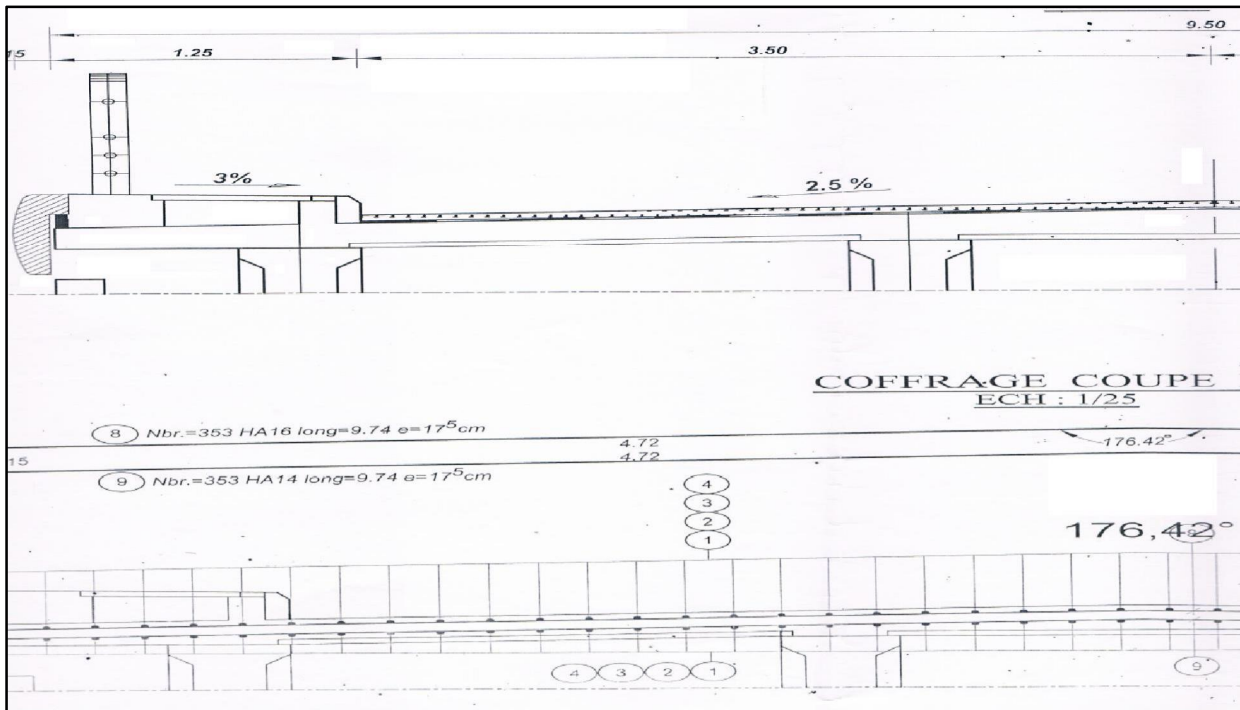
Plan coffrage ferrailage de la poutre



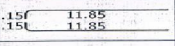
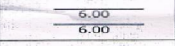
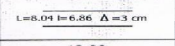
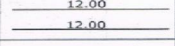
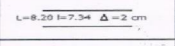
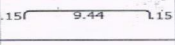
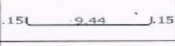
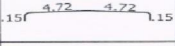
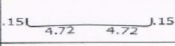
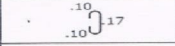
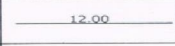

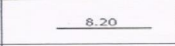

N°	DIA	PROF	LONG	RECAPITULATIF PAR DIAMÈTRES					
				8	8	10	10	14	16
1	10	72	0,68						268,00
2	12	72	1,30				94,00		
3	13	105	1,10				181,00		
4	18	105	1,87				309,00		
5	8	16	0,19	3,00					
6	10	30	7,00			183,00			
7	10	30	8,50			189,00			
8	10	10	0,50						104,00
9	14	14	7,00					89,00	
10	14	34	3,30					118,00	
11	18	08	1,48				101,00		
12	18	08	3,30				824,00		
13	18	34	1,29				68,00		
14	10	80	7,00			141,00			
15	10	84	8,50			158,00			
16	12	4	7,00				28,00		
17	8	50	0,58		29,00				
18	8	10	0,34	3,00					
19	16	10	2,47						26,00
20	10	16	1,38						21,10
21	10	30	0,47			14,00			
22	10	44	0,33			16,00			
Longueur Totale				6,00	29,00	878,00	1095,00	280,00	408,00
Poids Unitaire				0,823	0,396	0,617	0,689	1,368	1,578
Poids Total				2,00	11,00	547,00	898,00	384,00	644,00
Poids Total d'une Poutre = 2228,00 Kg									

Tableau de nomenclature des aciers (poutre)

Coupe B-B



Plan coffrage ferrailage hourdi, trottoirs et dalle

NOMENCLATURE DES ACIERS									
REP	Ø	FAÇONNAGE	LONG	NOMBRE	Esp	LONGUEUR TOTALE			
						Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16
1	HA 12		12.00	48x4=192	20 cm		2304.00		
2	HA 12		6.00	48x2=96	20 cm		576.00		
3	HA 12		7.45	48x2=96	20 cm		715.20		
4	HA 12		12.00	48x14=672	20 cm		8064.00		
5	HA 12		7.77	48x2=96	20 cm		745.92		
6	HA 16		9.74	358	17 ⁵ cm				3486.92
7	HA 14		9.74	358	17 ⁵ cm			3486.92	
8	HA 16		9.74	348	17 ⁵ cm				3389.52
9	HA 14		9.74	348	17 ⁵ cm			3389.52	
10	HA 10		0.37	1140	1/m ²	421.80			
11	HA 10		12.00	108x2=216		2592.00			
12	HA 10		6.00	12x2=24		144.00			
13	HA 10		8.20	12x2=24		196.80			
14	HA 10		8.20	12x2=24		196.80			








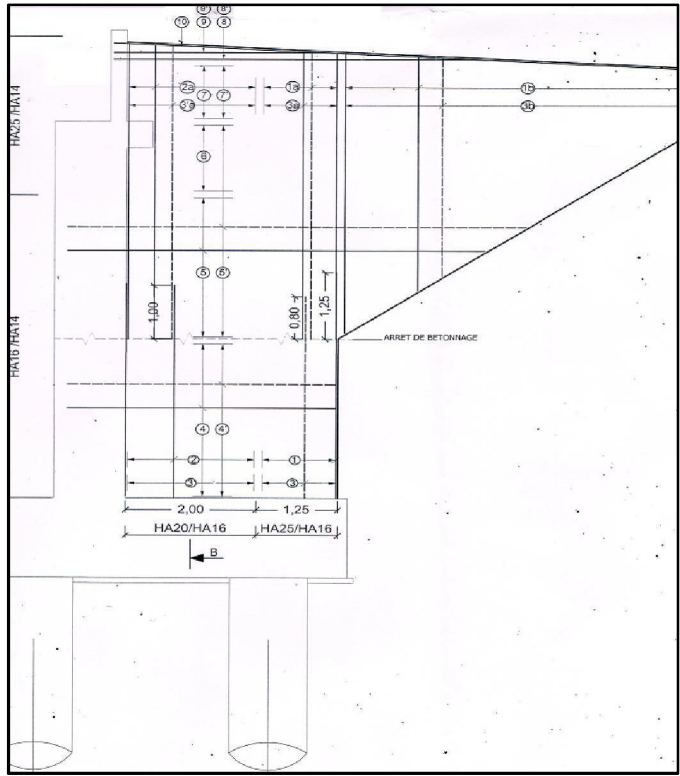
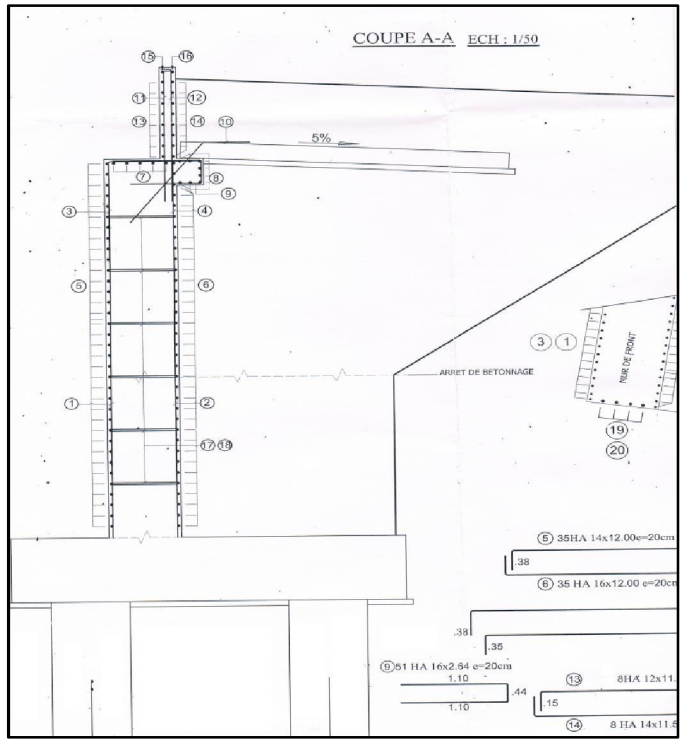
15	HA 10		1.50	617x2=1234	20 cm	1851.00			
16	HA 10		0.80	617x2=1234	20 cm	987.20			
17	HA 10		1.12	617x2=1234	20 cm	1382.08			
18	HA 10		2.00	617x2=1234	20 cm	2468.00			
19	HA 32		2.20	2340					
20	HA 10		.92	5x127x2=1270	14 cm	1168.40			
21	HA 10		.57	8x127x2=2032	14 cm	1158.24			
LONGUEUR TOTALE EN ml/Ø						12566.32	12405.12	6876.44	6876.44
POIDS EN Kg/ml/Ø						0.617	0.888	1.208	1.578
POIDS EN Kg/Ø						7754.00	11016.00	8307.00	10852.00
POIDS TOTAL GENERAL						70429.00 Kg			

Tableau de nomenclature des aciers (hourdi, trottoirs et prédalle)



Plan coffrage ferrailage de culée (mur en retour)



Plan coffrage ferrailage de culée (mur de front)

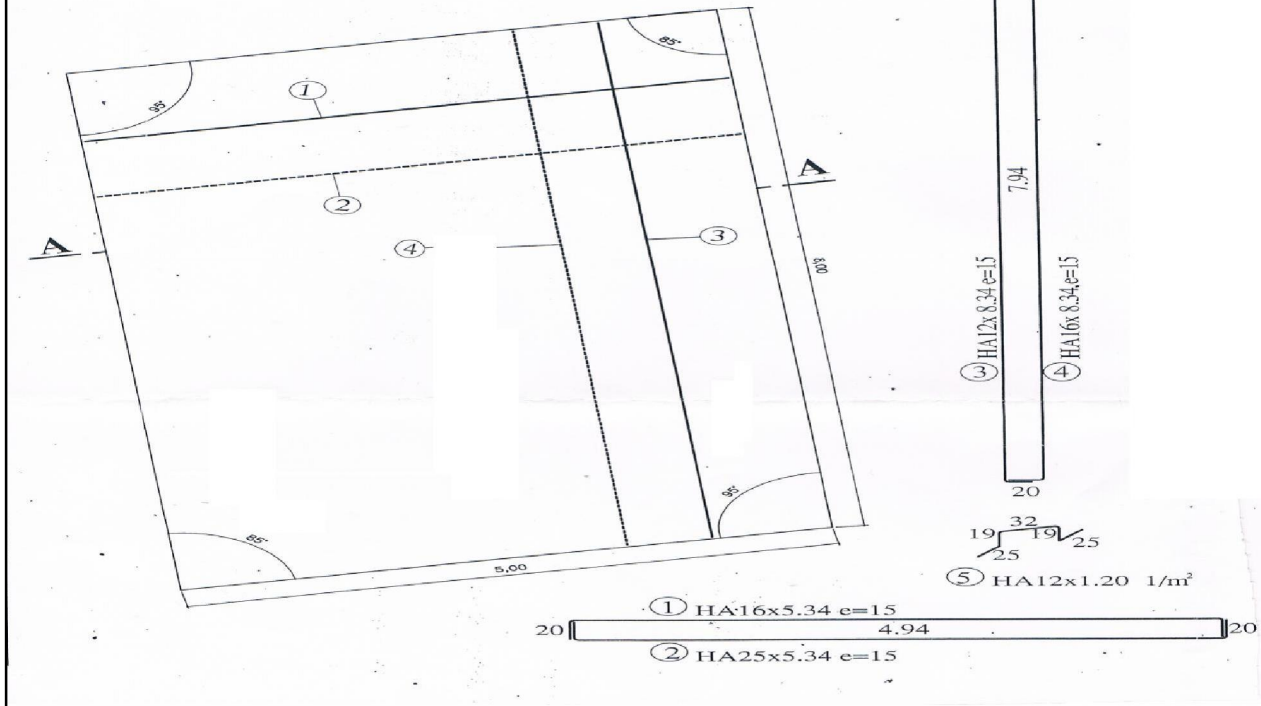
NOMENCLATURE DES ACIERS										
REP	Ø	LONG	NOMBRE	LONGUEUR TOTALE						
				Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16	Ø 20	Ø 25	Ø 32
1	HA 20	4.00	91					364.00		
2	HA 25	4.25	91						386.75	
3	HA 20	5.45	91					495.95		
4	HA 25	4.95	91						450.45	
5	HA 14	12.00	35			420.00				
6	HA 16	12.00	35				420.00			
7	HA 14	12.00	05			60.00				
8	HA 14	10.54	08			84.32				
9	HA 16	2.64	51				134.64			
10	HA 16	2.40	51				122.40			
11	HA 14	Lmoy 2.48	29x2			143.84				
12	HA 16	Lmoy 2.48	29x2				143.84			
13	HA 12	11.54	08		92.32					
14	HA 14	11.54	08			92.32				
15	HA 12	11.52	1		11.52					
16	HA 14	11.52	1			11.52				
17	HA 12	2.03	320		649.60					
18	HA 12	1.23	320		393.60					
19	HA 16	3.80	4x2				30.40			
20	HA 16	4.57	4x2				36.56			
LONGUEUR TOTALE EN ml/Ø				●	1 147.04	812.00	887.84	859.95	837.20	●
POIDS EN Kg/ml/Ø				0.617	0.888	1.208	1.578	2.466	3.853	6.313
POIDS EN Kg/Ø				●	1 018.57	980.89	1 401.11	2 120.63	3 225.73	●
POIDS TOTAL				8 746.93 Kg						

Tableau de nomenclature des aciers (mur de front et mur de retour)

VUE EN PLAN DALLE

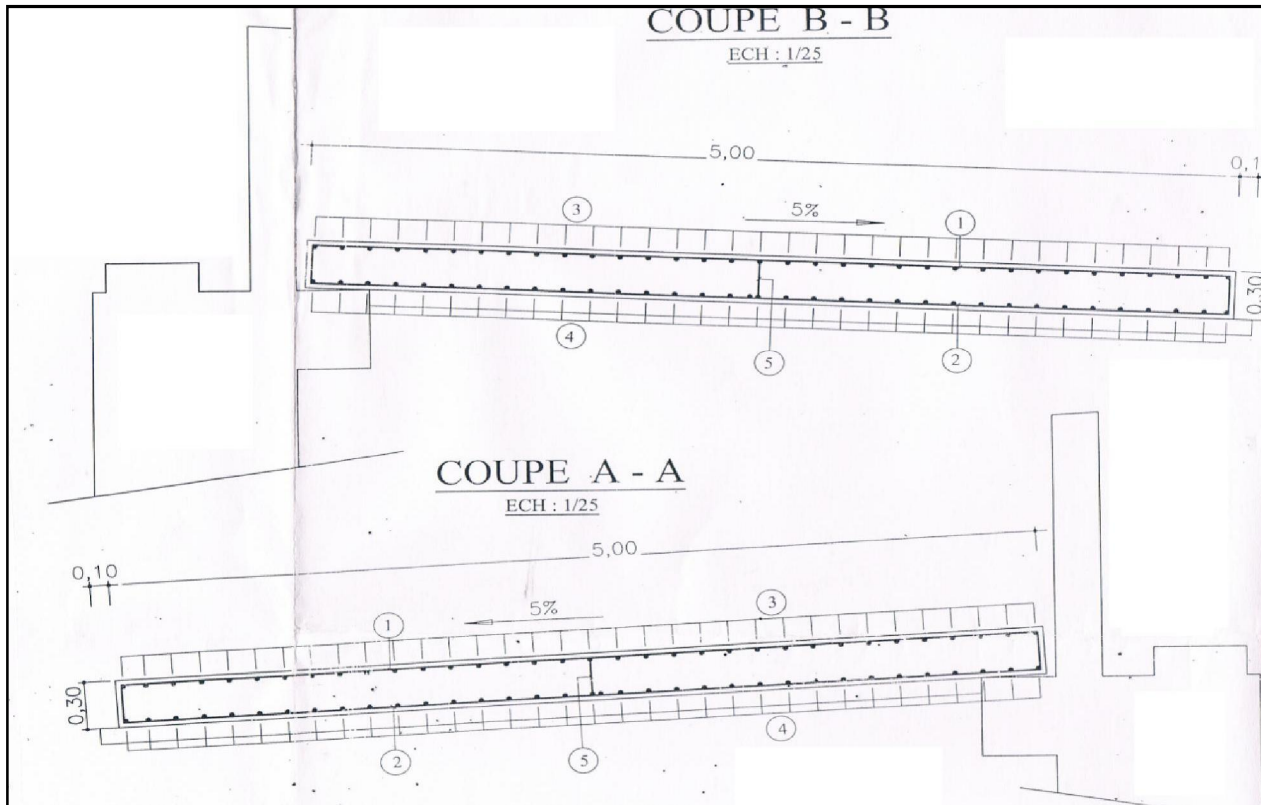
COTE GHAZAOUET

ECH : 1/50



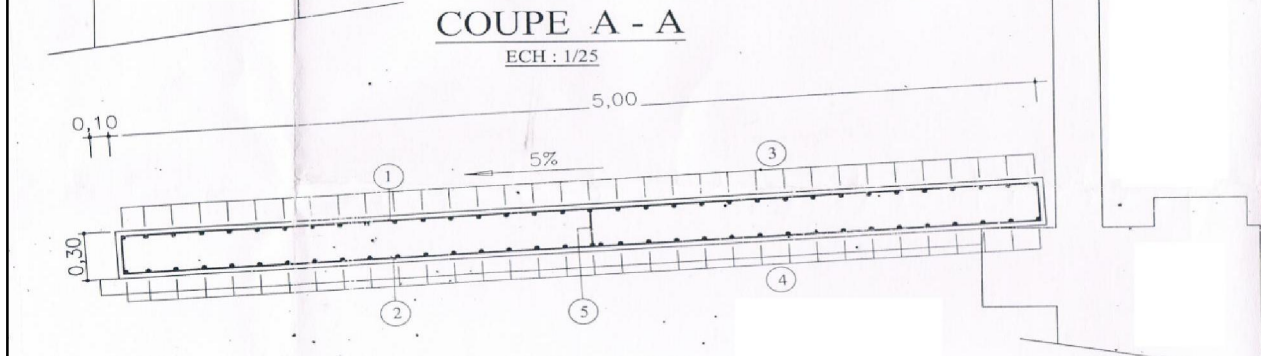
COUPE B - B

ECH : 1/25



COUPE A - A

ECH : 1/25



Plan coffrage ferrailage de la dalle de transition

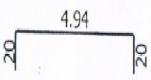
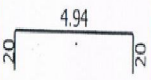
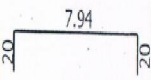
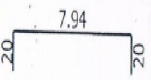
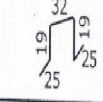
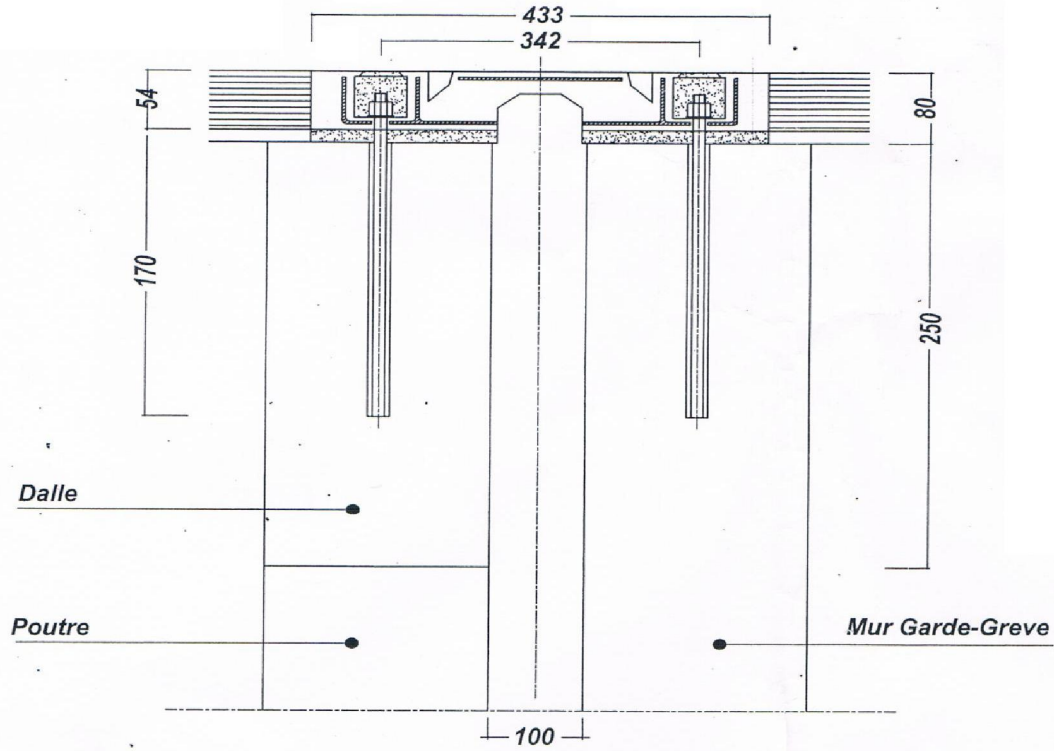
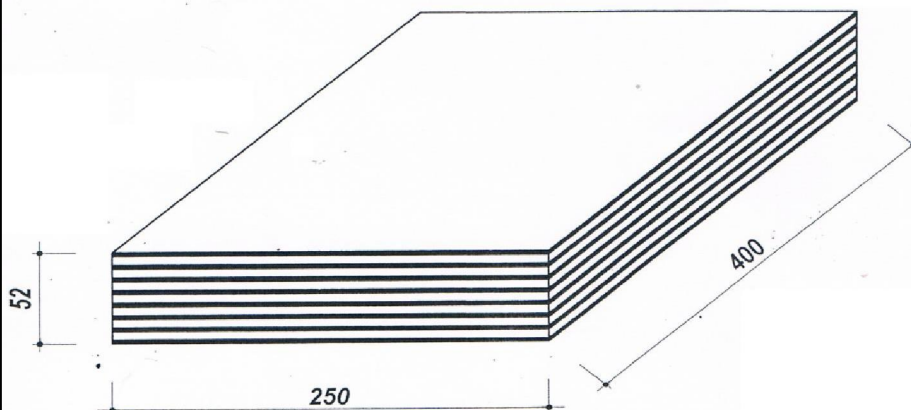
NOMENCLATURE DES ACIERS										
REP	Ø	FAÇONNAGE	LONG	NOMBRE	LONGUEUR TOTALE					
					Ø 10	Ø 12	Ø 14	Ø 16	Ø 20	Ø 25
①	HA16		5.34	55x2				587.40		
②	HA25		5.34	55x2						587.40
③	HA12		8.34	34x 2		567.12				
④	HA16		8.34	34x2				567.12		
⑤	HA12		1.20	40x2		96.00				
LONGUEUR TOTALE EN ml/Ø						663.12		1154.52		587.40
POIDS EN Kg/ml/Ø					0.617	0.888	1.208	1.578	2.466	3.853
POIDS EN Kg/Ø						588.85		1821.83		2263.25
POIDS TOTAL					4 673.93 Kg					

Tableau de nomenclature des aciers (dalle de transition)

DETAIL (D1) DE JOINT
TYPE REJ 80 Parcours Moyen
COTE EN mm



APPAREIL D'APPUI
250x400x52
ECH : 1/5
cotes en mm



Joint de chaussée/garde-corps et appareil d'appuis

Plan coffrage ferrailage de corniche

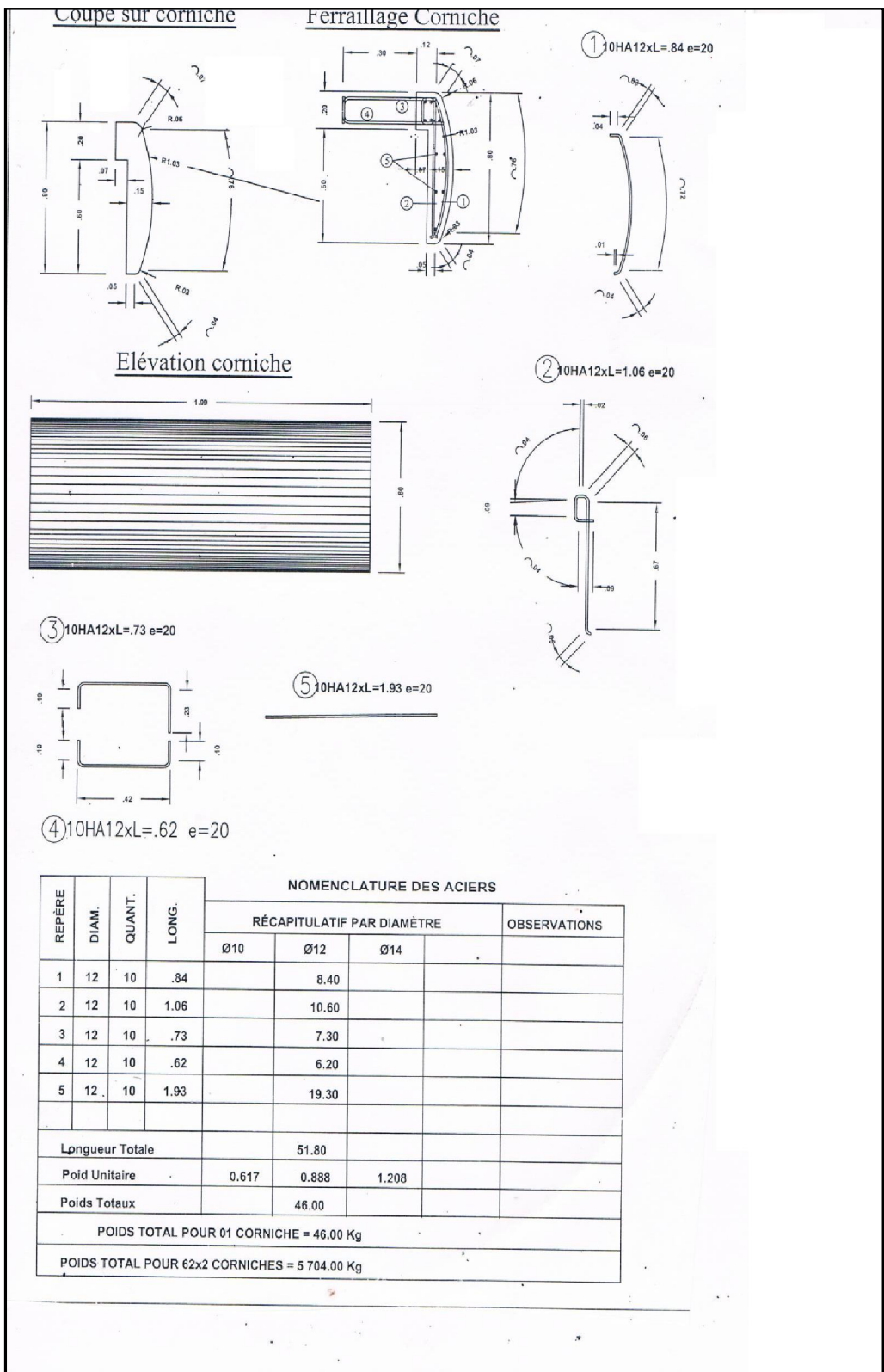


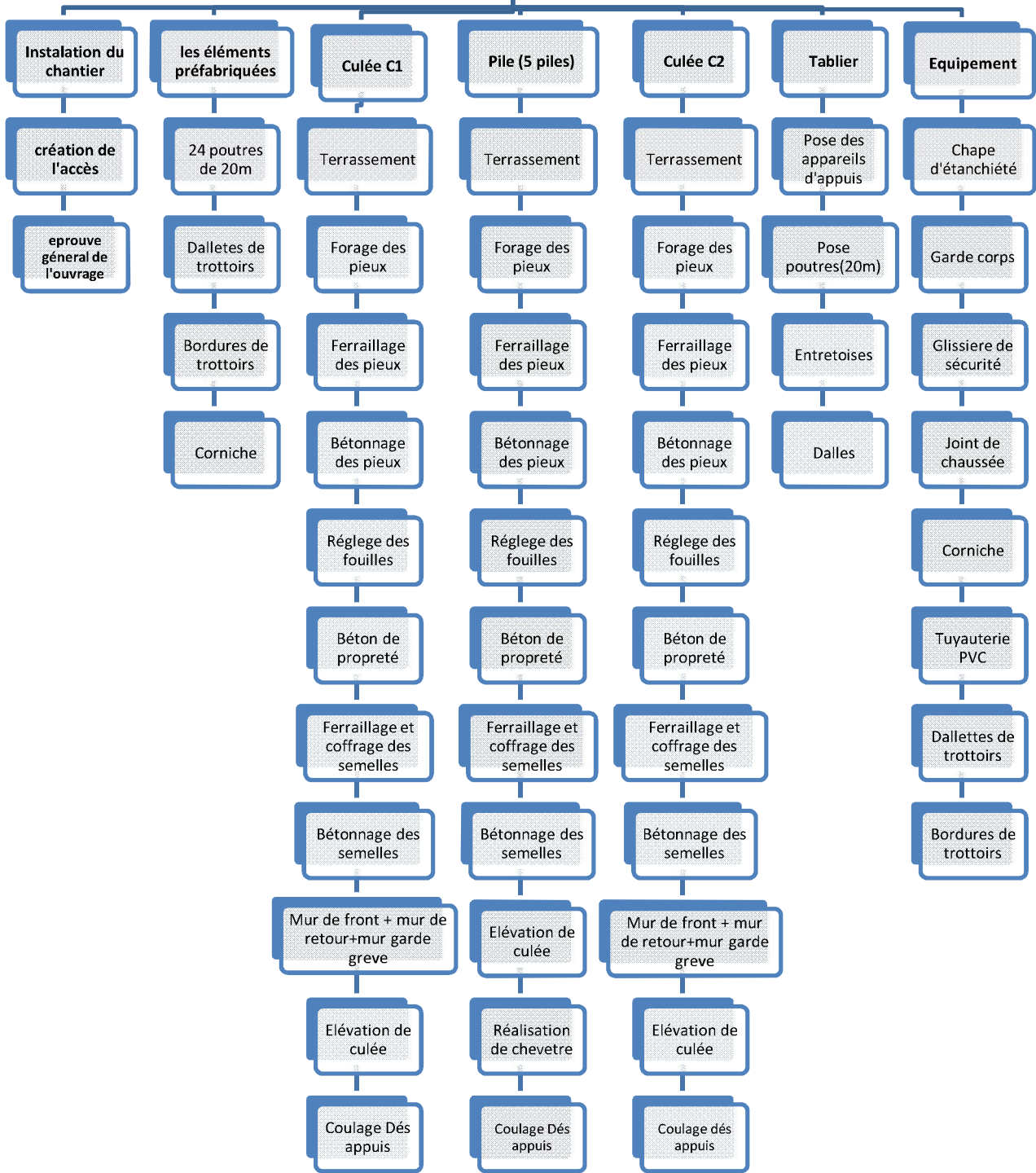
Tableau de nomenclature des aciers (corniche)



Annexe B

WBS

la rocade cotiere GHAZAOUET
- MARSABEN M'HIDI





Annexe C

Ressources	Année		Data		2020		2021		Total	
	2019		Travail		Coût		Travail		Coût	
	Coût	Travail	Coût	Travail	Coût	Travail	Coût	Travail	Total Coût	Total Travail
Non affecté	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mise en place de joints de chaussées										
soudeur 1	134 116,50	175,00	363 264,12	474,00	59 011,26	77,00	630 000,00	1,00	630 000,00	1,00
soudeur 2	85 834,56	112,00	209 221,74	273,00	-	-	-	-	295 056,30	385,00
soudeur 3	289 691,64	378,00	166 304,46	217,00	-	-	-	-	455 996,10	595,00
soudeur 4	180 865,68	236,00	162 472,56	212,00	-	-	-	-	343 338,24	448,00
soudeur 5	116 489,76	152,00	275 130,42	359,00	15 327,60	20,00	406 947,78	20,00	406 947,78	531,00
Acier pour AA socle parasismique										
Oreilles			5 391,04	0,80	-	-	-	-	5 391,04	0,80
Acier pour chevrete			14 757 615,00	9,00	-	-	-	-	14 757 615,00	9,00
Acier pour dalle trottoire			5 428 818,24	0,81	1 297 151,26	0,19	6 725 969,50	0,19	6 725 969,50	1,00
Dallettes										
Acier pour mur en retour	257 550,40	0,43	23 179 536,26	38,57	-	-	-	-	23 437 086,66	39,00
Acier pour mur de front	357 999,35	0,43	32 219 941,63	38,57	-	-	-	-	32 577 940,98	39,00
Acier pour poutre	5 088 240,00	1,00	-	-	-	-	-	-	5 088 240,00	1,00
Avaloirs, acier d=700 mm					216 000,00	1,00	216 000,00	1,00	216 000,00	1,00
Badigeonnage des parties enterrées	266 392,00	7,00	-	-	-	-	-	-	266 392,00	7,00
Béton de propreté dosé à 150 kg/m3	49 000,00	7,00	-	-	-	-	-	-	49 000,00	7,00
Béton RN27 pour semelles, piles et culées, dalle de transition	217 000,00	7,00	1 674 000,00	54,00	-	-	-	-	1 891 000,00	61,00
Béton RN27 pour trottoirs et corniches			31 000,00	1,00	31 000,00	1,00	62 000,00	1,00	62 000,00	2,00
Béton RN35 pour hourdis, entretoises, dès appuis,			210 000,00	6,00	210 000,00	6,00	210 000,00	-	210 000,00	6,00

Béton RN35 pour pieux	231 000,00	7,00	-	-	-	-	231 000,00	7,00
Bulldozer	335 160,00	98,00	-	-	-	-	335 160,00	98,00
Camion 2,5T	5 250 000,00	350,00	2 100 000,00	140,00	1 155 000,00	77,00	8 505 000,00	567,00
Camion 10T 1	1 260 000,00	63,00	3 220 000,00	161,00	2 100 000,00	105,00	6 580 000,00	329,00
Camion 10T 2	1 680 000,00	84,00	3 920 000,00	196,00	560 000,00	28,00	6 160 000,00	308,00
Camion malaxeur 1	315 315,00	273,00	339 570,00	294,00	48 510,00	42,00	703 395,00	609,00
Camion malaxeur 2	299 145,00	259,00	436 590,00	378,00	48 510,00	42,00	784 245,00	679,00
Camion malaxeur 3	121 275,00	105,00	218 295,00	189,00	-	-	339 570,00	294,00
Camion malaxeur 4 chape d'étanchéité	137 445,00	119,00	161 700,00	140,00	-	-	299 145,00	259,00
Chef équipe 1	154 042,20	348,00	282 853,35	639,00	14 385 000,00	1,00	14 385 000,00	1,00
Chef équipe 2	65 069,55	147,00	266 415,02	601,87	12 394,20	28,00	449 289,75	1 015,00
Cisaille	329 561,28	656,00	693 718,36	380,87	37 182,60	84,00	368 667,17	832,87
Codeuse	249 614,56	656,00	525 432,49	380,87	-	-	1 023 279,64	2 036,87
Coffrage corniche			2 995,08	1,00	-	-	2 995,08	1,00
Coffrage des chevretres			7 888,00	10,00	-	-	7 888,00	10,00
Coffrage des semelles	49 694,40	8,00	-	-	-	-	49 694,40	8,00
Coffrage pour dalle			14 109,66	6,00	-	-	14 109,66	6,00
Coffrage trottoir					1 863,20	1,00	1 863,20	1,00
Coffreur 1	165 405,24	546,00	120 873,06	399,00	-	-	286 278,30	945,00
Coffreur 2	165 405,24	546,00	120 873,06	399,00	-	-	286 278,30	945,00
Coffreur 3	72 099,72	238,00	188 731,62	623,00	23 326,38	77,00	284 157,72	938,00

Coffreur 4	72 099,72	238,00	241 746,12	798,00	23 326,38	77,00	337 172,22	1 113,00
Coffreur 5	72 099,72	238,00	241 746,12	798,00	23 326,38	77,00	337 172,22	1 113,00
Coffreur 6	72 099,72	238,00	229 022,64	756,00	36 049,86	119,00	337 172,22	1 113,00
Coffreur 7	48 773,34	161,00	165 405,24	546,00	36 049,86	119,00	250 228,44	826,00
Coffreur 8	48 773,34	161,00	129 355,38	427,00	12 723,48	42,00	190 852,20	630,00
Coffreur 9	31 808,70	105,00	139 958,28	462,00	-	-	171 766,98	567,00
Coffreur 10	31 808,70	105,00	135 717,12	448,00	-	-	167 525,82	553,00
Coffreur 11	46 652,76	154,00	135 717,12	448,00	-	-	182 369,88	602,00
Coffreur 12	46 652,76	154,00	135 717,12	448,00	-	-	182 369,88	602,00
Compacteur	335 160,00	98,00	-	-	-	-	335 160,00	98,00
Compresseur	78 400,00	245,00	188 160,00	588,00	13 440,00	42,00	280 000,00	875,00
Epreuves générales des ouvrages	700 000,00	1,00	-	-	-	-	700 000,00	1,00
Etude d'exécution	2 500 000,00	1,00	-	-	-	-	2 500 000,00	1,00
Ferrailleur 1	139 242,00	460,00	252 754,50	835,00	-	-	391 996,50	1 295,00
Ferrailleur 2	139 242,00	460,00	252 754,50	835,00	-	-	391 996,50	1 295,00
Ferrailleur 3	139 242,00	460,00	252 754,50	835,00	-	-	391 996,50	1 295,00
Ferrailleur 4	139 242,00	460,00	271 783,38	897,87	-	-	411 025,38	1 357,87
Ferrailleur 5	139 242,00	460,00	271 783,38	897,87	-	-	411 025,38	1 357,87
Ferrailleur 6	139 242,00	460,00	271 783,38	897,87	-	-	411 025,38	1 357,87
Ferrailleur 7	135 609,60	448,00	141 966,30	469,00	-	-	277 575,90	917,00
Ferrailleur 8	59 329,20	196,00	146 204,10	483,00	-	-	205 533,30	679,00

Ferrailleur 9	59 329,20	196,00	146 204,10	483,00	-	-	205 533,30	679,00
Ferrailleur 10	59 329,20	196,00	146 204,10	483,00	-	-	205 533,30	679,00
Ferrailleur 11	59 329,20	196,00	146 204,10	483,00	-	-	205 533,30	679,00
Ferrailleur 12	59 329,20	196,00	146 204,10	483,00	-	-	205 533,30	679,00
Ferrailleur 13	59 329,20	196,00	146 204,10	483,00	-	-	205 533,30	679,00
Ferrailleur 14	59 329,20	196,00	146 204,10	483,00	-	-	205 533,30	679,00
feutre bitumineux					95 042,24	1,00	95 042,24	1,00
Foreuse	3 087 000,00	147,00	-	-	-	-	3 087 000,00	147,00
Gaines PVC d=100mm					131 655,00	1,00	131 655,00	1,00
Groupe électrogène	588 000,00	735,00	890 400,00	113,00	77,00		1 540 000,00	1 925,00
Grue 80T 1	5 880 000,00	84,00	36 740 466,93	524,87	77,00		48 010 466,93	685,87
Grue 80T 2	7 840 000,00	112,00	15 190 000,00	217,00	-	-	23 030 000,00	329,00
Installation de chantier	4 000 000,00	1,00	-	-	-	-	4 000 000,00	1,00
Manceuvre 1	68 835,08	628,00	134 491,47	227,00	-	-	203 326,55	1 855,00
Manceuvre 2	68 835,08	628,00	137 545,62	254,87	-	-	206 380,70	1 882,87
Manceuvre 3	80 344,13	733,00	122 200,22	114,87	28,00		205 613,43	1 875,87
Manceuvre 4	80 344,13	733,00	149 054,67	359,87	28,00		232 467,88	2 120,87
Manceuvre 5	52 941,63	483,00	72 890,65	665,00	28,00		128 901,36	1 176,00
Manceuvre 6	52 941,63	483,00	79 028,81	721,00	147,00		148 083,11	1 351,00
Manceuvre 7	49 872,55	455,00	79 028,81	721,00	147,00		145 014,03	1 323,00
Manceuvre 8	51 407,09	469,00	84 399,70	770,00	105,00		147 315,84	1 344,00
Manceuvre 9	79 796,08	728,00	69 821,57	637,00	77,00		158 057,62	1 442,00

Manœuvre 10	78 261,54	714,00	64 450,68	588,00	8 439,97	77,00	151 152,19	1 379,00
Manœuvre 11	39 898,04	364,00	74 425,19	679,00	8 439,97	77,00	122 763,20	1 120,00
Manœuvre 12	39 898,04	364,00	56 777,98	518,00	8 439,97	77,00	105 115,99	959,00
marteau piqueur 1	42 336,00	392,00	-	-	-	-	42 336,00	392,00
marteau piqueur 2	42 336,00	392,00	-	-	-	-	42 336,00	392,00
Mise en place de glissière de sécurité					567 000,00	1,00	567 000,00	1,00
Mise en place de joints de trottoirs					120 000,00	1,00	120 000,00	1,00
Pompe à béton 1	6 279 053,90	203,00	8 660 764,00	280,00	1 299 114,60	42,00	16 238 932,50	525,00
Pompe à béton 2	433 038,20	14,00	8 660 764,00	280,00	-	-	9 093 802,20	294,00
pose de garde-corps					3 690 000,00	1,00	3 690 000,00	1,00
Poste à soudure 1	61 950,00	413,00	143 829,57	958,87	11 550,00	77,00	217 329,57	1 448,87
Poste à soudure 2	29 400,00	196,00	25 200,00	168,00	-	-	54 600,00	364,00
Poste à soudure 3	22 800,00	152,00	27 600,00	184,00	-	-	50 400,00	336,00
Rétrochargeur neuf	3 519 180,00	147,00	-	-	-	-	3 519 180,00	147,00
Transporteur de poutre			301 350,00	42,00	-	-	301 350,00	42,00
Véhicule ambulance			588 000,00	672,00	67 375,00	77,00	655 375,00	749,00
Véhicule utilitaire 1			116 375,00	133,00	-	-	116 375,00	133,00
Véhicule utilitaire 2			177 625,00	203,00	-	-	177 625,00	203,00
Vibreux					63 840,00	42,00	63 840,00	42,00
Total général	55 962 575,96	827,86	168 430 783,80	421,28	32 349 070,81	249,19	256 742 430,58	62 498,33