

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE 20 AOUT 1955 - SKIKDA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Travaux Publics

Option : Voie et Ouvrages D'art

THEME

**ETUDE DE L'EVITEMENT DE LA COMMUNE DE KARKRA
SUR UN LINEAIRE TOTAL DE 1.6 KM**

Présenté par : Lahreche Marouane

Devant le jury composé

Djennant Mandjel	MCA	Université de skikda	Président
Filali Kamel	MCA	Université de skikda	Encadreur
Messast Salah	Professeur	Université de skikda	Examineur

Promotion : 2023 / 2024

REMERCIEMENTS

Je veux remercier avant tout le dieu de m'avoir gardé en bonne santé afin de mener à bien ce projet de fin d'étude.

J'exprime toute ma profonde reconnaissance et gratitude à mon encadreur Mr Filali , pour tous les efforts et patience qu'ils ont fourni pour me faciliter et aider à accomplir ce travail.

Je remercie les membres de jury de me faire l'honneur de juger mon modeste travail

Je tiens à remercier aussi tous ceux qui ont contribué de près ou de loin dans l'élaboration de mon mémoire.

Dédicace

Tout d'abord je tiens à remercier le dieu Puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce travail.

Je dédie ce travail :

A mon chère famille, qui m'a toujours encouragé dans mes études et m'a donné le courage de poursuivre mes objectifs spécialement ma très chère mère.

À mon professeur Mr Filali, qui m'a guidé et soutenu tout au long de ma formation.

À mes amis, qui ont partagé avec moi les moments de joie et de difficultés de l'université.

Sommaire

INTRODUCTION

Chapitre I : PRESENTATION DU PROJET

I.1 INTRODUCTION	01
I.2 Présentation du projet	02
I.3 Photographie sur le projet.....	03
I.4 Cadre de projet.....	06
I.5 Objectif de projet.....	06

Chapitre II : ETUDE DE TRAFIC

II.1 INTRODUCTION.	07
II.2 Analyse du trafic	07
II.3 Différents types de trafics.....	07
II.4 Modèles de présentation de trafic	08
II.5 Calcul de la capacité.....	09
II.6 Application au projet	12
II.7 Conclusion	14

Chapitre III : Trace en plan

III.1 Définition.	15
III.2 Règles à respecter dans le tracé en plan.....	15
III.3 Les éléments du tracé en plan	16
III.4 Les conditions de raccordement	22
III.5 Combinaisons des éléments de trace en plan	23
III.6 Vitesse de référence	25
III.7 Paramètres Fondamentaux	25

III.8 Calcul d'axe	25
--------------------------	----

Chapitre III : Profil en long

IV.1 Définition.	29
IV.2 Règles à respecter dans le tracé du profil en long	29
IV.3 Les éléments de composition du profil en long	30
IV.4 Coordination du tracé en Plan et Du profil en long	30
IV.5 Déclivités	30
IV.6 Raccordements en profil en	31
IV.7 Caractéristiques Des Rayons Du Profil En Long	34
IV.8 Détermination pratiques du profil en long	34

Chapitre III : Profil en travers

V.1 Définition.	38
V.2 Classification du profil en travers	38
V.3 Les éléments de composition du profil en travers	39
V.4 Application au projet	40

Chapitre VI : Dimensionnement Du Corps De Chaussée

VI.1 Introduction.	41
VI.2 Principe de la constitution des chaussées	41
VI.3 La chaussée	41
VI.4 Les Facteurs Pour Les Etudes De Dimensionnement	45
VI.5 Les méthodes de dimensionnement	46
VI.6 Application au Projet	53
VI.7 Conclusion	57

Chapitre VII : Cubatures

VII.1 Introduction.	58
VII.2 Définition	58
VII.3 Méthode De Calcul Des Cubatures.....	58
VII.4 Calcul De Cubature De terrassement	61

Chapitre VIII : Assainissement

VIII.1 Introduction.	62
VIII.2 Types de dégradation	62
VIII.3 Objectif de l'assainissement	62
VIII.4 Assainissement de la chaussée	63
VIII.5 Réseau D'assainissement	63
VIII.6 Définition Des Termes Hydrauliques	65
VIII.7 Dimensionnement De Réseau D'assainissement	68
VIII.8 Application Au Projet	70

Chapitre IX : Etude du carrefour

IX.1 Introduction.	72
IX.2 Apprentissage de données pour l'aménagement d'un carrefour	72
IX.3 Choix De l'aménagement d'un carrefour	72
IX.4 Type des carrefours	73
IX.5 Les Règles D'aménagement D'un Carrefour	74
IX.6 Fonctionnement du carrefour giratoire	75
IX.7 Type d'aménagement du carrefour giratoire	75
IX.8. Caractéristiques géométriques des carrefours giratoires	76
IX.9 Application Au Projet	78

IX.10. Conclusion	79
--------------------------------	-----------

Chapitre X : Signalisation

X.1 Introduction.	80
X.2 L'objectif de la signalisation routière	80
X.3 Les critères de conception de la signalisation	80
X.4 Types de signalisation	81
X.5 Application au projet	84

Chapitre XI : Impact sur l'environnement

XI.1 Introduction.	88
XI.2 Les Impacts sur l'environnement	88
XI.3 Conclusion	89

Chapitre XII : Devis quantitatif et estimatif

Devis quantitatif et estimatif	90
---	-----------

CONCLUSION GENERALE	92
----------------------------------	-----------

BIBLIOGRAPHIE	93
----------------------------	-----------

ANNEXES	95
----------------------	-----------

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1. Valeurs du coefficient d'équivalence « p »	10
Tableau N°2. Valeurs du coeff "K1" en fonction de l'environnement	11
Tableau N°2. Valeurs du coeff "K2" en fonction de l'environnement	11
Tableau N°4. Valeurs de la capacité théorique" Cth"	12
Tableau N°5. Récapitulatif des résultats	14
Tableau N°6. Rayons du tracé en plan	19
Tableau N°7. Valeur de la déclivité maximale	31
Tableau N°8. Normes Pratique Des Rayons Du Profil En Long	34
Tableau N°9. Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau	48
Tableau N°10. La classe du trafic poids lourd	49
Tableau N°11. Classement de sole en fonction de l'indice de CBR	51
Tableau N°12. Tableau exprimé les classe de sol en fonction de la déflexion	52
Tableau N°13. Epaisseur de couche de fondation en fonction de la portance du sol	52
Tableau N°14. Les zones climatiques de l'Algérie	52
Tableau N°15. Données d'entrée au calcul par Allizi III	55
Tableau N°16. Sur Classement Avec Couche De Forme En Matériau Non Traité	56
Tableau N°17. Coefficient de ruissellement	67
Tableau N°18. Variation de Gauss	69
Tableau N°19. Récapitulatif des ouvrages d'assainissement	71
Tableau N°20. Paramètres des giratoires	76
Tableau N°21. Paramètres de construction des ilots séparateurs pour Rg	77
Tableau N°22. Caractéristiques des lignes discontinues	82

LISTE DES FIGURES

Figure.1 Situation de la Wilaya de Skikda	01
Figure.2 limitrophe de la Wilaya de Skikda	02
Figure.3 Les limites du tronçon	02
Figure.4 Zone de début de projet (intersection avec la RN85)	03
Figure.5 Oued Guebli à traverser.....	03
Figure.6 Arbres fruitiers existants	03
Figure.7 Piste existante	04
Figure.8 construction existante	04
Figure.9 fossé existant	04
Figure.10 Piste existante à suivre à partir du PR 65	05
Figure.11 Pont existant à la fin de projet	05
Figure.12 Zone de fin de projet	05
Figure.13 Schéma des éléments du tracé en plan	16
Figure.14 Les éléments de La Clothilde	21
Figure.15 courbe en C	23
Figure.16 courbe à sommet	24
Figure.17 : courbe en S	24
Figure.18 courbe ove	24
Figure.19 profil en long	29
Figure.20 différents types de profil	38
Figure.21 élément constatifs du profil en travers normal	40
Figure.22 schéma récapitulatif	42
Figure.23 Différentes Couches Constituant La Structure De La Chaussée	44
Figure.24 structure type d'une chaussée semi-rigide	44
Figure.25 structure type d'une chaussée rigide	45
Figure.26 Les niveaux de réseau principal	51
Figure.27 Calcul Des Cubatures De Terrassement	59
Figure.28 Méthode de Gulden	60

Figure.29 Réseau d'assainissement routier	65
Figure.30 Carrefour à trois branches	71
Figure.31 Carrefour à quatre branches	71
Figure.32 les éléments d'un carrefour giratoire	77
Figure.33 : la géométrie d'un ilot séparateur	78
Figure.34 Carrefour Giratoire de notre projet	79
Figure.35 Carrefour en T de notre projet	79
Figure.36 : Type de modulation	82
Figure.37 Flèches de Signalisation	83
Figure.38 schéma de nos signalisations horizontales	86
Figure.39 Flèche de sélection	88
Figure.40 Flèche de sélection	88

RESUME

Le réseau de la voirie de la ville de Karkera ne possède qu'une seule voie de dégagement à partir de l'entrée de la ville et atteint un degré de saturation très avancé qui s'accroît d'avantage en période estivale.

L'objet d'étude consiste en l'aménagement de l'évitement de la commune de Karkera sur un site à topographie difficile, l'axe prend naissance à l'intersection avec la RN85 à l'entrée sud-est de la ville (vers Tamalous) et prend fin à l'intersection avec la même route à la sortie nord-ouest (vers Collo).

Au stade d'APS, des variantes ont été étudiées et comparées entre elles. Les résultats de l'évaluation multicritère ont confirmé le choix sur cette variante. La variante retenue a fait donc l'objet d'une étude détaillée sur la base d'un levé topographique détaillé du couloir, des calculs hydrologiques, des relevés de contraintes sur le site et la nature des terrains traversés.

Mots clés : Evitement ; Topographie; variante ; l'intersection ; aménagement de l'évitement.

Introduction

Introduction

Les infrastructures de transport sont l'ensemble des installations fixes ou dynamiques qu'il est nécessaire d'aménager pour permettre la bonne circulation des différents modes de transports dans des systèmes de transport terrestres, aériens ou maritimes.

Les routes spécifiquement ont un effet positif sur la croissance économique et le développement sociétal. La construction de routes pour soutenir le commerce et la communication entre les personnes et les pays a augmenté le niveau de vie et l'activité économique et a été un moteur pour la paix et la prospérité.

Actuellement, l'évolution de la demande de transport générée par le développement de l'extension du tissu urbain et le développement économique dans la wilaya de skikda, a conduit à la nécessité de concevoir des nouvelles routes, c'est dans ce contexte que sera réalisée une route entre la commune de Karkera et collo.

A la demande de la Direction des travaux publics de la Wilaya de Skikda, la société d'études GEOCONSEIL Engineering est intervenue pour l'étude APD de l'évitement de la ville de Karkara sur un linéaire total de 1.5 km.

Au stade d'APS, des variantes ont été étudiées et comparées entre elles. Les résultats de l'évaluation multicritère ont confirmé le choix sur cette variante.

Cette nouvelle infrastructure devra permettre en premier lieu de canaliser le trafic transitant par le RN85 à l'entrée sud-est de la ville (vers Tamalous) et prend fin l'intersection avec la même route à la sortie nord-ouest (vers Collo).

Les infrastructures de transport, notamment les routes, jouent un rôle essentiel dans la croissance économique et le développement sociétal. Dans le contexte de la wilaya de Skikda, l'extension urbaine et le développement économique ont créé une demande de transport supplémentaire, nécessitant la conception de nouvelles routes. La société GEOCONSEIL Engineering a été chargée d'étudier l'évitement de la ville de Karkara, avec une route de 1,5 km. La variante retenue devra permettre de canaliser le trafic transitant par le RN85 à l'entrée et à la sortie de la ville, en améliorant la sécurité et la circulation.

Chapitre I

Présentation de Projet

Présentation de Projet

I.1 Introduction :

La Wilaya de Skikda est une wilaya algérienne située au nord-est de l'Algérie, dans le Nord-Constantinois sur sa façade maritime.

Le territoire de la Wilaya de Skikda est limité au nord par l'Atlas Tallien (djebel el Kantour, 748m) à l'ouest par le massif de Collo (800m), et à l'est par le djebel El-Alia (422m) et le massif d'El-Ghedir (726m) jailli sur le bassin d'Annaba.



Figure.1 : Situation de la Wilaya de Skikda

I.1.1. Réseau routier :

- Routes nationales (331 km)
- Chemin de wilaya (578 km)
- Chemin communaux et pistes (1668 km)

I.1.2. Infrastructure portuaire :

Le port de Skikda est un port de commerce situé à Skikda, et qui comprend deux ports, l'ancien port du mouvement des marchandises qui occupe une superficie de 35 hectares et atteint quatre millions et 500 000 tonnes par an, et le nouveau port pour les matériaux pétroliers. Le nouveau port sur le niveau national et après le port d'Arzew, en plus du port sec.

I.1.3. Limites géographiques : La wilaya de Skikda est limitée :



Figure.2 : limitrophe de la Wilaya de Skikda

I.2 Présentation du projet :

Le projet objet d'étude consiste en l'aménagement de l'évitement de la commune de Karkara sur un site à topographie difficile, l'axe prend naissance l'intersection avec la RN85 à l'entrée sud-est de la ville (vers Tamalous) et prend fin l'intersection avec la même route à la sortie nord-ouest (vers Collo) Cet axe sera projeté en essayant d'avoir une géométrie normalisée pour une vitesse de référence de 40 km/h.



Figure.3 Les limites du tronçon.

I.3 Photographie sur le projet :



Figure.4 : Zone de début de projet (intersection avec la RN85)



Figure.5 : Oued Guebli à traverser



Figure.6 : Arbres fruitiers existants



Figure.7 : Piste existante



Figure.8 : construction existante



Figure.9 : fossé existant



Figure.10 : Piste existante à suivre à partir du PR 65



Figure.11 : Pont existant à la fin de projet



Figure.12 : Zone de fin de projet

I.4 Cadre de projet :

L'évitement de la commune de Karkara a été créé dans le cadre de dévier une partie du trafic (surtout le poids lourds), l'axe prend naissance l'intersection avec la RN85 à l'entrée sud-est de la ville (vers Tamalous) et prend fin l'intersection avec la même route à la sortie nord-ouest (vers Collo) afin de soulager cette dernière en diminuant le trafic actuel.

I.5 Objectif de projet :

- Ce projet est pour objectif de la liaison entre la commune de Karkara vers Collo.
- Facilité de la fluidité du trafic.
- Diminuer le taux d'accidents.
- Création d'un nouveau lien routier.
- Améliorer les conditions de circulations.
- Renforcement du réseau local et enrichissement du réseau national.
- Augmenter le gain de temps pour les usagers.
- Economique.

Chapitre II

ETUDE DE TRAFIC

Etude de trafic

II.1 Introduction :

Une étude de trafic est une étape essentielle dans toute considération de projet routier. Cette étude permettra de déterminer le niveau de dangerosité et d'agressivité de la circulation ainsi que le type d'aménagement qui sera mis en place. Le trafic journalier annuel moyen (ADT) est essentiel pour déterminer les différentes caractéristiques du tronçon de route (nombre de voies, type d'intersections ainsi que dimensions de la route).

L'étude de trafic portera sur la connaissance des flux de transit :

- Traversée, lorsqu'il s'agit d'évaluer les risques de déviation d'agglomération en fonction de la nature des flux, pour déterminer les points d'échange
- Niveau de trafic et évolution des investissements du programme dans le temps
- Des mouvements directionnels qui permettent de déterminer les caractéristiques des échanges.
- Le niveau de circulation des poids lourds détermine directement les dimensions de l'ouvrage routier.

II.2 Analyse du trafic :

Afin de déterminer en un point et en un instant donné le volume et la nature du trafic,

Il est nécessaire de procéder à un comptage qui nécessite une logistique et une organisation appropriée.

Pour obtenir du trafic, nous pouvons utiliser différents processus qui sont :

- La statistique générale.
- Le comptage sur route (manuel et automatique).
- Une enquête de circulation (origine, destination).

II.3 Différents types de trafics :

- **Trafic normal :**

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en compte le nouveau projet.

- **Trafic induit :**

C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.

- **Trafic dévié :**

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. En d'autres termes la déviation de trafic n'est qu'un transfert entre les différentes routes qui atteignent le même point.

- **Trafics total :**

C'est le trafic total sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic Dévie.

II.4 Modèles de présentation de trafic :

Dans l'étude des projections des trafics, la première opération consiste à définir un certain nombre de flux de trafic qui constitue des ensembles homogènes, en matière d'évolution ou d'affectation.

Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont :

- Prolongation de l'évolution passée.
- Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.
- Modèle gravitaire.
- Modèle de facteur de croissance

II.4.1 Prolongation de l'évolution passée :

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé. On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic T_n à l'année n sera :

$$T_n = T_0 (1 + \tau)^n$$

Ou : T_0 : est le trafic à l'année de base.

T_n : le trafic à l'année horizon

τ : est le taux de croissance.

II.4.2 Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques :

La corrélation est traduite par le rapport linéaire statistique entre les paramètres socio-économiques et le trafic qui en découle il s'agit bien de faire sortir un tableau de contingence entre la mesure des paramètres économiques et le trafic observés :

- Produit nationale brute (PNB)
- Produits des carburants, d'autre part,

Cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, ce qui sort du cadre de notre étude.

II.4.3 Modèle gravitaire :

Il est nécessaire pour la résolution des problèmes concernant les trafics actuels au futur proche, mais il se prêt mal à la projection.

II.4.4 Modèle de facteurs de croissance :

Ce type de modèle nous permet de projeter une matrice origine-destination. La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants :

- Le taux de motorisation des véhicules légers et utilisation.
- Le nombre d'emploi.
- La population de la zone.

Cette méthode nécessite des statistiques précises et une recherche approfondie de la zone à étudier

Remarque :

Pour notre cas, nous utilisons la première méthode, c'est à dire la méthode « prolongation de l'évolution passée » vu sa simplicité et parce qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.

II.5 Calcul de la capacité :

II.5.1 Définition de la capacité :

La capacité est le nombre de véhicule qui peuvent raisonnablement passer sur une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propre durant une période bien déterminer, la capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

II.5.2 Détermination Du Nombre De Voies :

Le choix de nombre de voies résulte de la comparaison entre l'offre et la demande, c'est à dire, le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'exploitation.

Pour cela il est donc nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la vingtième année d'exploitation.

➤ **Calcul De Trafic Moyen Journalier (TJMA) Horizon :**

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est :

$$TJMA_h = TJMA_0 (1 + \tau)^n$$

TEL QUE :

TJMA_n : trafic journalier moyen à l'année n.

TJMA₀ : trafic journalier moyen à l'année 0.

τ : taux d'accroissement annuel.

n : nombre d'années à partir de l'année d'origine.

➤ **Calcul des trafics effectifs :**

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de : Type de route et de l'environnement Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P).

Le trafic effectif donné par la relation :

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + PZ] \cdot T_n$$

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P/j)

Z : pourcentage de poids lourds (%).

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route et de l'environnement comme indiquant le tableau ci-dessous.

<i>Environnement</i>	<i>E1</i>	<i>E2</i>	<i>E3</i>
<i>Route à bonne caractéristique</i>	2 - 3	4 - 6	8 - 12
<i>Route étroite, ou à visibilité réduite</i>	3 - 6	6 - 12	16 - 24

Tableau N°1: valeurs du coefficient d'équivalence "p"

➤ **Débit De Pointe Horaire Normal :**

Le débit de point horaire normal est une traction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule :

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) T_{\text{eff}}$$

$\left(\frac{1}{n}\right)$: Coefficient de pointe prise égale 0.12.

Q : est exprimé en UVP/h.

➤ **Débit Horaire Admissible :**

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule :

$$Q_{adm} \text{ (uvp/h)} = K1.K2. Cth$$

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

Cth² : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Avec :

Valeurs de K1 :

Les valeurs de K1 sont inscrites dans le tableau.

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
K ₁	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau N°2: valeurs du coeff "K1" en fonction de l'environnement

Valeurs de K2 :

Les valeurs de K2 sont inscrites dans le tableau.

Environnement	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
E ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E ₂	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E ₃	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau N°3 : valeurs du coeff "K2" en fonction de l'environnement

Valeurs de Cth :

Les valeurs de la Capacité théorique du profil en travers en régime stable sont données dans le tableau ci-dessous

	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3,5 m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3,5 m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/h

Tableau N°4 : valeurs de la capacité théorique" Cth"

➤ **Calcul Du Nombre De Voies :**

***Cas d'une chaussée bidirectionnelle :**

On compare Q à Q_{adm} et en prend le profil permettant d'avoir : $Q_{adm} \geq Q$

***Cas d'une chaussée unidirectionnelle :**

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche 'N' avec :

$$N = S \cdot \frac{Q}{Q_{adm}}$$

OU :

S : coefficient dissymétrie en général = 2/3

Q_{adm} : débit admissible par voie.

II.6 Application au projet :

Selon les résultats des comptages et de prévisions, effectués par le service

- Le trafic de l'année TJMA2010 = 1350 (v/j).
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau=4\%$.
- La vitesse de bas sur le tracé VB = 40 km/h.
- Le pourcentage de poids lourd Z = 29%.
- L'année de mise en service : 2016
- La durée de vie de projet : 20 ans.
- Pourcentage de poids lourds : Z =29%
- Catégorie C1.
- L'environnement E3

II.6.1 Projection future de trafic :

$$TJMA_h = TJMA_0 (1 + \tau)^n$$

L'année de mise en service (2016) :

$$TJMA_{2016} = 1350 (1 + 0.04)^6 = 1708 \text{ (v/j)}$$

$$TJMA_{2016} = 1708 \text{ (v/j)}$$

Trafic à l'année (2036) pour une durée de vie de 20 ans :

$$TJMA_{2036} = 1708 (1 + 0.04)^{20} = 3742 \text{ (v/j)}$$

$$TJMA_{2036} = 3742 \text{ (v/j)}$$

II.6.2 Calcul du trafic effectif :

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + P \cdot Z] TJMA_h$$

P : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourd pour une route à deux voies et un environnement E3 on a P=8.

Z : le pourcentage de poids lourds est égal à 29 %.

$$T_{\text{eff}} = [(1 - 0,29) + (8 \times 0,29)] 3742 = 11338 \text{ uvp/j}$$

$$T_{\text{eff}} = 11338 \text{ uvp/j}$$

II.6.3 Débit De Pointe Horaire Normal :

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) T_{\text{eff}}$$

$$(1/n) = 0.12$$

$$Q = 0.12 \times 11338 = 1361 \text{ uvp/j}$$

$$Q = 1361 \text{ uvp/j}$$

II.6.4 Calcul du débit horaire admissible :

$$Q_{\text{adm}} = K1 \cdot K2 \cdot C_{th}$$

K1 : coefficient correcteur pris égale à 0.90 pour E3.

K2 : coefficient correcteur pris égale à 0.91 pour E3.

C_{th} : capacité théorique pris égale à 1700 uvp/h pour route à 2 voies de 3,5 m

$$Q_{\text{adm}} = 0,90 \times 0,91 \times 1700 = 1392 \text{ v/j}$$

$$Q_{\text{adm}} = 1392 \text{ v/j}$$

II.6.5 Le nombre des voies :

$$N = S \times \frac{Q}{Q_{\text{adm}}}$$

$$\text{Avec : } S = \frac{2}{3}$$

$$N = \frac{2}{3} \times \frac{1361}{1392} = 0.65 = 1$$

$$N = 1 \text{ voies / sens}$$

• Les résultats des calculs sont récapitulés dans le tableau suivant :

TJMA ₂₀₁₀ (v/j)	TJMA ₂₀₁₆ (v/j)	TJMA ₂₀₃₆ (v/j)	T _{eff} (uvp/j)	Q (uvp/j)	N
1350	1708	3742	11338	1361	1

Tableau N°5 : Récapitulatif des résultats

II.6.6 Calcul de l'année de saturation :

On a :

$$T_{\text{eff}2016} = [(1 - 0,29) + (8 \times 0,29)] \cdot 1708 = 5175 \text{ (uvp/j)}.$$

$$T_{\text{eff}2016} = 5175 \text{ (uvp/j)}.$$

$$Q_{2013} = 0,12 \times 5175 = 621 \text{ (uvp/j)}.$$

$$\text{Donc : } Q_{\text{Saturation}} = 4 \times Q_{\text{adm}}$$

$$Q_{\text{Saturation}} = 4 \times 1392 = 5568 \text{ (uvp/j)}.$$

$$Q_{\text{Saturation}} = (1 + \tau)^n \times Q_{2016}$$

$$\Rightarrow n = \log(Q_{\text{Saturation}} / Q_{2016}) / \log(1 + \tau)$$

$$n = \log(5568 / 621) / \log(1 + 0,04) = 55,92 \approx 56 \text{ ans.}$$

$$\text{Donc l'année de saturation} = 2016 + 56 = 2072$$

II.7 Conclusion :

Le calcul de la capacité de la route nous donne le profil en travers suivant :

Notre route sera bidirectionnelle et de 02 voies de circulation de 3.5m de largeur chacune et d'un accotement d'une largeur de 1.5m de chaque côté.

Chapitre III

Trace En Plan

Trace en plan

III.1 Définition :

Le tracé en plan est la projection verticale d'une route sur un plan horizontal. C'est, avec le profil en travers et le profil en long, l'un des trois documents qui permet de caractériser la géométrie d'une route. Il est obtenu par la projection horizontale sur un repère cartésien topographique de l'ensemble des points définissant le tracé de la route. Il contient généralement alignés par une série de lignes droites et courbes. Il dispose d'une vitesse de référence qui peut définir des caractéristiques La géométrie nécessaire à tout aménagement routier.

III.2 Règles à respecter dans le tracé en plan :

Pour faire un bon tracé en plan dans les normes, on doit respecter certaines recommandations :

- Eviter de passer sur les terrains agricoles et zones forestières si possibles.
- Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Utilisez des rayons plus grands si les conditions du sol le permettent.
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant.
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Respecter la cote des plus hautes eaux.
- Respecter la longueur minimale des alignements droits c'est possible.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé.
- Appliquer les normes du B40 si possible.

III.3 Les éléments du tracé en plan :

Le tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

- Des droites (alignements).
- Des arcs de cercle.
- Des courbes de raccordement progressives.

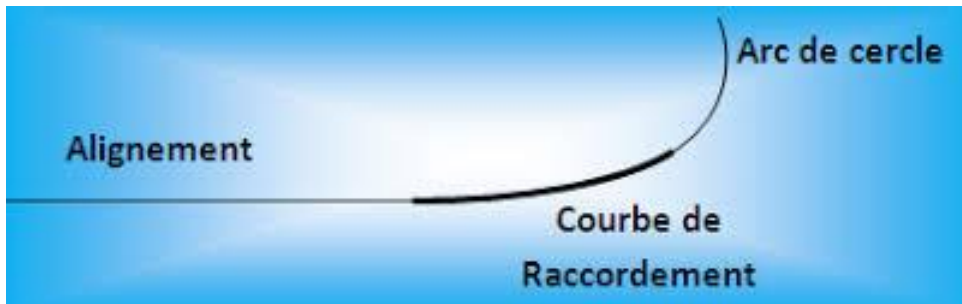


Figure N°13 : Schéma des éléments du tracé en plan.

III.3.1 Les Alignements droits :

Les alignements droits sont, en premier, définis par la disposition générale du tracé et serviront généralement de bases à la détermination des autres éléments (cercles, lithoïdes).

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes est restreint.

Il existe une longueur minimale d'alignement L_{\min} qui devra séparer deux courbes circulaires du même sens. Cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercle.

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont Raccordées par une courbe en C ou Ove.

La longueur maximale L_{\max} est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.

$$L_{\min} = t \cdot v$$

Avec : $t = 5$ seconde

$v =$ Vitesse du véhicule (m/s)

$$L_{\min} = 5 V \text{ avec } V \text{ en (m/s)}$$

La longueur maximale L_{\max} est prise égale à la distance parcourue Pendant 60 secondes.

$$L_{\max} = 60V \text{ avec } V \text{ en (m/s)}$$

Pour notre cas : $V_r = 40\text{km/h} = 11.11\text{m/s}$

$$L_{\min} = 5 \times 11,11 = 55,55 \text{ m}$$

$$L_{\max} = 60 \times 11,11 = 666,66 \text{ m}$$

Donc : **55,55 m < L (m) < 666,66 m**

III.3.2 Les arcs de cercle :

Il y a Trois éléments interviennent pour limiter la courbe :

- Stabilité des véhicules en courbe
- Visibilité en courbe
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

III.3.2.1 stabilité des véhicules en courbe :

Le véhicule subit en courbe une instabilité à l'effet de la force centrifuge, afin de réduire cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, pour éviter le glissement des véhicules, en fait de fortes inclinaisons d'où on a recours à augmenter le rayon.

D'où la nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaison (dévers) ce qui implique un rayon minimal.

a- Rayon horizontal minimal absolu (R_{h_m}) :

Rayon minimal absolu est défini comme étant le rayon au devers maximal. Il est assure la stabilité du véhicule, vous ne devez jamais sortir du véhicule en dessous de cette valeur.

$$R_{h_{\min}} = \frac{V_r^2}{127(ft+d_{\max})}$$

ft : Coefficient de frottement transversal.

Ainsi pour chaque VB on définit une série de couple (R, d).

b- Rayon minimal normal (Rh_n) :

Le rayon minimal normal doit permettre à des véhicules dépassant la vitesse de référence V_r de 20km/h de rouler en sécurité.

$$R_{hn} = \frac{(V_r + 20)^2}{127(ft + d_{max})}$$

c- Rayon Au Dévers Minimal (Rh_d) :

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et telle que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_r serait équivalente à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.

Dévers associé d_{min} = 2.5% ~~Catégorie~~ → Catégorie 1-2

Dévers associé d_{min} = 3% → Catégorie 3-4-5

$$R_{hn} = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{min}}$$

d- Rayon Minimal Non Déversé (Rh_{nd}):

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le dévers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (RH_{nd}).

$$R_{hnd} = \frac{V_r^2}{127 \times 0.035} \quad \rightarrow \text{catégorie 1,2}$$

$$R_{hnd} = \frac{V_r^2}{127(ft - d_{min})} \quad \rightarrow \text{catégorie 3, 4,5}$$

Avec :

$$f_t = 0.07 \text{ (Catégorie 3)}$$

$$f_t = 0.075 \text{ (Catégorie 4-5)}$$

e- Dévers :

Le dévers de la route est par définition la pente transversale de la chaussée il permet l'évacuation des eaux pluviales et il assure la stabilité des véhicules en courbe.

Si : R_{Hm} < R < R_{Hn} le dévers est donné par la formule :

$$d = [d_{\max} - (d_{\max} - 2)] \left[\frac{\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd} \right)}{\left(\frac{1}{RHn} - \frac{1}{RHd} \right)} \right] + d_{\min}$$

Si $RHn < R < RHd$

$$d = [(d_{\max} - 2) - d_{\min}] \frac{\left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd} \right)}{\left(\frac{1}{RHn} - \frac{1}{RHd} \right)} + d_{\min}$$

e- Sur largeur :

Un long véhicule à 2 essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit.

Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement.

$$S = \frac{L^2}{2R}$$

L : longueur du véhicule (valeur moyenne $L = 10$ m)

R : rayon de l'axe de la route

III.3.2.2 Application au projet :

Notre projet est classé dans la catégorie 1 (C1), situé dans un environnement 3 (E3) avec une vitesse de base de 40 km/h.

Donc à partir du règlement B40 on peut avoir le tableau suivant :

Les paramètres du tracé en plan	Symbole	Valeurs
Vitesse de base	Vr (km/h)	40
Rayon mini absolu	Rhm (7%)	50
Rayon min normal	Rhn (5%)	125
Rayon dévers minimal	Rhd (2,5)	250
Rayon no déversé	Rhnd (2,5)	350

Tableau N°6 : rayons du tracé en plan

III.3.3 Les Courbes De Raccordement :

Le raccordement d'un tronçon rectiligne à une courbe circulaire doit être réalisé avec des courbures progressives qui permettent l'introduction du dévers, garantissant ainsi le confort et la sécurité.

La Clothoïde est la courbe de raccordement la plus couramment utilisée grâce à ses caractéristiques, notamment son augmentation linéaire de courbure. Elle confère à la voie un aspect satisfaisant, notamment dans les zones de variation du dévers (condition de gauchissement), et permet d'introduire le dévers et la courbure de manière à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique, qui sont limitées par l'unité de temps de variation de la sollicitation transversale des véhicules.

III.3.3.1 Rôle et nécessité des courbes de raccordement :

L'utilisation des courbes de raccordement se justifie par les quatre conditions suivantes :

- Stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

III.3.3.2 Types de courbe de raccordement :

Parabole cubique : Cette courbe a une utilisation très limitée car sa courbure maximale est rapidement atteinte (elle est utilisée dans le tracé des chemins de fer).

Lemniscate : Courbe utilisée pour certains problèmes de tracé de routes, tels que les échangeurs autoroutiers en forme de trèfle. Sa courbure est proportionnelle à la longueur du rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion.

Clothoïde : La clothoïde est une spirale dont le rayon de courbure diminue de manière continue depuis l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul. La courbure de la clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc. Parcourue à vitesse constante, la clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

Expression de la clothoïde :

La courbe est proportionnelle à l'abscisse curviligne ou longueur de l'arc.

$$A^2 = RL$$

C'est -à- dire que pour le paramètre A choisi, le produit de la longueur L et du rayon R est Constant.

Tel que :

- A : paramètre de clothoïde.
- L : longueur de clothoïde.
- R : rayon.

Les éléments de la clothoïde :

- A : Paramètre de la clothoïde
- M : Centre de cercle
- R : Rayon de cercle
- KA : Origine de la clothoïde
- KE : Extrémité de la clothoïde
- L : longueur de la branche de la clothoïde
- ΔR : Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage)
- X_m : Abscisse du centre du cercle
- τ : Angle des tangentes
- X : Abscisse de KE
- Y : ordonnées de KE
- γ : Angle polaire (angle de corde avec la tangente)

Tous ces éléments sont représentés sur la figure suivante :

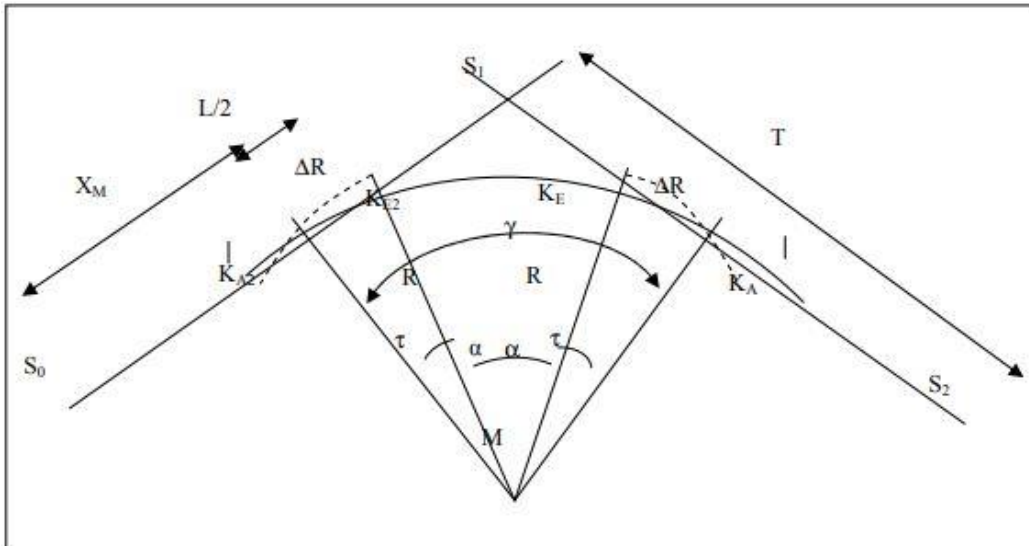


Figure 14 : Les éléments de La Clothilde

III.4 Les conditions de raccordement :

La longueur de raccordement progressif doit être suffisante pour assurer les conditions suivantes :

III.4.1 Condition de confort optique :

C'est une condition qui permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels. L'orientation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil.

$$\tau \geq 3^\circ \text{ soit } \tau \geq \frac{1}{18} \text{ rads}$$

$$\tau = \frac{L}{2R} > \frac{1}{18} \text{ rads} \quad \underline{L > \frac{R}{9}} \text{ soit } A > \frac{R}{3} \rightarrow \frac{R}{3} \leq A \leq R$$

Règle générale (B40) :

◆ $R \leq 1500\text{m}$ $\Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5m)

$$L = 24R\Delta R$$

◆ $1500 < R \leq 5000\text{m}$

$$L \geq R/9$$

◆ $R > 5000\text{m}$ $\Delta R = 2.5 \text{ m}$

$$L = 7.75 R$$

III.4.1 Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à éviter la variation trop brutale de l'accélération transversale, est imposé à une variation limitée.

D'où :

$$L = \frac{V_r^2}{18} \left(\frac{V_r^2}{27 \times R} - \Delta d \right)$$

Tel que :

V_r : vitesse de référence (km/h).

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers. ($\Delta d = d_{final} - d_{init}$)(%)

III.4.1 Condition de gauchissement :

Elle se traduit par la limitation de la pente relative en profil en long du bord de la chaussée déversée. Elle a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation de devers, elle s'applique par rapport à son axe.

$$L = I \cdot \Delta d \cdot V_r$$

L : longueur de la chaussée.

I : largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers ($\Delta d = d_{final} - d_{init}$) en %.

V_r : vitesse de référence (km/h).

Remarque :

La vérification des deux conditions relatives au gauchissement et au confort dynamique, peut se faire à l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demie - chaussée extérieure au virage.

Cette variation est limitée à 2%.

$$L \geq \frac{5 \cdot \Delta d \cdot V_r^2}{36}$$

III.5 Combinaisons des éléments de trace en plan :

La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite :

III.5.1 courbe en C :

Qui est une courbe constituée de deux clothoïde de même concavité, tangents en point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieures l'un à l'autre.

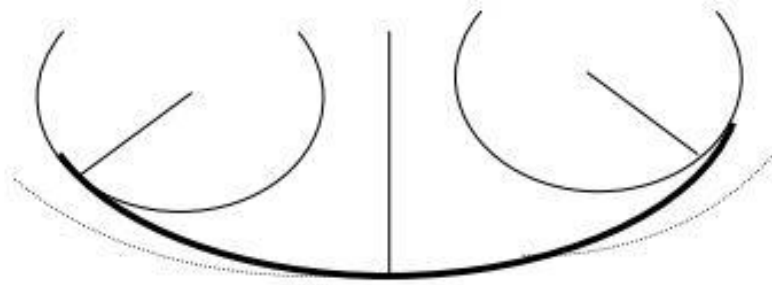


Figure.15 : courbe en C

III.5.2 Courbe à sommet :

Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.

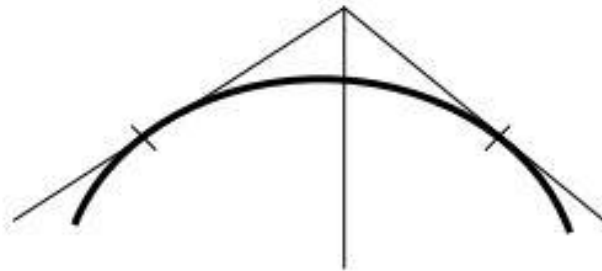


Figure.16 : courbe à sommet

III.5.3 Courbe en S :

C'est un courbe constituée de deux arcs de clothoïde de concavité opposée tangents en leurs points de courbure nul et raccordant deux arcs de cercle.

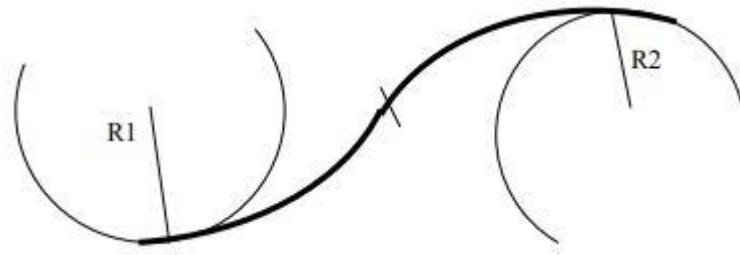


Figure.17 : courbe en S

III.5.4 Ove :

Qui est Un arc de clothoïde raccordant deux arcs de cercle dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.

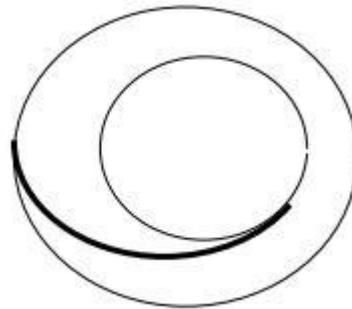


Figure.18 : courbe ove

III.6 Vitesse de référence :

C'est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle permet de définir les caractéristiques géométriques fondamentales intervenants dans l'élaboration du tracé, sont choix dépend de :

- Type de route.
- Importance et genre de trafic.
- Topographie.
- Conditions économiques.

III.7 Paramètres Fondamentaux :

Notre projet s'agit d'une route de catégorie C1, dans un environnement E3, avec une vitesse référence de base $V_r = 40$ km/h.

Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées de la norme B40

Paramètres	Symboles	Valeurs	Unités
Vitesse	Vr	40	km/h
Longueur minimale	L min	55,5	m
Longueur maximale	L max	666,5	m
Devers minimal	D min	2.5	%
Devers maximal	D max	7	%
Temps de perception réaction	t1	2	S
Frottement longitudinal	fl	0,45	
Frottement transversal	ft	0,25	
Distance de freinage	d ₀	4	m
Distance d'arrêt	d ₁	16	m
Distance de visibilité de dépassement minimale	dm	160	m
Distance de visibilité de dépassement normale	dn	240	m
R Hm (m) (d'associe %)	RHm	50	m
R HN (m) (d'associe %)	RHn	125	m
R Hd (m) (d'associe %)	RHd	250	m
R Hnd (m) (d'associe %)	RHnd	350	m

III.8 Calcul d'axe :

La détermination de l'axe est la première étape de toute étude d'un projet routier. Elle implique le calcul de l'axe de la route, point par point, du début à la fin du projet, en déterminant les coordonnées de ces points et les gisements des directions.

Le calcul de l'axe débute à partir d'un point fixe dont les coordonnées sont connues ; il doit suivre les étapes ci-dessous :

- Calcul des gisements.
- Calcul l'angle γ entre les alignements.
- Calcul de la tangente **T**.
- Calcul de la corde polaire **SL**.

- Vérification de non- chevauchement.
- Calcul de l'arc en cercle.
- Calcul des coordonnées de points particuliers.
- Calcul de kilométrage des points particuliers.

Exemple de calcul d'axe Manuellement :

Pour exemplifier notre processus de calcul d'axe, il semble opportun de détailler au moins un calcul d'une liaison de notre axe.

Nous avons calculé une partie de l'axe 01 de PK 0.000 au PK 0.960

Rayon R = 600 < RHnd

S1 (X= 430.908 Y= 17584.377) (m)

S2 (X= 439.833 Y=17586.407) (m)

S3 (X=483.938 Y= 17595.281) (m)

Rayon R = 80 (m) et VB= 40 (km/h)

➤ **Détermination la longueur de clothoïde L**

- **Condition de confort optique :**

$R/3 \leq Amin \leq R$ d'où $26.66 \leq Amin \leq 80$

$L > \sqrt{24 \times R \times \Delta d}$ comme $R=250 \leq 1500$ $\Delta R=1$

Donc $L \geq \sqrt{24 \times 80 \times 1} = 43.81 \text{ m} \dots\dots\dots (1)$

- **Condition de gauchissement :**

$$L \geq \frac{7\Delta d.V_r}{50} \quad ; \quad \Delta d = d - (-2.5\%)$$

$d = 5.75\%$ $R=80 \text{ m}$

Alors ; $\Delta d = 5.75 - (-2.5\%) = 8.25\%$

$$L \geq \frac{7 \times 8.25 \times 40}{50} = 46.2 \text{ m} \quad ; \quad \text{Donc : } L = 46.2 \text{ m} \dots\dots\dots (2)$$

- **Condition de confort dynamique**

$$L \geq \left(\frac{V_2^2}{18} \right) \left[\frac{V_r^2}{127.R} - \Delta d \right]$$

- **Vr** : 40 km/h

- **R** : 80 m

- **Δd** : 8.25% ;

$$L \geq \left(\frac{40^2}{18} \right) \left[\frac{40^2}{127.80} - 0.0825 \right] = 6.66 \text{ m} \quad ; \quad \text{Donc : } L = 6.66 \text{ m} \dots\dots\dots (3)$$

- D'après les résultats (1) et (2) et (3) on saura : $L_{max} = 46.2 \text{ m}$

Donc on prend : $L = 47 \text{ m}$

➤ **Calcul du paramètre de clothoïde A :**

$$A = \sqrt{L \cdot R}$$

$$A = \sqrt{47 \cdot 80} = 61.31 \Rightarrow \text{On prend : } A = 62$$

$$A = \sqrt{L \cdot R} \quad (A \geq R/3; A < R) \text{ condition vérifier.}$$

Calcul Du Paramètre A :

$$\text{On a } A^2 = L \times R$$

$$R = 80\text{m} < 1500\text{m} \Rightarrow R/3 < A < R$$

$$\Rightarrow 80/3 < A < 80$$

$$\Rightarrow 26,66 < A < 80$$

$$L = \sqrt{24 R \cdot \Delta R} = 43,81 \text{ (m)}$$

$$L \geq \frac{5}{36} \Delta d \cdot V_B \text{ Avec } \Delta d = d + 2.5$$

$$\text{On a : } RH_n = 50 < R = 80 < RH_d = 250 \text{ (m)}$$

$$\Rightarrow d = 3,25 \%$$

$$\Delta d = 3,25 + 2.5 = 5,75 \text{ (\%)}$$

$$L \geq \frac{5}{36} \times 5,75 \times 40 = 31,94 \text{ (m)}$$

Donc on aura: $L = 43,81 \text{ (m)}$

$$L = A^2/R \Rightarrow A = \sqrt{L \times R} = 59,20 \text{ (m)}$$

$$\Rightarrow A = 59,20 \text{ (m)}$$

Calcul Des Gisements :

$$S_1 S_2 \left\{ \begin{array}{l} \Delta X_1 = X_{S_2} - X_{S_1} = 439.833 - 430.908 = 8,913 \text{ (m)} \\ \Delta Y_1 = Y_{S_2} - Y_{S_1} = 17586.407 - 17584.377 = 2,03 \text{ (m)} \end{array} \right.$$

$$S_2 S_3 \left\{ \begin{array}{l} \Delta X_2 = X_{S_3} - X_{S_2} = 483.938 - 439.833 = 44,105 \text{ (m)} \\ \Delta Y_2 = Y_{S_3} - Y_{S_2} = 17595.281 - 17586.407 = 8,876 \text{ (m)} \end{array} \right.$$

Si ($\Delta X > 0$ et $\Delta Y > 0$) \Rightarrow GIS = gis

Donc:

$$G_{S1}^{S2} = \arctg \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = 85,74 \text{ (grade) donc: } G_{S1}^{S2} = 85,74 \text{ grade}$$

$$G_{S2}^{S3} = \arctg \frac{|\Delta X1|}{|\Delta Y1|} = 87,35 \text{ (grade) donc: } G_{S2}^{S3} = 87,35 \text{ grade}$$

Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{S2}^{S3} - G_{S1}^{S2}| = |87,35 - 85,74| = 1,61 \text{ (grade)}$$

Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{47}{2 \times 80} \times \frac{200}{\pi} = 18,70 \text{ (grade).}$$

Vérification de non chevauchement :

$$\tau = 18,70 \text{ (grade).}$$

$$\gamma / 2 = 1,61 / 2 = 0,805 \text{ (grade)} \quad \longrightarrow \quad \gamma < \tau, \text{ il y a de chevauchement}$$

Calcul des distances:

$$S_1 S_2 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{8,913^2 + 2,03^2} = 9,14 \text{ (m)}$$

$$S_2 S_3 = \sqrt{\Delta X1^2 + \Delta Y1^2} = \sqrt{44,105^2 + 8,876^2} = 44,98 \text{ (m)}$$

Calcul de la tangente T :

$$\text{On a: } L/R = 47 / 80 = 0,58$$

$$\Delta R = 1,00 \text{ (m)}$$

$$X_m = A^2 / 2R = L / 2 = 47/2 \Rightarrow X_m = 23,5$$

$$X = L (1 - L^2 / 40 \times R^2) = 47(1 - 47^2 / 40 \times 80^2) \Rightarrow X = 46,59$$

$$Y = L^2 / 6 R = 47^2 / 6 \times 80 \Rightarrow Y = 4,60$$

$$T = X_m + (R + \Delta R) \cdot \text{tg} (\gamma / 2) \text{ (m)}$$

$$T = 21,95 + (80+1) \text{tg } 3,44$$

$$T = 107,73 \text{ (m)}$$

Calcul des Coordonnées SL :

$$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

$$S_L = \sqrt{46,59^2 + 4,60^2} = 46,81 \text{ (m)}$$

Calcul de σ :

$$\sigma = \arctg \frac{Y}{X} = \arctg \frac{4,60}{46,59} = 5,64 \text{ (grad)}$$

Calcul de l'arc:

$$\mathbf{b} = \mathbf{K}_{E1} \mathbf{K}_{E2}$$

$$\mathbf{b} = \frac{[\pi \cdot R(\gamma - 2 \cdot \tau)]}{200}$$

$$\mathbf{b} = \frac{[\pi \times 80(1,61 - 2 \times 18,70)]}{200} = 44,97 \text{ (m)}$$

Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$\mathbf{K}_{A1} \left\{ \begin{array}{l} X_{A1} = X_{S1} - T \times \sin G_{S1}^{S2} \\ Y_{A1} = Y_{S1} - T \times \cos G_{S1}^{S2} \end{array} \right.$$

$$\mathbf{K}_{A1} \left\{ \begin{array}{l} X_{A1} = 430.908 - 107,73 \times \sin 85,74 = 516,42 \text{ (m)} \\ Y_{A1} = 17584.377 - 107,73 \times \cos 85,74 = 17649,89 \text{ (m)} \end{array} \right.$$

$$\mathbf{K}_{A2} \left\{ \begin{array}{l} X_{A2} = X_{S2} - T \times \sin (G_{S2}^{S3} - 200) \\ Y_{A2} = Y_{S2} - T \times \cos (G_{S2}^{S3} - 200) \end{array} \right.$$

$$\mathbf{K}_{A2} \left\{ \begin{array}{l} X_{A2} = 439.833 - 107,73 \times \sin (87,35 - 200) = 393,23 \text{ (m)} \\ Y_{A2} = 17586.407 - 107,73 \times \cos (87,35 - 200) = 17489,27 \text{ (m)} \end{array} \right.$$

$$\mathbf{K}_{E1} \left\{ \begin{array}{l} X_{KE1} = X_{KA1} - S_L \times \sin (G_{S1}^{S2} - 200 + \sigma) \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} - S_L \times \cos (G_{S1}^{S2} - 200 + \sigma) \end{array} \right.$$

$$\mathbf{K}_{E1} \left\{ \begin{array}{l} X_{KE1} = 516,42 - 46,81 \times \sin (85,74 - 200 + 5,64) = 561,94 \text{ (m)} \\ Y_{KE1} = 17649,89 - 46,81 \times \cos (85,74 - 200 + 5,64) = 17660,79 \text{ (m)} \end{array} \right.$$

$$\mathbf{K}_{E2} \left\{ \begin{array}{l} X_{KE2} = X_{KA2} + S_L \times \sin (G_{S2}^{S3} - 200 - \sigma) \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} + S_L \times \cos (G_{S2}^{S3} - 200 - \sigma) \end{array} \right.$$

$$\mathbf{K}_{E2} \left\{ \begin{array}{l} X_{KE2} = 393,23 + 46,81 \times \sin (87,35 - 200 - 5,64) = 434,74 \text{ (m)} \\ Y_{KE2} = 17489,27 + 46,81 \times \cos (87,35 - 200 - 5,64) = 17510,89 \text{ (m)} \end{array} \right.$$

- Les calculs d'axe sont faits à l'aide du logiciel Covadis et sont joints dans l'annexe.

Chapitre IV

Profil En Long

Profil en long

IV.1 Définition :

Le profil en long de la route est une ligne continue obtenue en réalisant un tronçon longitudinal fictif, il représente donc le changement de hauteur de l'axe routier, selon l'abscisse de la courbe.

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers.

Le profil en long est toujours composé d'éléments de lignes droites raccordés par des paraboles.

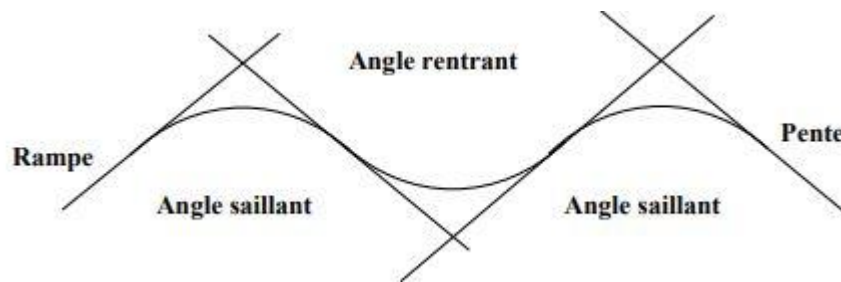


Figure.19 : profil en long

IV.2 Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

- Respecter les règles du B40 (déclivités Max et Min).
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Éviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente de 0.5% du profil en long.

- Rechercher un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

IV.3 Les éléments de composition du profil en long

Le profil longitudinal est formé d'une série de segments de droite (rampes et pentes) reliés par des courbes circulaires. Pour chaque point du profil longitudinal, il est nécessaire de déterminer :

- L'altitude du terrain naturel
- L'altitude du projet
- La déclivité du projet

IV.4 Coordination du tracé en Plan et Du profil en long :

Il est primordial de garantir une coordination efficace entre le tracé en plan et la coupe longitudinale, tout en prenant en compte l'emplacement des points de transfert afin d'assurer :

- D'avoir une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- D'envisager de loin l'évolution du tracé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.) pour éviter les défauts résultats d'une mauvaise coordination tracé en plan et profil en long, les règles suivantes sont à suivre :
- D'augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe.
- Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
- faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 5 fois au moins le rayon en plan).
- D'amorce la courbe en plan avant un point haut.

IV.5 Déclivités :

La déclivité d'une route correspond à la tangente des segments du profil en long par rapport à l'axe horizontal. Elle est appelée pente lorsqu'il s'agit de descentes et rampe lorsqu'il s'agit de montées.

IV.5.1 Déclivité minimale :

Dans un terrain plat, il est généralement recommandé de ne jamais utiliser de pente nulle afin de faciliter l'écoulement des eaux pluviales le long de la route, près du bord de la chaussée.

Les pentes longitudinales minimales suivantes sont généralement adoptées :

- Au moins 0,5 % et de préférence 1 %, si possible.
- $I_{\min}=0,5$ % est préconisé afin de réduire la profondeur de l'ouvrage de drainage des eaux Pour les longues sections excavées.
- $I_{\min}=0,5$ % est également recommandé pour les sections remblayées qui comportent des descentes d'eau.

IV.5.1 Déclivité maximale :

La pente maximale est tolérée principalement sur de courtes distances (inférieures à 1500 m) pour les raisons suivantes :

- Réduction de la vitesse et augmentation des coûts de circulation.
- Effort important de freinage des poids lourds, ce qui entraîne une usure des pneumatiques.

Donc La déclivité maximale dépend de : Condition d'adhérence, Vitesse minimum de poids lourd et Condition économique.

$V_b(\text{km/h})$	40	60	80	100	120	140
$I_{\max}(\%)$	8	7	6	5	4	4

Tableau N°7 : Valeur de la déclivité maximale

Pour notre cas la vitesse $V_r = 40$ km/h donc la pente maximale $I_{\max} = 8\%$.

IV.6 Raccordements en profil en long :

Les changements de déclivité représentent des points particuliers dans le profil en long, ce changement est assuré par l'introduction de raccordement circulaire qui doit satisfaire aux conditions de confort et de visibilité. On distingue deux types de raccordements :

IV.6.1 Raccordements convexes (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont calculés en prenant en compte la position de l'œil humain, les obstacles ainsi que les distances d'arrêt et de visibilité. Leur conception doit respecter la condition suivante :

IV.6.1.1 Condition de confort :

Elle consiste à limiter l'accélération verticale à laquelle le véhicule sera soumis lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe.

Limitation de l'accélération verticale :

$$v_r^2 / R_v < g / 40 \quad \text{avec } g = 10 \text{ (m/s}^2\text{) et } v = V/3.6$$

$$R_{v\min} \geq 0,30 \cdot V_r^2 \text{ (cat 1-2).}$$

$$R_{v\min} \geq 0,23 \cdot V_r^2 \text{ (cat 3-4-5).}$$

R_v : c'est le rayon vertical (m).

V_r : vitesse de référence (km/h)

IV.6.1.2 Condition de visibilité :

Elle intervient seulement lors des connexions des points élevés en tant que condition supplémentaire à celle du confort. Il est nécessaire que deux véhicules circulant en sens inverse puissent se remarquer à une distance deux fois supérieure à la distance d'arrêt minimale. Le rayon de raccordement est déterminé par la formule suivante :

$$R_v \geq \frac{d^2}{2(h_0+h_1+2\sqrt{h_0h_1})} \approx 0.27 D^2$$

D : Distance d'arrêt (m).

h_0 : Hauteur de l'œil (m).

h_1 : Hauteur de l'obstacle (m).

Dans le cas d'une route unidirectionnelle :

$$h_0 = 1,1 \text{ m} \quad h_1 = 0,15 \text{ m}$$

On trouve : $Rv = a \cdot d_1^2$

$$a = 0,24 \quad (\text{pour cat 1-2})$$

$$Rv = 0,24 d_1^2$$

Dans le cas d'une route bidirectionnelle :

$$h_0 = 1 \text{ m} \quad h_1 = 1,20 \text{ m}$$

$$a = 0,436 \quad (\text{pour cat 1-2})$$

$$Rv = 0,436 d_1^2$$

IV.6.2 Raccordements concaves (angle rentrant) :

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité diurne n'est pas déterminante, plutôt c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation :

$$Rv' = \frac{d_1^2}{(1,5 + 0,035d_1)}$$

Avec :

Rv' : rayon minimum du cercle de raccordement.

d_1 : distance d'arrêt

IV.6.2 La Condition Esthétique :

Une grande route moderne doit être conçue et réalisée de façon à procurer à l'utilisateur une impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté. Pour cela, il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes.

Pour éviter cet effet, on imposera une longueur de raccordement minimale et ($b > 50$) pour Des dévers $d < 10\%$ (spécial échangeur)

$$Rv_{\min} = 100 \left(\frac{50}{\Delta d \%} \right)$$

Avec :

Δd : changement de dévers

$R_{v_{\min}}$: rayon verticale minimale

IV.7 Caractéristiques Des Rayons Du Profil En Long :

Les Normes Pratique Du Profil En Long sont données par le tableau suivant (selon le B40) :

Catégorie		C1
Environnement		E3
Vitesse de référence (km/h)		40
Rayon en angle saillant (R_{v1})	Minimal absolu R_{vm1}	500
	Minimal normal R_{vn}	1500
Rayon en angle rentrant ($R'V$)	Minimal absolu $R'vm$	500
	Minimal normal $R'vn$	1200
Déclivité maximale I_{\max} (%)		8
Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement d_m R_{vd}		2300
Vitesse de poids lourd VPL (km/h)		.

Tableau N°8 : Normes Pratique Des Rayons Du Profil En Long

IV.8 Détermination pratiques du profil en long :

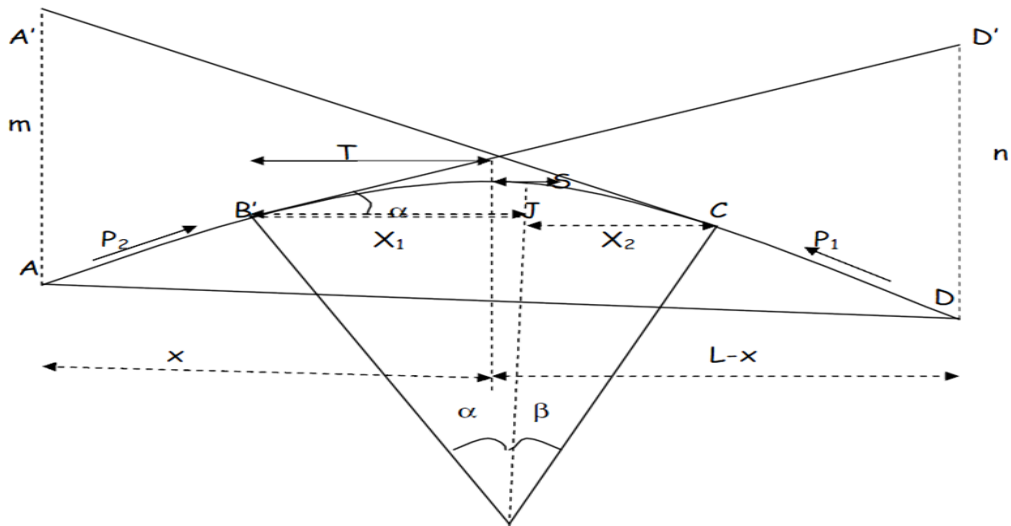
Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle :

$$X^2 + Y^2 - 2R Y = 0$$

À l'équation de la parabole : $X^2 - 2RY = 0 \rightarrow Y = \frac{X^2}{2R}$

Pratiquement, le calcul des raccordements se fait de la façon suivante :

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) des points A et D.
- Donnée La pente P1 de la droite (AS).
- Donnée la pente P2 de la droite (DS).
- Donnée le rayon R.



Détermination de La position du point de rencontre (S) :

On a :

$$Z_{D'} = Z_A + L.P_2$$

$$Z_{A'} = Z_D + L.P_1$$

$$n = Z_{D'} - Z_D$$

$$m = Z_{A'} - Z_A$$

Les deux triangles SAA' et SDD' sont semblables donc :

$$\frac{m}{n} = \frac{x}{L-x} \Rightarrow x = \frac{mL}{m+n}$$

$$S \begin{cases} X_S = X + X_A. \\ Z_S = P_1.X + Z_A. \end{cases}$$

Calculs de La tangente :

$$T = \frac{R}{2} |P_1 - P_2|$$

On prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires, on prend (-) lorsque les deux pentes sont de même sens.

La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes B et C.

$$E \begin{cases} X_E = X_s - T \\ Z_E = Z_s - T.P_1 \end{cases} ; \quad F \begin{cases} X_F = X_s + T \\ Z_F = Z_s - T.P_2 \end{cases}$$

Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR=2T$$

Calcul de la flèche :

$$H = \frac{T^2}{2R}$$

Calcul de la flèche Et de l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

$$M \begin{cases} H_x = x^2 / 2R \\ Z_M = Z_B + X_{p1} - X^2 / 2R \end{cases}$$

Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T) :

Le point J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale :

$$X1=Rp1$$

$$X2= Rp2J$$

$$\begin{cases} X_J = X_E + R \cdot P_1 \\ Z_J = Z_E + X_1 \cdot P_1 - \frac{X_1^2}{2R} \end{cases}$$

Dans le cas des pentes de même sens le point J est en dehors de la ligne de projet et ne présente aucun intérêt. Par contre dans le cas des pentes de sens contraire, La connaissance du point (J) est intéressante en particulier pour l'assainissement en zone de déblai, le partage des eaux de ruissellement se fait à partir du point J, c'est à dire les pentes des fossés descendants dans les sens J ver A et D.

- Les résultats de calcul sont joints en Annexe calculé par logiciel piste.

Chapitre V

Profil En Travers

Profil en travers

V.1 Définition :

Le profil en travers d'une chaussée représente une coupe perpendiculaire à l'axe de la route montrant tous les points définissant sa surface sur un plan vertical. Dans un projet routier, de nombreux profils en travers sont dessinés. Afin d'éviter de mentionner les dimensions de chacun individuellement, un profil unique appelé "profil en travers" est établi, englobant toutes les dimensions et détails constructifs tels que les largeurs des voies, des chaussées et autres bandes, les pentes des surfaces et talus, les dimensions des couches de la superstructure, le système d'évacuation des eaux, etc.

V.2 Classification du profil en travers :

On distingue deux types de profils : type et courant.

V.2.1 Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes. Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (Remblais, déblais, profil mixte).

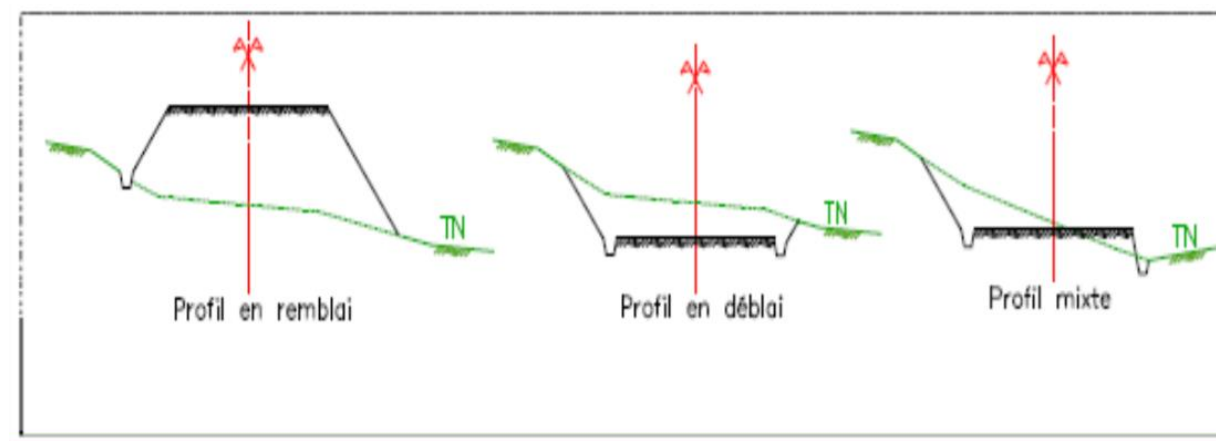


Figure.20 : différents types de profil

V.2.2 Le profil en travers courant :

Ce sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (accidenté ou plat).

V.3 Les éléments de composition du profil en travers :

Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants :

V.3.1 La Chaussée :

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central.

V.3.2 La Largeur Roulable :

Elle comprend les sur-largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt.

V.3.3 La plate-forme :

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais, comprenant la ou les deux chaussées et les accotements, éventuellement les terrepleins et les bandes d'arrêts.

V.3.4 L'assiette :

Surface de terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai.

V.3.5 L'emprise :

C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, Chemins de désenclavement, exutoires, etc....) limitée par le domaine public.

V.3.6 Les accotements :

En dehors des agglomérations, les accotements sont dérasés. Ils comportent généralement les éléments suivants :

- Une bande de guidage
- Une bande d'arrêt.
- Une berme extérieure

V.3.7 Le fossé :

C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.

V.3.8 Berme :

Partie latérale non roulable de l'accotement. Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations.). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

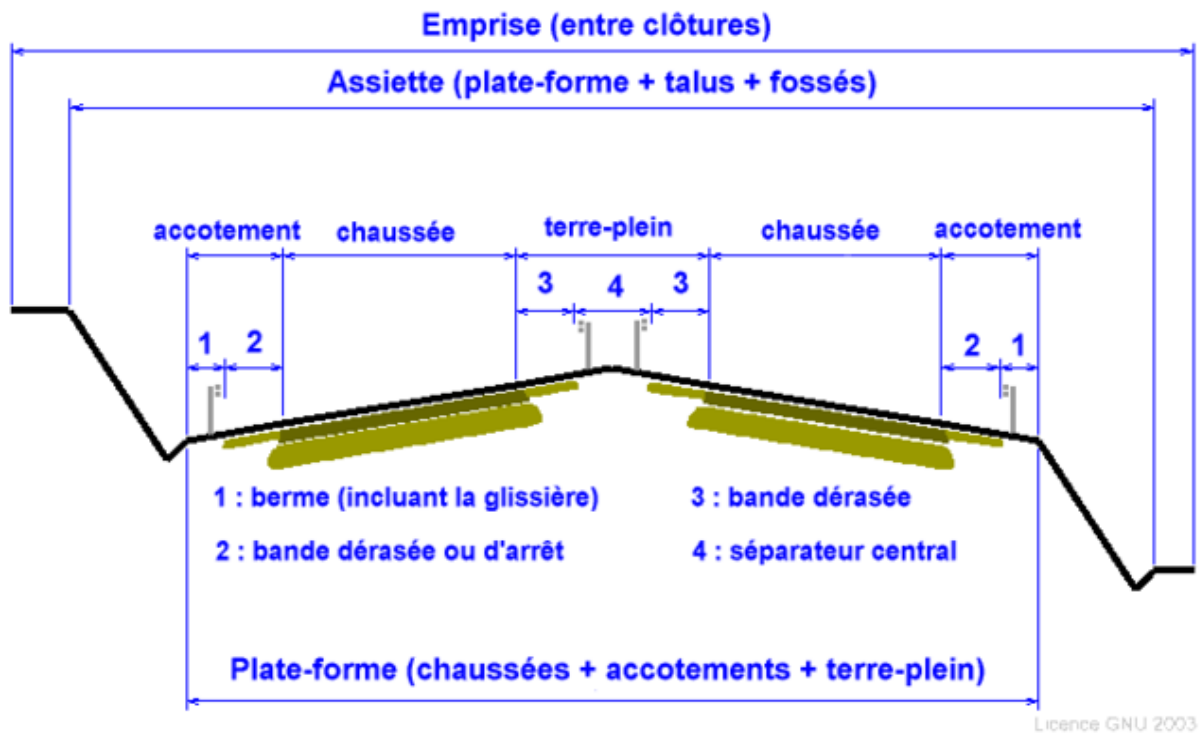


Figure.21 : éléments constitutifs du profil en travers normal

V.4 Application au projet :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu sera composé d'une route de 2 voies.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- chaussée : $3,50 \times 2 = 7$ m. (chaussées de deux voies) = $7 \times 2 = 14$ m.
- L'accotement :
 $1 \times 2 = 2$ m
 $0,3 \times 2 = 0,6$ m
- Terre-plein central : 3,6 m.
- plateforme : 20,20 m.

Chapitre VI

Dimensionnement Du Corps

De Chaussée

Dimensionnement Du Corps De Chaussée

VI.1 Introduction :

Le dimensionnement du corps de chaussée constitue une étape cruciale dans l'étude d'un projet routier. Il implique de sélectionner les matériaux appropriés avec les caractéristiques requises et de définir les épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée. La chaussée doit permettre la circulation des véhicules dans des conditions de confort et de sécurité optimales, tout en résistant aux agressions extérieures et aux surcharges d'exploitation.

Le calcul et la justification des épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée choisie sont déterminés par les paramètres fondamentaux suivants :

- Le trafic (surtout son intensité en poids lourds).
- L'environnement de la route (le climat essentiellement).
- Le sol support.
- la durée de service.

VI.2 Principe de la constitution des chaussées :

La chaussée fonctionne principalement comme une structure redistribuant les charges des véhicules sur le sol de fondation. Afin d'assurer un roulement rapide, sûr et sans usure excessive du matériel, il est essentiel que la surface de roulement ne se déforme pas sous pression.

- De la charge des véhicules.
- Des chocs.
- Des intempéries.
- Des efforts tangentiels dus à l'accélération, au freinage et au dérapage.

VI.3 La chaussée :

VI.3.1 Définition :

La chaussée constitue l'ossature de la route, conçue pour supporter les contraintes mécaniques agressives induites par les vecteurs et les transmettre au sol sans provoquer de déformations excessives ni sur la chaussée ni sur le sol.

Pour concevoir une route de qualité, il est nécessaire de prendre en compte, lors de l'étude, deux facteurs : l'un structural et l'autre géométrique.

- **Au sens géométrique** : la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- **Au sens structural** : l'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges.

VI.3.2 Les Différents Types De Chaussée :

Il existe trois types de chaussée :

- Chaussée souple.
- Chaussée semi-rigide.
- Chaussée rigide.

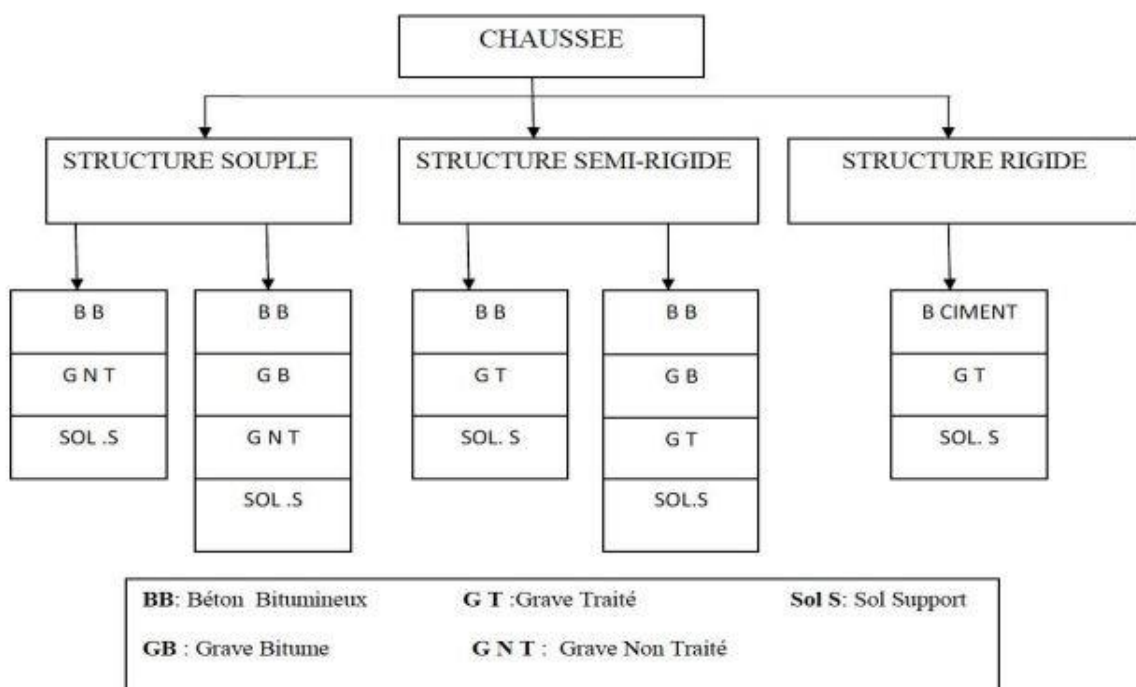


Figure.22 : schéma récapitulatif

VI.3.2.1 Chaussée souple :

La chaussée souple est composée d'une superposition de matériaux granulaires recouverts d'un revêtement à base de bitume plus ou moins épais. Typiquement flexible, elle répartit de manière localisée les charges et représente la majeure partie des routes actuelles dans le monde. La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes :

- **La couche de roulement (surface) :** On appelle « couche de surface » d'une chaussée la couche supérieure de la structure de chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat. Elle est composée de la couche de roulement et la couche de liaison.

La couche de roulement qui est la couche supérieure de la structure de chaussée sur laquelle est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Son rôle est d'assurer un confort visuel et sonore aux usagers, garantir une parfaite étanchéité de la chaussée pour éviter la dégradation de la surface, l'apparition de nids-de-poule et la baisse de portance due à l'infiltration de l'eau et résister aux phénomènes d'usure liés aux frottements des pneumatiques (accélération, freinage, rotation), tout en assurant une adhérence suffisante.

La couche de liaison située entre les couches d'assise et la couche de roulement, son rôle est d'assurer une transition, avec les couches inférieures les plus rigides.

L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8 cm.

- **Couche de base :** c'est la partie supérieure d'un corps de chaussée. Elle est destinée à recevoir les contraintes et les déformations notables dues au trafic ou aux mouvements du sol. Particulièrement sollicitée, elle se trouve directement sous la couche de roulement et assure la résistance mécanique de la chaussée en répartissant les charges verticales induites par le trafic. Elle répartit les pressions sur le support afin de maintenir les déformations de structure dans les limites admissibles. L'épaisseur de la couche de base est entre 10 et 25 cm.
- **Couche De Fondation :** c'est la partie inférieure de la sous-couche de la structure d'une chaussée. Elle Assurer un bon uni et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, Elle a le même rôle que celui de la couche de base.
- **Couche De Forme :** c'est une couche intermédiaire située entre la partie supérieure du terrassement (PST) et les couches constitutives du corps de chaussée. Elle sert à

adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée. L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm.

- **Sur un sol rocheux** : Elle joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.
- **Sur un sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée)** : Elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

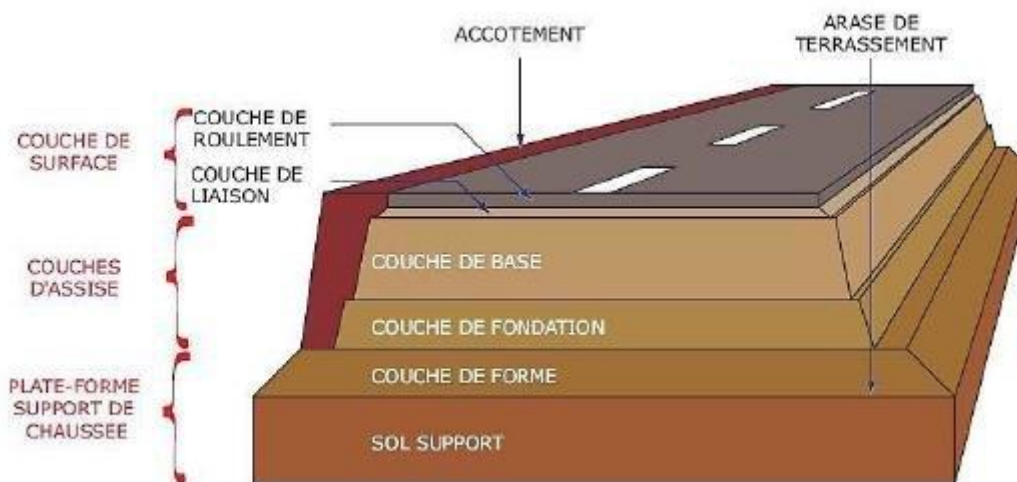
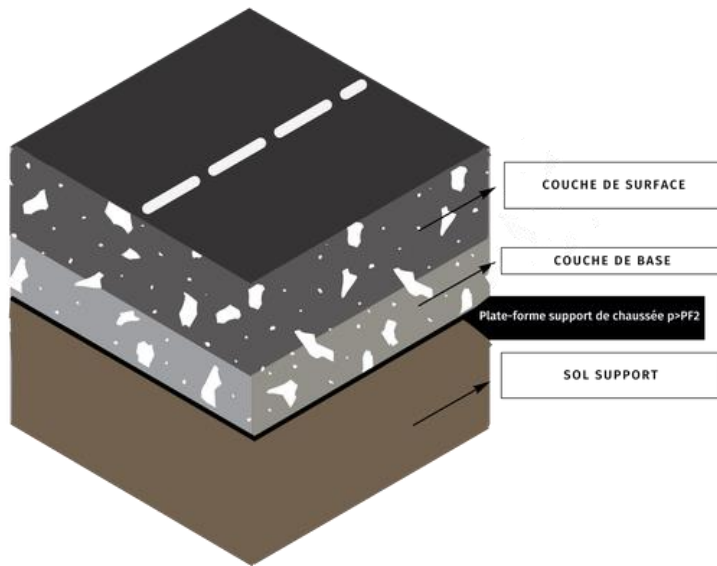


Figure.23 : Différentes Couches Constituant La Structure De La Chaussée

VI.3.2.2 Chaussée semi-rigide :

Elles comportent une couche de surface bitumineuse reposant sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques disposés en une couche (base) ou deux couches (base et fondation). Ce type de route n'est actuellement présent qu'à titre expérimental en Algérie, avec des routes comprenant une base ou une fondation en sable gypseux.



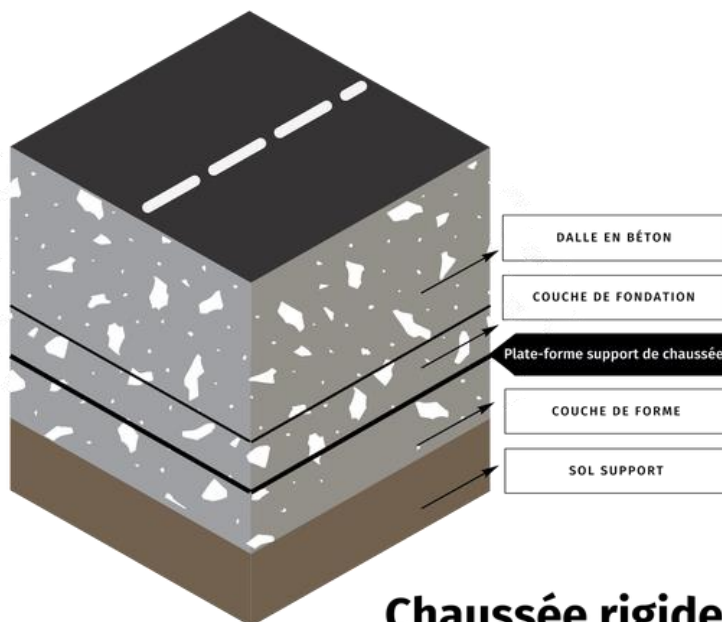
Chaussée semi-rigide

suitedispatch

Figure.24 : structure type d'une chaussée semi-rigide

VI.3.2.3 Chaussée rigide :

elle est composée d'une dalle de béton, éventuellement renforcée (qui correspond à la couche de surface d'une chaussée souple) reposant sur une couche de fondation pouvant être du grave stabilisé mécaniquement, du grave traité aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce genre de chaussée est rarement utilisé en Algérie.



Chaussée rigide

suitedispatch

Figure.25 : structure type d'une chaussée rigide

VI.4 Les Facteurs Pour Les Etudes De Dimensionnement :

Le dimensionnement d'une chaussée est conditionné par quatre familles de paramètres suivants :

VI.4.1 Trafic :

Le trafic, en particulier celui des poids lourds, est un facteur essentiel dans la conception des structures. Il influence d'abord le choix des matériaux, puis le dimensionnement détaillé. Plus précisément, le trafic guide les décisions suivantes :

- Sélection d'un niveau de service entraînant notamment le choix de la couche de surface.
- Détermination de l'épaisseur des structures, nécessitant l'évaluation d'un niveau de risque.

Ainsi, il est essentiel de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :

Du trafic poids lourds « T » au moment de la mise en service, issu d'une étude de trafic et de comptages sur les voies déjà en place.

Du trafic total sur la période examinée, indiqué par :

$$N = T.A.C$$

Avec :

N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C : facteur de cumul.

$$C = [(1 + \tau)^p - 1] / \tau$$

τ : Taux de croissance du trafic.

p : Nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

VI.4.2 Environnement :

Le contexte environnemental entourant la chaussée représente un élément clé lors de la conception, puisque la teneur en eau des sols influe sur leurs caractéristiques, tandis que la

température impacte significativement les propriétés des matériaux bitumineux et conditionne la formation de fissures dans les matériaux traités avec des liants hydrauliques.

VI.4.3 Le sol Support :

Les fondations des chaussées reposent sur une structure appelée « plate-forme de support de chaussée », composée du sol naturel nivelé, éventuellement traité, recouvert d'une couche de forme si nécessaire. Les plateformes sont définies en fonction :

- De la nature et de l'état du sol.
- De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

VI.4.4 Matériaux :

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage cyclique des véhicules lourds).

VI.5 Les méthodes de dimensionnement :

On distingue deux familles des méthodes :

- . Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.
- . Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisées sont :

- Méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio).
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
- Méthode du catalogue des structures.
- Méthode de I.G (l'indice de groupe).

Pour le dimensionnement du corps de chaussée dans notre projet on va utiliser : La méthode dite CBR.

VI.5.1 Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio) :

Il s'agit d'une méthode (semi empirique) qui repose sur un essai de poinçonnement effectué sur un échantillon de sol en compactant des éprouvettes de (90 à 100 %) de l'optimum Proctor modifié (O.P.M.) sur une épaisseur d'eau inférieure à 15 cm. La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre se fait en appliquant la formule suivante :

- Pour un trafic en voiture particulière : $TMJA \times 365 \times 1.5t < 100000$ t/ans

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{p}}{ICBR + 5}$$

- Pour un trafic en voiture particulière : $TMJA \times 365 \times 1.5t \geq 100000$ t/ans

$$e = \frac{100 + \sqrt{p} (75 + 50 \log \frac{N}{10})}{ICBR + 5}$$

e: épaisseur équivalente

I: indice CBR (sol support)

n: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide

P: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t)

Log: logarithme décimal

- L'épaisseur équivalente : est donnée par la relation suivante :

$$e = c1 \times e1 + c2 \times e2 + c3 \times e3$$

Où :

$C1 \times e1$: couche de roulement

$c2 \times e2$: couche de base

$c3 \times e3$: couche de fondation

$C1, C2, C3$: coefficients d'équivalence.

$e1, e2, e3$: épaisseurs réelles des couches

- **Le coefficient d'équivalence :**

Le tableau suivant indique les différentes valeurs pour chaque matériau :

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment grave laitier	1.50
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée grave sableuse -T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	Tuf 0.6

Tableau N°9 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau

Remarque : pour calculer l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe e_1 , e_2 et e_3 telle que :

e_1 : couche de roulement (5 - 8cm).

e_2 : couche de base (10-12cm).

e_3 : couche de fondation (15-35cm).

VI.5.2 Méthode Du Catalogue Des Structures :

Le répertoire des structures standard pour les nouvelles constructions, établi par le « SETR », catégorise les différentes chaussées en fonction des matériaux utilisés (GNT, SL, GC, SB). Il prend en compte quatre classes de trafic en fonction de leur importance, variant de 200 à 1500 PL/J/sens. Il intègre les propriétés géotechniques du sol de fondation et se présente sous la forme d'un ensemble de fiches classées selon deux paramètres de données :

- Trafic cumulé de poids lourds à la 20ème année T_j .
- Caractéristiques du sol (S_j).

- **Détermination de la classe de trafic :**

Les classes de trafic (TPLi) adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données, pour chaque niveau de réseau principal, en nombre PL par jour et par sens à l'année de mise en service.

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T ₀	T < 3.5 10 ⁵
T ₁	3.5 10 ⁵ < T < 7.3 10 ⁵
T ₂	7.3 10 ⁵ < T < 2 10 ⁶
T ₃	2 10 ⁶ < T < 7.3 10 ⁶
T ₄	7.3 10 ⁶ < T < 4 10 ⁷
T ₅	T > 4 10 ⁷

Tableau N°10 : La classe du trafic poids lourd

Le trafic cumulé est donné par la formule :

$$T_c = T_{PL} \left[1 + \frac{(1 + \tau)^{n+1} - 1}{\tau} \right] 365$$

Avec :

TPL : trafic poids lourds à l'année de mise en service.

τ : taux d'accroissement annuel

n : durée de vie

Le trafic cumulé équivalent (TCEi) :

$$TCEi = TPLi \times \frac{(1 + \tau)^n - 1}{\tau} \times 365 \times A$$

(A : coefficient d'agressivité des PL) = 0.6

• **Calcul la déformation admissible (ϵ_z , adm) de sol support :**

Calcul la déformation admissible (ϵ_z , adm) de sol support :

$$\epsilon_z, \text{ adm} = 22 \times 10^{-3} (TCE2036)^{-0.235}$$

• **Calcul de la déformation admissible de traction (ϵ_t , adm) :**

$$\epsilon_t, \text{ adm} = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) k_n \times k_\theta \times k_r \times k_c$$

• $\epsilon_6(10^\circ\text{c}, 25\text{Hz})$: déformation limite correspondant à 106 cycles. (Essai de fatigue à 10°C et 25Hz). (Pour une grave bitume $\epsilon_6 = 100 \cdot 10^{-6}$)

• K_θ : facteur lié à la température.

- K_{ne} : facteur lié au nombre cumulé d'essieux équivalents supportés par la chaussée.
- K_r : facteur lié au risque et aux dispersions.
- K_c : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée ($k_c=1.3$).

Avec :

$$K_{ne} = \left(\frac{TCE_i}{10^6}\right)^b \quad K_r = 10^{-tb\delta} \quad k_\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}}$$

b : pente de la droite de fatigue ($b < 0$).

$E(10^\circ\text{C})$: module complexe du matériau bitumineux à 10°C .

$E(\theta_{eq})$: module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.

δ La dispersion :

$$\delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} Sh\right)^2}$$

SN : dispersion sur la loi de fatigue.

Sh : dispersion sur les épaisseurs.

c : coefficient égal à 0.02.

t : fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté ($r\%$).

• Détermination De La Classe Du Sol :

Le Tableau Ci-dessous Déterminant La Classe Du Sol :

<i>Portance (Si)</i>	<i>CBR</i>
S4	<5
S3	5-10
S2	10-25
S1	25-40
S0	>40

Tableau N°11 : Classement de sole en fonction de l'indice de CBR

VI.5.2 Méthode Du Catalogue De Dimensionnement Des chaussées neuves :

Le recours à un catalogue de dimensionnement repose sur les mêmes paramètres que ceux utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement des chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement. Ces paramètres servent souvent de données d'entrée pour le dimensionnement, ce qui conduit au choix d'une structure de chaussée spécifique.

• **Trafic :**

C'est le trafic poids lourds (véhicules de charge supérieure à 3.5 tonnes).

D'après le catalogue on a la classification des réseaux principaux suivante :

RP1 ($T > 1500V/J$) \Rightarrow RN, Autoroute, CW.

RP2 ($T < 1500V/J$)

\Rightarrow RN, CW,.....

• **Détermination de la classe de trafic TPLi :**

Les classes sont données pour chaque niveau de réseau principal (RP1 et RP2), en nombre de PL sens à l'année de mise en service.

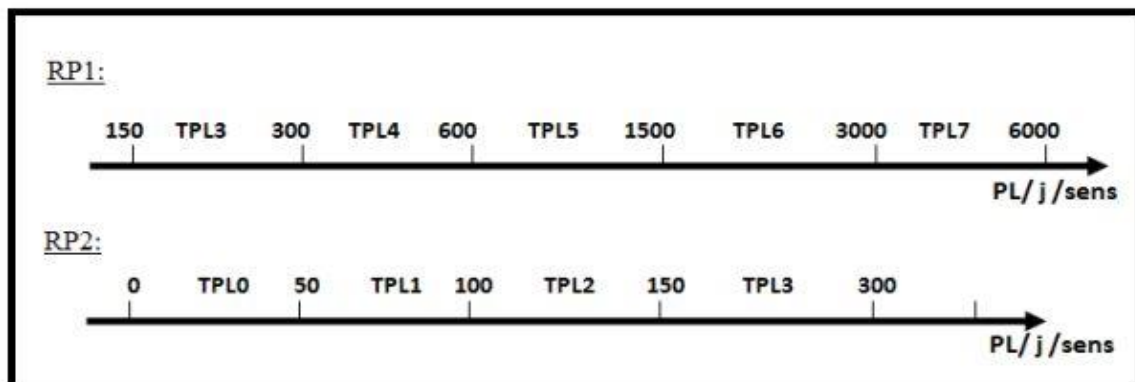


Figure.26 : Les niveaux de réseau principal

• **Détermination des classes de portance de sols support :**

Les différentes expériences ont fait ressortir la relation :

$$E \text{ (MPa)} = 5.CBR.$$

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Teq	Région
I	>600	Très humide	20	Nord
II	350-600	Humide	20	Nord, hauts plateaux
III	100-350	Semi-aride	25	Hauts plateaux
IV	<100	aride	30	sud

Tableau N°12 : Tableau exprimé les classe de sol en fonction de la déflexion

Il existe différents type de couches de forme suivant le cas de portance du sol terrassé (Si) et la classe du sol support visée (Sj).

Classe portance du sol terrassé (Si)	Matériaux de C.F	Epaisseur de C.F	Classe portance du sol support visée (Sj)
<S4	Matériau NT	50cm(en 2c)	S3
S4	Matériau NT	35cm	S3
S4	Matériau NT	60cm(en 2c)	S2
S3	Matériau NT	40cm(en 2c)	S2
S3	Matériau NT	70cm(en 2c)	S2

Tableau N°13 : Epaisseur de couche de fondation en fonction de la portance du sol

• **Les zones climatiques :**

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Teq	Région
I	>600	Très humide	20	Nord
II	350-600	Humide	20	Nord, hauts plateaux
III	100-350	Semi-aride	25	Hauts plateaux
IV	<100	aride	30	sud

Tableau N°14 : Les zones climatiques de l'Algérie

VI.6 Application au Projet :

VI.6.1 Méthode C.B.R :

• Données de l'étude :

$V_r = 40 \text{ Km/h}$

Année de comptage : 2011.

$TJMA_{2010} = 1350 \text{ v/j}$

Mise en service : 2016

Durée de vie : 20 ans

Taux d'accroissement : $\square = 4\%$

Pourcentage de poids lourds : $Z = 29\%$

• Répartition de trafic :

$TJMA_{2010} = 1350 \text{ (V/j/sens)}$

$TPL_{2010} = 0,29 \times 1350 = 391 \text{ (PL/j/sens)}$

$TPL_{2016} = 0,29 \times TJMA_{2016} = 0,29 \times 1708 = 495 \text{ (PL/j/sens)}$

$TPL_{2036} = 0,29 \times TJMA_{2036} = 0,29 \times 3742 = 1085 \text{ (PL/j/sens)}$

• Calcul d'épaisseur :

$TMJA \times 365 \times 1.5t \geq 100000 \text{ t/ans} \Rightarrow 3742 \times 365 \times 1.5 = 2048745 \text{ (t/ans)} > 100000 \text{ (t/ans)}$

$$e = \frac{100 + \sqrt{p} (75 + 50 \log \frac{N}{10})}{ICBR + 5}$$

$$\Rightarrow e = \frac{100 + \sqrt{6,5} (75 + 50 \log \frac{3742}{10})}{5 + 5} \approx 62 \text{ cm}$$

$e = 62 \text{ cm}$

• Epaisseur équivalente :

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche :

Couche de roulement : BB=6 cm → c1 = 2 cm (béton bitumineux)

Couche de base : GB=18 cm → c2 = 1,2 cm (grave bitume)

Couche de fondation : GC=35 cm → c3 = 1 cm (grave concassée)

$$e = 2 \times 6 + 1.2 \times 18 + 1 \times 35 = 69 \text{ cm}$$

Donc l'épaisseur réelles est de : **6 (BB) + 18 (GB) + 35 (GC) = 59 cm**

VI.6.2 Méthode Du Catalogue Des Structures :

La durée de vie : 20 ans (RP2 et MTB)

Le risque de calcul considéré : r = 20 % (RP2, GB/GNT et TPL3)

Les données climatiques : $\theta_{eq} = 20 \text{ °C}$ (zone climatique I)

Le trafic :

$$TC_{2036} = TPL_{2036} \times \frac{(1 + \tau)^{20} - 1}{\tau} \times 365$$

$$TC_{2036} = 1085 \times \frac{(1 + 0,04)^{20} - 1}{0,04} \times 365 = 11,79 \times 10^6 \text{ PL}$$

$$TCE_{2036} = TPL_{2036} \times \frac{(1 + \tau)^{20} - 1}{\tau} \times 365 \times A$$

$$TCE_{2036} = 1085 \times \frac{(1 + 0,04)^{20} - 1}{0,04} \times 365 \times 0,6 = 7 \times 10^6 \text{ (PL/j/sens)}$$

Calcul des déformation admissible sur le sol support (ϵ_z, adm) :

$$\epsilon_z, adm = 22 \times 10^{-3} (TCE_{2036})^{-0.235} = 22 \times 10^{-3} (7 \times 10^6)^{-0.235}$$

$$\epsilon_z, adm = 5,41 \times 10^{-4} \text{ def}$$

Calcul des déformation admissible à la base de la GB (ϵ_t, adm) :

$$\epsilon_t, adm = \epsilon_6(10^\circ\text{C}, 25\text{Hz}) k_{ne} \times k_\theta \times k_r \times k_c$$

$$(t = -1.036 ; b = -0.146 ; Sh = 3 ; c = 0.02 ; k_c = 1,30)$$

$$K_{ne} = (TCE_{2036} \times 10^6 / 10^6)^{-1.46} = (7 \times 10^6 / 10^6)^{-1.46} = 0,752$$

$$k_\theta = \sqrt{\frac{E(10^\circ\text{C})}{E(\theta_{eq})}} = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1,34$$

$$k_r = 10^{-(t.b.\delta)} \text{ avec : } \delta = \sqrt{SN^2 + \left(\frac{c}{b} \times sh\right)^2} = 0,609 \rightarrow K_r = 0,809$$

$$\epsilon_{t, adm} = 100 \times 10^{-6} \times 0,752 \times 1,34 \times 0,809 \times 1,30 = 1,05 \times 10^{-4}$$

	Epaisseur (cm)	Modules (MPa)	Coéf. de Poisson (u)
Couche de roulement	6	4000	0.35
Couche de base	18	7000	0.35
Couche de fondation 1	10	155	0.25
Couche de fondation 2	25	62	0.25
Sol support	Sol(C .forme)	25	0.35

Tableau N°15 : Données d'entrée au calcul par Allizi III

RESULTATS FINALS :

	Déformations calculées par Allizi III	Déformations admissibles
ϵ_z Sol support	$5,41 \times 10^{-4}$	$7,72 \times 10^{-4}$
et à la base de GB	$1,05 \times 10^{-4}$	$1,32 \times 10^{-4}$

Le corps de chaussée final est : **6(BB) +18(GB) +35(GC) +35 (GNT)**

VI.6.3 Méthode De Catalogue Des Chaussées Neuves (Cttp)

Réparation transversal de trafic

Chaussée Bidirectionnel à deux voies.

$$TPL_{2016} = (1708 \times 0.29) \times 0.5 = 247,66$$

$$TPL_{2016} \approx 248 \text{ (pl/j/sens)}$$

Trafic poids lourds : **TPL est compris entre 150 et 300**

Donc : la classe de trafic est : **TPL3**

• **La zone climatique :**

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie, la wilaya de SKIKDA est dans la zone climatique I (>600mm/an).

• **Classe de sol support :**

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir : S3, S2, S1, S0. Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante : $E \text{ (MPa)} = 5 \cdot \text{CBR}$

Classes de sol-support	S3	S2	S1	S0
Module (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

$E \text{ (MPa)} = 5 \times 5 = 25 \text{ (MPa)}$ la classe de portance de sol support est de S3.

D'après le catalogue des structures on trouve la structure suivante :

<i>Classe de portance de sol terrassé (Si)</i>	<i>Matériau de couche de forme</i>	<i>Epaisseur de matériau de couche de forme</i>	<i>Classe de portance de sol support visé (Sj)</i>
<S4	Matériau non traité (*)	50 cm (en 2 couches)	S3
S4	//	35 cm	S3
S4	//	60 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	40 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	70 cm (en 2 couches)	S1

Tableau N°16 : Sur Classement Avec Couche De Forme En Matériau Non Traité

On a besoin de faire une couche de forme de 35 cm pour augmenter la portance de sol.

• **Choix De Dimensionnement :**

Nous sommes dans le réseau principal (RP2), la zone climatique I, durée de vie de 20 ans, taux d'accroissement (4%), portance de sol (S3) et une classe de trafic (TPL3).

Couche de roulement : BB=6 cm

Couche de base : GB=18 cm

Couche de fondation : GC=35 cm

Avec une couche de forme en GNT de 35 cm d'épaisseur.

Donc Le corps de chaussée final est : 6(BB) +18(GB) +35(GC) +35 (GNT)

VI.7 Conclusion :

Bien que la méthode CBR permette d'obtenir le corps de chaussée le plus économique, la méthode retenue pour notre projet est celle du catalogue algérien, pour les raisons suivantes :

- Elle repose sur les performances des matériaux.
- Elle repose sur les déformations admissibles.
- Elle prend en compte la fatigue des matériaux.
- De plus, cette méthode est une méthode algérienne établie et conçue par le CTTTP, validée par le ministère des Travaux Publics.

Chapitre VII

Cubatures

Cubatures

VII.1 Introduction :

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général.

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers.

La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai).

Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle (les cubatures des terrassements).

VII.2 Définition :

Les cubatures sont déterminées par le nombre de cubes de déblais et de remblais présents dans le projet, afin d'obtenir une surface uniforme qui se rapproche sensiblement et qui est adjacente à la ligne rouge de notre projet. Le profil en long et le profil en travers doivent comporter un nombre de points suffisamment proches pour minimiser la différence entre les lignes reliant ces points et la ligne du terrain qu'ils représentent.

VII.3 Méthode De Calcul Des Cubatures :

Les cubatures sont les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul.

VII.3.1 Méthode De SARRAUS :

Cette méthode « formule des trois niveaux » consiste à calculer le volume déblai ou remblai des tronçons compris entre deux profils en travers successifs. En utilisant la formule qui calcul le volume compris entre deux profils successifs.

$$V = \frac{h}{6} \times (S1 + S2 + 4 \times Smoy)$$

Avec :

h : Hauteur entre deux profils.

S_1, S_2, S : Surface des profils.

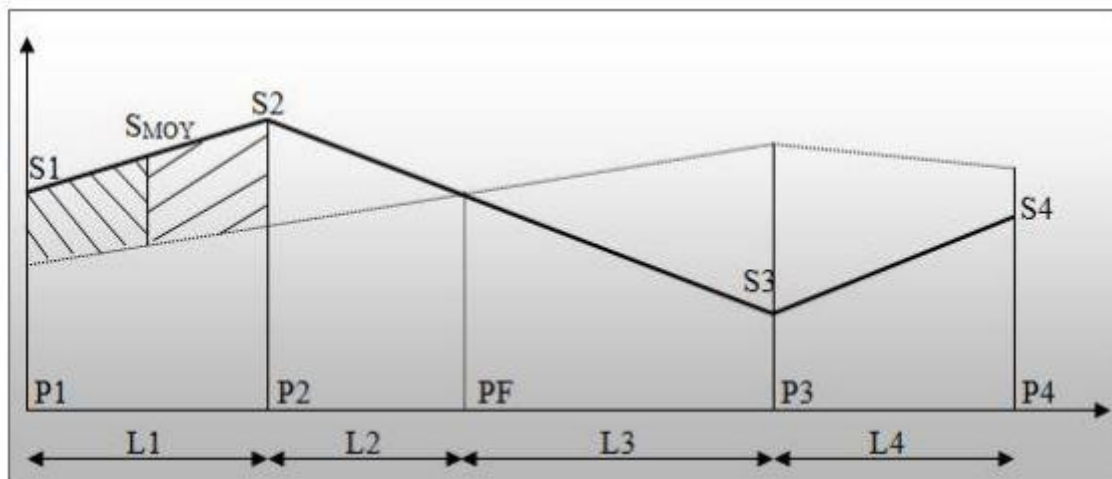
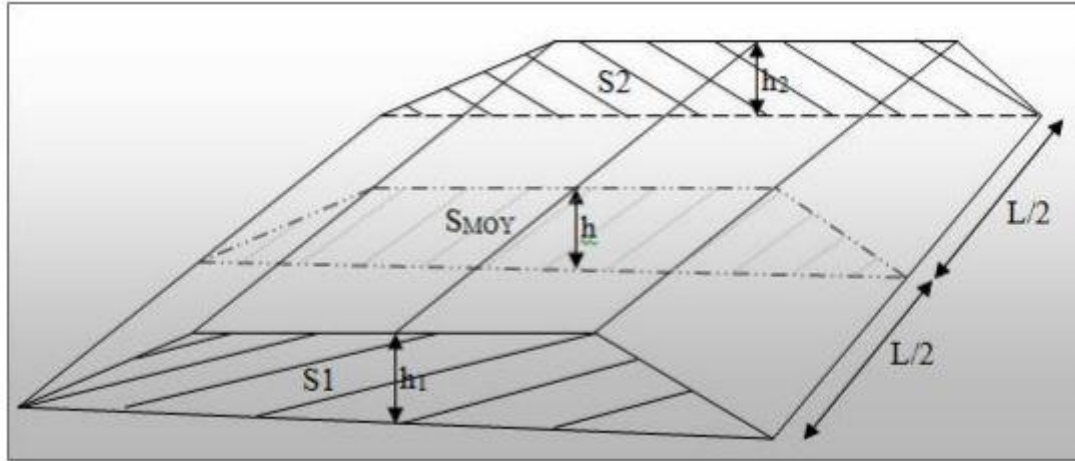


Figure.27 : Calcul Des Cubatures De Terrassement

Avec :

PF : profil fictive, surface nulle

S_i : surface de profil en travers P_i

L_i : distance entre ces deux profils

S_{MOY} : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance L_i) Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très.

Le volume compris entre les deux profils en travers P_1 et P_2 de section S_1 et S_2 sera égale à :

$$V = \frac{Li}{6} \times (\mathbf{S1} + \mathbf{S2} + 4 \times \mathbf{Smoy})$$

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions Smoy et $\frac{S1+S2}{2}$

Ceci donne :

$$V = \frac{Li}{2} \times (\mathbf{S}_i + \mathbf{S}_{i+1})$$

Donc les volumes seront :

$$V_1 = \frac{L1}{2} \times (\mathbf{S}_1 + \mathbf{S}_2) \quad \text{Entre P1 et P2}$$

$$V_2 = \frac{L2}{2} \times (\mathbf{S}_2 + \mathbf{S}_0) \quad \text{Entre P2 et PF 85}$$

$$V_3 = \frac{L3}{2} \times (\mathbf{S}_0 + \mathbf{S}_3) \quad \text{Entre PF et P3}$$

$$V_4 = \frac{L4}{2} \times (\mathbf{S}_3 + \mathbf{S}_4) \quad \text{Entre P3 et P4}$$

En additionnant membres à membre ces expressions on a le volume total des terrassements :

$$V1 = \frac{L1}{2} S_1 + \frac{L1+L2}{2} S_2 + \frac{L2+L3}{2} \times 0 + \frac{L3+L4}{2} S_3 + \frac{L4}{2} S_4$$

VII.3.2 Méthode De GULDEN :

Dans cette méthode on distingue deux différents sous méthodes de calcul dont la première est celle dite de GULDEN où les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application au droit de leur centre de gravité, prenant en compte la courbure au droit de profil.

Mais dans l'autre méthode classique les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application à l'axe (indépendant de la courbure).

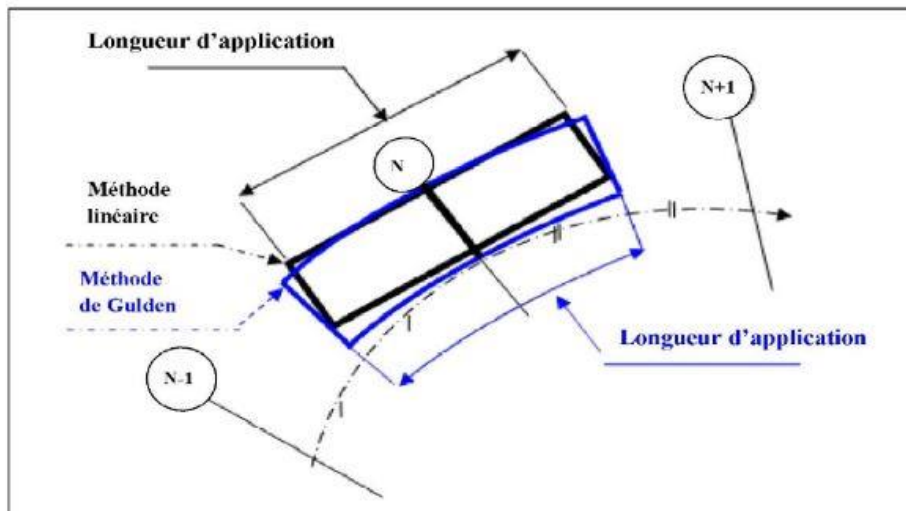


Figure.28 : Méthode de Gulden

VII.3.3 Méthode Linéaire :

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan.

VII.4 Calcul De Cubature De terrassement :

Le calcul est effectué à l'aide du logiciel piste.

→ Le volume de déblais est de : $VD = 158659 \text{ m}^3$

→ Le volume de remblai est de : $VR = 17700 \text{ m}^3$

- Les résultats de calcul des cubatures sont joints en Annexe.

Chapitre VIII

Assainissement

Assainissement

VIII.1 Introduction :

L'assainissement des routes constitue un élément crucial lors de la conception, de la construction et de l'exploitation des infrastructures linéaires. L'eau représente le principal ennemi des routes en raison des multiples problèmes complexes qu'elle engendre sur la chaussée, mettant ainsi en péril la sécurité des usagers (risque de glissance, inondations, réduction des conditions de visibilité, éjection de gravillons par délitage des couches de surface, etc.) et impactant la durabilité de la chaussée en affaiblissant la portance des sols de fondation.

VIII.2 Types de dégradation :

Les types de dégradation provoquée par les eaux sont engendrés comme suit :

Pour les talus :

- Glissement.
- Erosion.
- Affouillements du pied de talus.

Pour les chaussées :

- Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
- Dés enrobage.
- Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée).
- Décollement des bords (affouillement des flancs).

VIII.3 Objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée.

(danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).

- Eviter les problèmes d'érosions
- Réduction du coût d'entretien.
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme.

VIII.4 Assainissement de la chaussée :

L'identification de l'exutoire pour des structures telles que les dalots, les ponceaux, les ponts, etc., dépend du débit de crue qui est évalué en fonction des mêmes critères. Les ouvrages souterrains les plus fréquemment utilisés pour drainer de faibles débits sont les dalots et buses à section circulaire.

Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer ces deux catégories :

- Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cunettes, caniveaux).
- Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur et dalot).

VIII.5 Réseau D'assainissement :

Un réseau est constitué d'un assemblage d'ouvrages élémentaires, linéaires ou ponctuels superficiels ou enterrés.

Son rôle est de collecter les eaux superficielles ou internes et de les canaliser vers un exutoire, point de rejet hors de l'emprise routière ; il peut également contribuer au rétablissement d'un écoulement naturel de faible importance, coupé par la route.

Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de la route dans les meilleures conditions possibles et avec un moindre coût.

Le réseau d'assainissement routier est composé de :

- réseaux longitudinaux sur la plate-forme
- réseaux longitudinaux en dehors de la plate-forme.
- liaisons transversales
- ouvrages de raccordement.

- ouvrages de contenance et de dépollution.
- exutoires.

VIII.5.1 Réseaux longitudinaux sur la plate-forme :

On distingue :

- ***Le réseau de terre-plein central (TPC) :***

Son but est de collecter et d'évacuer les eaux issues du TPC et des demi-chaussées déversées.

- ***Le réseau de pied de talus de déblai :***

Ce réseau a pour fonction de collecter les eaux issues du ruissellement du talus de déblai, de la chaussée, de la bande d'arrêt d'urgence et des bermes. En principe on utilise une cunette ou un fossé accueillant (pente de 25% maximum coté chaussée) ou un caniveau rectangulaire fermé si la place est insuffisante.

- ***réseau de crête de talus de remblai :***

Il recueille les eaux de ruissellement en provenance de la chaussée et de l'accotement pour éviter le plus souvent une érosion du talus et éviter de mélanger les eaux de la chaussée et du terrain naturel avant traitement.

Les ouvrages habituellement utilisés sont soit le caniveau rectangulaire soit la bordure caniveau.

Lorsque le talus dépasse 2m dans les régions où les pluies ont une forte intensité ou 4m dans les autres cas un réseau de crête est nécessaire. Pour des talus pas très haut, ce type d'ouvrage ne s'impose pas.

VIII.5.2 Réseaux longitudinaux en dehors de la plate-forme :

- ***réseau de crête de talus de déblai :***

Il a pour prévenir l'érosion du talus et les infiltrations pouvant mettre en péril la stabilité du terrain. Il capte les eaux de ruissellement du bassin versant naturel modifié par l'aménagement routier ; les structures utilisées peuvent être des fossés trapézoïdaux, des fossés triangulaires ou des demi-buses.

• ***réseau de pied de talus de remblai :***

Il collecte les eaux de ruissellement provenant de la chaussée, de l'accotement et du talus afin de protéger le pied de talus du remblai ou le bassin en aval. Le fossé en terre est l'ouvrage classique. Il est important de vérifier que le profil en long du terrain naturel est adapté à ce type d'ouvrage. Si la vitesse de l'eau dépasse 1,50 m/s ou est inférieure à 0,30 m/s, un revêtement peut être nécessaire, notamment sur des sols fins.

VIII.5.3 liaisons transversales :

Comprennent les ouvrages assurant un transfert des écoulement d'un réseau longitudinal vers un autre comme les descentes d'eau superficielles et les descentes d'eau enterrées.

VIII.5.4 les ouvrages de raccordement :

Ils servent de jonction entre deux éléments de réseaux différents. Il s'agit notamment des regards et des différents raccordements des liaisons transversales avec le réseau longitudinal ou de réseaux longitudinaux différents. Ces ouvrages sont préfabriqués ou coulés sur place et il s'agit de :

Regards de visite : nécessaire pour l'entretien et le contrôle des collecteurs enterrés.

Regards avaloirs : servant à l'engouffrement des eaux.

Divers raccordements (bourellets/descentes ; descentes/fossés....).

VIII.5.5 ouvrages de contenance et de dépollution :

Ces Rôles est l'écrêtement la dépollution. et on a plusieurs types d'ouvrages comme fossé enherbé, bassin sec et fossé subhorizontal enherbe.

VIII.5.6 les exutoires :

L'exutoire est considéré comme le point de sortie d'un réseau d'assainissement ou d'un bassin versant. et on a plusieurs types :

Exutoires naturels : comme les cours d'eaux et les canaux...

Exutoires artificiels : comme canalisation d'un réseau d'assainissement existant, fossé, bassin d'infiltration...

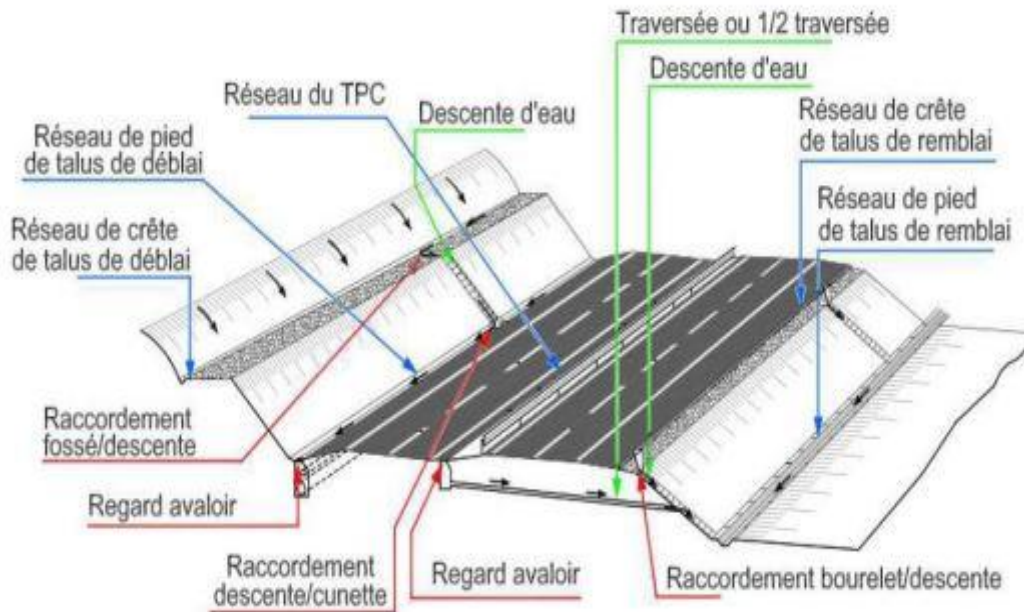


Figure.29 : Réseau d'assainissement routier

VIII.6 Définition Des Termes Hydrauliques :

- **Bassin Versant :**

Un bassin versant correspond à l'ensemble de la surface qui reçoit les eaux qui circulent vers un même cours d'eau ou vers une même nappe d'eau souterraine. Il se délimite par des lignes de partage des eaux entre les différents bassins.

- **Collecteur Principal (Canalisation) :**

Canalisation destinée à recueillir les eaux usées, les fumées, provenant de plusieurs canalisations secondaires. Collecteur principal, qui recueille et conduit les eaux usées à l'égout. En apposition. Égout collecteur, où viennent se réunir les eaux de plusieurs égouts adjacents.

- **Bassin de contenance :**

Terme générique désignant un ouvrage installé en série ou en parallèle d'un réseau et destiné à stocker temporairement les eaux de ruissellement. Autres termes usités : bassin d'amortissement, de rétention, de stockage ou tampon et bassin écrêteur.

- **Fossés De Crêtes :**

C'est un outil construit à fin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des pluies.

• **Décente D'eau :**

Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêts.

• **Caniveau :**

Famille d'ouvrages de collecte et de transport longitudinal des eaux de ruissellement de la route.

• **crue :**

C'est une forte augmentation, un accroissement du débit et de la hauteur d'eau en écoulement d'un fleuve, d'une rivière, d'un cours d'eau.

• **Cunette :**

Fossé peu profond engazonné ou revêtu et aux formes douces pour améliorer la sécurité des usagers.

• **Les Regards :**

Ils se composent d'un puits vertical équipé d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont la fonction est d'assurer diverses tâches telles que le raccordement des conduites, la ventilation et l'entretien pour le réseau, ainsi que de résister aux charges roulantes et aux poussées des terres.

• **Dalot :**

Ouvrage hydraulique enterré de section rectangulaire préfabriqué ou coulé en place et à forte capacité. Il est généralement utilisé pour évacuer les eaux au débit important, sous les traverses de voies ferrées ou de routes.

• **Hydraulique :**

Étude de l'écoulement des liquides et en particulier de l'eau.

VIII.7 Dimensionnement De Réseau D'assainissement :

Le dimensionnement adéquat des ouvrages transversaux est celui qui répond aux conditions suivantes :

$$Q_a < Q_s$$

Q_a : débit d'apport (m^3 /s). Q_s : débit de saturation de l'ouvrage (m^3 /s).

VIII.7.1 Estimation de débit d'apport Qa :

Le débit maximum limite est déterminé par la formule rationnelle suivante :

$$Q_a = K.C.I.A$$

Avec :

Qa : Débit maximum d'eau pluviale (m³ /s).

C : Coefficient de ruissellement.

I : Intensité de la pluie (mm/h).

K : Coefficient de conversion des unités.

A : Air du bassin d'apport (km²).

Remarque importante :

D'après SETRA : la formule $Q_a = K \times C \times I_r \times A$ est empirique, elle a été faite pour les unités suivantes :

- Qa en (m³ /s) valable pour : It en (mm/h) ; A en (km²) ; K= 0.2778
- Qa en (L/s) valable pour : It en (mm/h) ; A en (ha) ; K= 2.778

VIII.7.2 Superficie des bassins d'apports :

La superficie des bassins d'apports d'eaux pluviales a été délimitée et calculée directement par le logiciel de dessin AUTO CAD moyennant la carte topographique (carte d'état-majeur).

VIII.7.3 Coefficient de ruissellement :

C'est le rapport de volume d'eau qui ruisselle sur cette surface au volume d'eau tombe sur elle. Il peut être choisi suivant le tableau ci-après :

Type de chaussée	Coefficient « C »	Valeurs prise
Chaussée revêtue en enrobé	0.8 à 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 à 0.40	0.35
Talus, sol perméable	0.10 à 0.30	0.25
Terrain naturel	0.05 à 0.20	0.20

Tableau N°17 : Coefficient de ruissellement

VIII.7.4 l'intensité de la pluie I_t :

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^B \quad B = b - 1 \quad \text{avec : } b=0,36$$

I : Intensité de la pluie (mm/h).

t_c : temps de concentration (heure)

I : l'intensité de l'averse pour une durée de 1h

$$I = \frac{P_j}{24}$$

VIII.7.5 Temps de concentration t_c :

La durée « t » de l'averse produisant le débit maximum Q est prise égal au temps de concentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandothi, comme suit :

Lorsque $A < 5 \text{ km}^2$:

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}}$$

Lorsque $5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$:

$$t_c = 0,108 \times \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{p}}$$

Lorsque $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A+1,5L}}{0,8\sqrt{H}}$$

Avec :

T_c : Temps de concentration (heure).

A : Superficie du bassin versant (km^2).

L : Longueur des thalwegs principaux (km).

P : Pente moyenne des thalwegs principaux (m.p.m).

L : Longueur du thalweg principal (km).

H : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

VIII.7.6 Pluie journalière maximale annuelle Pj:

La détermination de l'intensité de pluie comprend différentes étapes de calcul :

- Hauteur de pluie journalière maximale annuelle, elle est donnée par la formule suivante :

$$P_j = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{Cv^2+1}} \times \exp(u \sqrt{\ln Cv^2 + 1})$$

Avec :

P_jmoy : la pluie journalière moyenne (mm).

Cv : Coefficient de variation.

U : Variable de Gauss.

Ln : Log. Népérien.

Fréquence au dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (années)	2	5	10	20	50	100
Variable de GAUSS (μ)	0	0.84	1.28	1.64	2.05	2.3

Tableau N°18 : Variation de Gauss

- Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.
- Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans
- Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

VIII.7.7 La fréquence d'averse :

On la détermine par la formule :

$$P_t = P_j (\%) \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^B$$

Avec :

P_t : hauteur de pluie de durée t (mm)

P_J : pluie journalière maximale annuelle.

b : l'exposant climatique de la région.

tc : Temps de concentration (heure).

VIII.7.8 Estimation des débits de saturation des ouvrages :

Le débit de saturation ou le débit capable est calculé par le biais de la formule de Manning Strickler sur un écoulement en régime uniforme.

$$Q_s = K_{st} \cdot S_m \cdot R_h^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Avec :

K : Coefficient de Manning Strickler.

i : Pente de pose de l'ouvrage.

S : Section mouillée (m²).

Rh : Rayon hydraulique moyen (m).

$R_h = S_m / P_m$ (Surface mouillée/Périmètre mouillé)

$$S_m = \frac{\pi R^2}{2} \quad P_m = \pi R \quad \rightarrow \quad R_h = \frac{R}{2}$$

Coefficient de MANNING-STRICKLER :

K = 80 pour buses préfabriquée sen BA.

K= 65 pour les dalots en BA

Hauteurs de remplissage : $H_r = 0.75 \varnothing$

VIII.7.9 Pente de pose des ouvrages :

La pente maximale de pose des ouvrages est celle qui correspond à une vitesse maximale de 4m/s selon le document SETRA (1984) et ceci afin d'éviter l'action abrasive des eaux sableuses et la formation de dépôts (pierres, terres, ... etc) qui peuvent conduire à l'obstruction des ouvrages, et pour assurer aussi l'auto curage.

VIII.8 Application Au Projet :

Données hydrauliques :

Les données nécessaires aux calculs concernent sont :

La pluie journalière moyenne (pjmoy) : P24 = pj moy = 63 mm

Le coefficient de variation climatique Cv = 0,37

Exposant climatique b = 0.50

Calcul de la pluie journalière maximale annuelle Pj :

Pour une période de retour égale à 10 ans :

$$u = 1,28 \quad C_v = 0,37 \quad P_{jmoy} = 63\text{mm.}$$

Pendant 10ans : (les buses) :

$$P_j (10\%) = \frac{63}{\sqrt{0,37^2+1}} \times e^{2,05\sqrt{\ln(0,37^2+1)}}$$

$$P_j (10\%) = 73,63 \text{ mm}$$

Pour une période de retour égale à 50 ans :

$$u = 2,05 \quad C_v = 0,37 \quad P_{jmoy} = 63\text{mm.}$$

Pendant 50ans : (les buses) :

$$P_j (50\%) = \frac{63}{\sqrt{0,37^2+1}} \times e^{2,05\sqrt{\ln(0,37^2+1)}}$$

$$P_j (50\%) = 117,93 \text{ mm}$$

Pour une période de retour égale à 100 ans :

$$u = 2,3 \quad C_v = 0,37 \quad P_{jmoy} = 63\text{mm.}$$

Pendant 100 ans : (les buses) :

$$P_j (100\%) = \frac{63}{\sqrt{0,37^2+1}} \times e^{2,05\sqrt{\ln(0,37^2+1)}}$$

$$P_j (100\%) = 132,31 \text{ mm}$$

L'intensité horaire I :

$$I = P_j/24$$

$$I(10\%) = 73,63/24 = 3,06 \text{ mm}$$

$$I(50\%) = 117,93/24 = 4,91 \text{ mm}$$

$$I(100\%) = 132,31/24 = 5,51 \text{ mm}$$

calcul de la surface du bassin versant

Les buses ainsi que les fossés sont dimensionnés pour évacuer le débit apporté par l'ensemble des bassins versants de la chaussée et la berme et le talus.

$$\text{Largeur de la chaussée revêtue} = 2 \times 2 \times 3,5 = 14 \text{ m}$$

$$\text{Largeur de l'accotement} = 2 \times 1 = 2 \text{ m}$$

Largeur du talus 10m

$$A_c = 14 \times 100 \times 10^{-4} = 0.14 \text{ ha}$$

$$A_a = 2 \times 1 \times 100 \times 10^{-4} = 0.02 \text{ ha}$$

$$A_t = 10 \times 100 \times 10^{-4} = 0.10 \text{ ha}$$

$$A = 0.14 + 0.02 + 0.10 = 0.26 \text{ ha}$$

A_c : la surface de la chaussée.

A_a : la surface de l'accotement.

A_t : la surface de talus.

A : la surface totale.

Calcul des débits d'apport

$$Q_a = K.C.I.A$$

✓ **Le débit apporté par la chaussée**

$$C = 0,95 \quad P = 1,5\% \quad I(50\%) = 4,91 \text{ mm/h} \quad A = 0,14 \text{ ha.}$$

Temps de concentration

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \sqrt{\frac{0.14}{1.5}} = 0.038 \text{ h}$$

Intensité de pluie

$$I_t = I(\%) \cdot \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4,91 \cdot \left(\frac{0.038}{24}\right)^{0.37-1} = 285,33 \text{ mm/h}$$

Débit d'apport

$$(Q_a)_{chaussée} = 2,778 \times 0,95 \times 285,33 \times 0,14 = 0,105 \text{ m}^3/s$$

✓ **Le débit apporté par l'accotement**

C=0,4 P=1% I(50%)=4,91 mm/h A=0,02 ha.

Temps de concentration

$$t_c = 0,127 \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \sqrt{\frac{0,02}{1}} = 0,017h$$

Intensité de pluie

$$I_t = I(\%) \cdot \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4,91 \cdot \left(\frac{0,017}{24}\right)^{0,37-1} = 473,62 \text{ mm/h}$$

Débit d'apport

$$(Q_a)_{accot} = 2,778 \times 0,4 \times 473,62 \times 0,02 = 0,010 \text{ m}^3/s$$

✓ **Le débit apporté par le talus**

C=0,3 P=1% I(50%)=4,91 mm/h A=0,1 ha.

Temps de concentration

$$t_c = 0,127 \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \sqrt{\frac{0,1}{1}} = 0,04h$$

Intensité de pluie

$$I_t = I(\%) \cdot \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4,91 \cdot \left(\frac{0,04}{24}\right)^{0,37-1} = 276,25 \text{ mm/h}$$

Débit d'apport

$$(Q_a)_{talus} = 2,778 \times 0,3 \times 276,25 \times 0,1 = 0,023 \text{ m}^3/s$$

Le débit apporté total est :

$$Q_a = 0,105 + 0,010 + 0,023 = 0,138 \text{ m}^3/s$$

Tous les autres calculs liés au projet sont représentés comme suit :

Bassin versant	S (km²)	L (km)	TC (h)	H.max (m)	H.min (m)	Pente (m/m)	Qap (m³/s)
N°01	0,223	0,886	0,109	287	18	30,361	4,914
N°02	0,078	0,356	0,050	201	18	51,404	2,853
N°03	0,067	0,420	0,062	145	25	28,571	2,134
N°04	0,056	0,220	0,046	115	23	41,818	2,119
N°05	-	-	-	-	-	-	-

Abscisses	Bassin versant	Ouvrage proposé	Longueur (m)	S mouillée (m²)	P mouillé (m)	Rh (m)	Pente (m/m)	Débit de sat (m³/s)	Qap (m³/s)	Vitesse (m/s)
0+320	N°01	2 Ø1000	14.00	4,200	4,200	0,301	0,015	5,562	4,914	3,888
0+540	N°02	2 Ø1000	15.00	4,200	4,200	0,301	0,010	4,541	2,853	2,257
0+920	N°03	1 Ø1000	17.00	2,100	2,100	0,301	0,010	2,271	2,134	3,377
0+940	N°04	1 Ø1000	20.00	2,100	2,100	0,301	0,010	2,271	2,119	3,352

Tableau N°19 : Récapitulatif des ouvrages d'assainissement

Remarque :

Par manqué des données hydrologiques, les ouvrages busés proposés étaient justes pour pouvoir mettre en application les méthodes de calcul hydrauliques. Le choix du Ø1000 était uniquement pour faciliter leur entretien.

Chapitre IX

Etude du carrefour

Etude du carrefour

IX.1 Introduction :

Avec l'augmentation du nombre de véhicules et l'expansion des agglomérations, la circulation en milieu urbain rencontre de plus en plus les problèmes d'ordre topologique que posent les axes routiers à fortes densités de circulation automobiles.

Les carrefours représentent une partie importante d'une route, la fluidité, la sécurité, et l'intégration aux sites sont les buts recherchés les règles essentielles de conception sont : la lisibilité, la visibilité, la capacité la sécurité et enfin l'esthétique.

Elles représentent une partie importante d'une route, la fluidité, la sécurité, et l'intégration aux sites sont les buts recherchés les règles essentielles de conception sont : la lisibilité, la visibilité, la capacité la sécurité et enfin l'esthétique.

IX.2 Apprentissage de données pour l'aménagement d'un carrefour :

Le type d'aménagement est choisi en tenant compte de plusieurs critères :

- L'intensité et la composante des différents courants.
- Les vitesses d'approche pratiquées
- Les conditions topographiques, notamment la visibilité en plan et en profil en long.
- Les renseignements sur la quantité, la nature, la localisation et les causes des accidents survenus au carrefour en question avant les travaux d'aménagement.
- Le rôle des itinéraires et la nature du trafic qui les emprunte.

IX.3 Choix De l'aménagement d'un carrefour :

- L'intensité et la nature du trafic d'échange dans les différents sens de parcours.
- Objectif de fonctionnement privilégié pour un type d'utilisateur.
- L'environnement et la topographie du terrain d'implantation.
- Objectif de la capacité choisie.
- Objectif de sécurité.

IX.4 Type des carrefours :

Les principaux types de carrefour que présentent les zones urbaines sont :

IX.4.1 Carrefour à trois branches (en T) :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires. Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.

IX.4.2 Carrefour à trois branches (en Y) :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principale est oblique (s'éloignant de la normale de plus 20°).

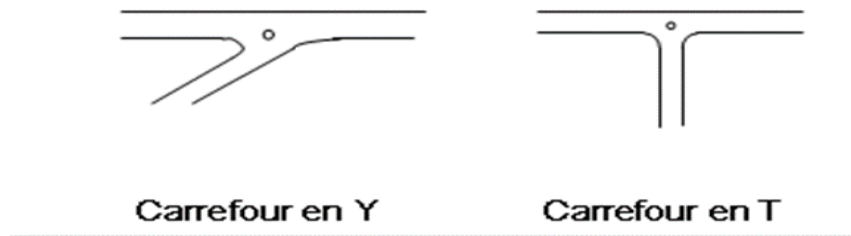


Figure.30 : Carrefour à trois branches

IX.4.3 Carrefour à quatre branches (en croix) :

C'est un carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi)

IX.4.4 Carrefour giratoire :

Un carrefour giratoire est l'aménagement d'une voie circulaire à sens unique vers laquelle convergent un certain nombre de routes d'entrée et où toute la circulation suit une même direction en tournant autour d'un îlot central, dans le sens contraire des aiguilles d'une montre ou en sens contraire selon que la conduite. Un carrefour giratoire, comporte au moins trois branches raccordées entre elles au moyen d'une chaussée continue à sens unique, généralement de forme circulaire.

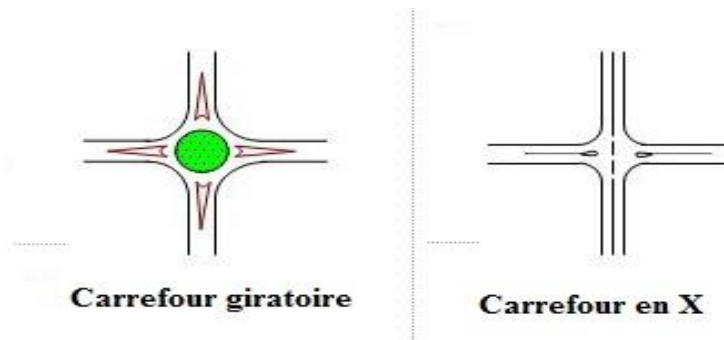


Figure.31 : Carrefour à quatre branches

IX.4.5 Carrefour à branches multiples :

Un carrefour à branches multiples est un carrefour à cinq branches ou plus.

IX.5 Les Règles D'aménagement D'un Carrefour :

IX.5.1 Principes essentiels :

- La visibilité :

Il est essentiel d'assurer les meilleures conditions de visibilité possible lors de l'aménagement d'un carrefour, en se basant notamment sur les vitesses d'approche à vide. En cas de visibilité insuffisante, il convient de prévoir :

- Une signalisation appropriée dont le but est soit d'imposer une réduction de vitesse soit de changer les régimes de priorité.
- Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlot séparateur ou débouché des voies non prioritaires).

Triangle de visibilité :

Un triangle de visibilité peut être associé à un conflit entre deux courants. Il a pour sommets :

- Le point de conflit.
- Les points limites à partir desquels les conducteurs doivent apercevoir un véhicule adverse.

- La simplicité :

Utiliser des intersections simples, facilement reconnaissables et dont le fonctionnement est bien compris par les utilisateurs.

- La cohérence :

La configuration géométrique de l'intersection doit correspondre au comportement attendu de l'utilisateur (elle doit contraindre la trajectoire de l'utilisateur non prioritaire, tout comme le ferait la signalisation).

IX.5.2 Implantation :

Les principes de base de l'implantation sont les suivants :

- Les cisaillements doivent se produire sous un angle de 90 ± 20 pour garantir de meilleures conditions de visibilité, anticiper les vitesses sur l'axe transversal et assurer une largeur de traversée minimale.
- Réduire la vitesse des courants non prioritaires en utilisant les caractéristiques géométriques.
- Regrouper les accès à la route principale.
- Assurer une bonne visibilité au carrefour.
- Éviter les points hauts et les courbes de faible rayon.
- Accorder une attention particulière à la signalisation horizontale et verticale.

IX.5.3 Données de base :

- La nature du trafic circulant sur les itinéraires.
- La vitesse d'approche à vide (V_0) dépendant des caractéristiques réelles de l'itinéraire au point considéré et pouvant être supérieure à la vitesse de base.
- Les conditions topographiques.

IX.6 Fonctionnement du carrefour giratoire :

C'est un carrefour plan comportant un îlot central (normalement circulaire) matériellement infranchissable, ceinturé par une chaussée mise à sens unique par la droite, sur laquelle débouchent différentes routes et annoncé par une signalisation spécifique. Ils sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre des véhicules virant à gauche est important.

La circulation se fait à sens unique autour du terre-plein (circulation ou avale). Aucune intersection ne subsiste ; seuls des mouvements de convergence, de divergence et d'entrecroisement s'y accomplissent dans des conditions sûres et à vitesse relativement faible.

Les longueurs d'entrecroisement qui dépendent des volumes courants de circulation qui s'entrecroisent, déterminent le rayon du rond-point.

Une courbe de petit rayon à l'entrée dans le giratoire freine les véhicules et permet la convergence sous un angle favorable (30 à 40°). En revanche, la sortie doit être de plus grand rayon pour rendre le dégagement plus aisé.

IX.7 Type d'aménagement du carrefour giratoire :

Les giratoires sont habituellement plus économiques que les intersections à niveau mais ils exigent une grande surface de terrain et un îlot central de grandes dimensions. De plus, ils sont peu adaptés à la circulation des piétons où la priorité est à gauche.

IX.7.1 Les avantages et les inconvénients du carrefour giratoire :

Les avantages :

- Une forme qui identifie un lieu et qui caractérise l'espace.
- Contrôle de la vitesse.
- Renforcement de la sécurité.
- Augmentation de la capacité.
- Réduction des nuisances.
- Facilitation de l'intégration d'un grand nombre de branches.
- Économies en termes de régulation et d'exploitation.

Les inconvénients :

- Consommation d'une emprise importante.
- Entretien de l'îlot central.
- Priorité non accordée aux transports en publics.
- Absence de régulation du trafic (non-respect du régime de priorité).
- Manque de prise en charge adéquate des piétons.

IX.8. Caractéristiques géométriques des carrefours giratoires :

IX.8.1 Les îlots :

Les îlots sont aménagés sur les bras secondaires du carrefour pour séparer les directions de la circulation, et aussi de limiter les vois de circulation.

Les caractéristiques des îlots d'entrées, la largeur et le rayon des entrées et sorties doivent être en cohérence avec le rayon de l'îlot central, de façon à ne pas permettre des trajectoires d'entrée et de traversée trop directes, et à assurer les possibilités de giration des véhicules.

IX.8.2 îlot central :

L'îlot central doit présenter une forme circulaire ; autrement dit (telles que des formes ovales ou d'autres compositions composées d'arcs de cercle et d'éléments de liaison), le niveau de sécurité risque d'être considérablement compromis. En milieu interurbain, une valeur de 15 à 30 m en général suffisante.

	Notations	Paramétrage	Valeurs courantes (en m)			
			$R_g = 12$	$R_g = 15$	$R_g = 20$	$R_g = 25$
Rayon du giratoire	R_g	$12 \text{ m} \leq R_g \leq 25 \text{ m}$	$R_g = 12$	$R_g = 15$	$R_g = 20$	$R_g = 25$
Largeur de l'anneau	r_a	$6 \text{ m} \leq r_a \leq 9 \text{ m}$	7	7	7	8
Surlargeur franchissable	sl_f	$1,5 \text{ m si } R_g \leq 15 \text{ m}$	1,5	1,5	—	—
Rayon intérieur	R_i	$R_g - r_a - sl_f$	3,5	6,5	13	18
Rayon d'entrée*	R_e	$10 \text{ m} \leq R_e \leq 15 \text{ m et } \leq R_g$	12	15	15	15
Largeur de la voie entrante	r_e	$r_e = 4 \text{ m}$	4	4	4	4
Rayon de sortie*	R_s	$15 \text{ m} \leq R_s \leq 30 \text{ m et } > R_i$	15	20	20	20
Largeur de la voie sortante	r_s	$4 \text{ m} \leq r_s \leq 5 \text{ m}$	4	4	4,5	5
Rayon de raccordement	R_r	$R_r = 4 R_g$	48	60	80	100

Tableau N°20 : Paramètres des giratoires

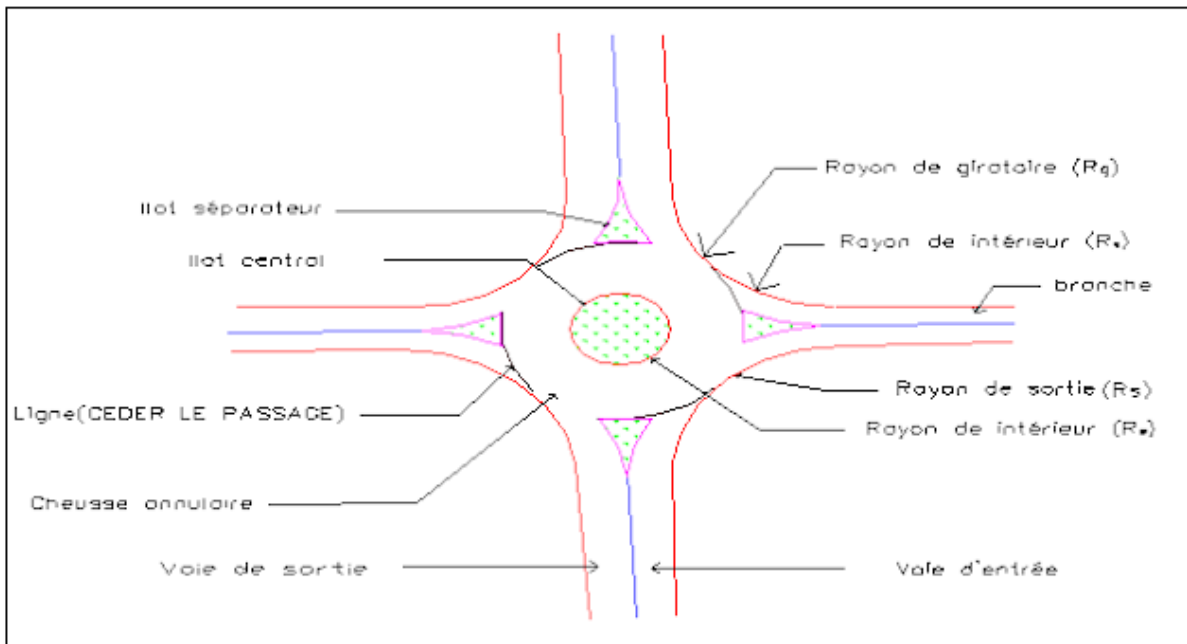


Figure.32 : les éléments d'un carrefour giratoire

IX.8.2 Ilot séparateur :

L'îlot séparateur prend habituellement la forme d'un triangle (sa conception est basée sur un triangle dit de construction). Elles remplissent 4 fonctions principales :

- Améliorer la visibilité de l'intersection lors de l'approche, offrant aux piétons un refuge pour traverser en deux temps.
- Prévenir les collisions entre les flux de circulation venant en sens contraire (surtout lorsque les voies de sortie sont étroites) en séparant les véhicules entrants des sortants.
- Optimiser la capacité en permettant aux conducteurs en attente avant la ligne de céder le passage de distinguer plus facilement les véhicules sortants et ceux pour lesquels ils doivent céder le passage.
- Faciliter la mise en place de la signalisation directionnelle pour réduire le risque d'erreurs d'orientation dans le rond-point.

Evitement de KARKRA :

Voie d'entrée $L_e = 3,5$ m

Voie de sortie $L_s = 4$ m

RN85 (Vers KARKRA) :

Voie d'entrée $L_e = 4$ m

Voie de sortie $L_s = 4$ m

Les paramètres techniques d'îlot séparateur :

$H = 12$ m

$B = 3$ m

$d = 0,37$ m

$r = 0,24$ m

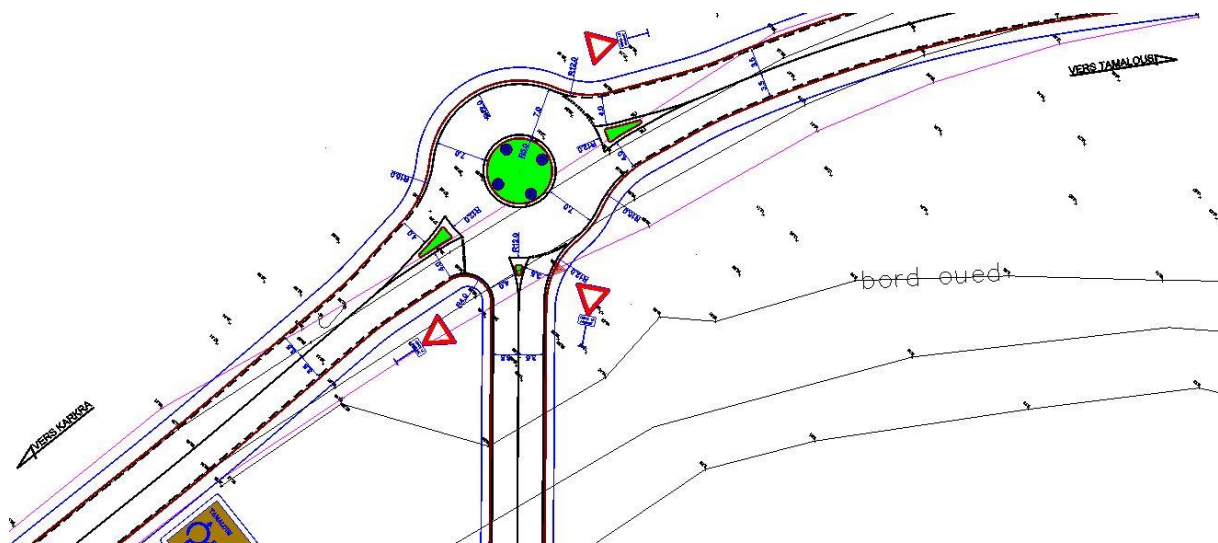


Figure.34 : Carrefour Giratoire de notre projet

IX.9.2 Le Deuxième Carrefour De Type T :

C'est un carrefour en T (type 03 branches)

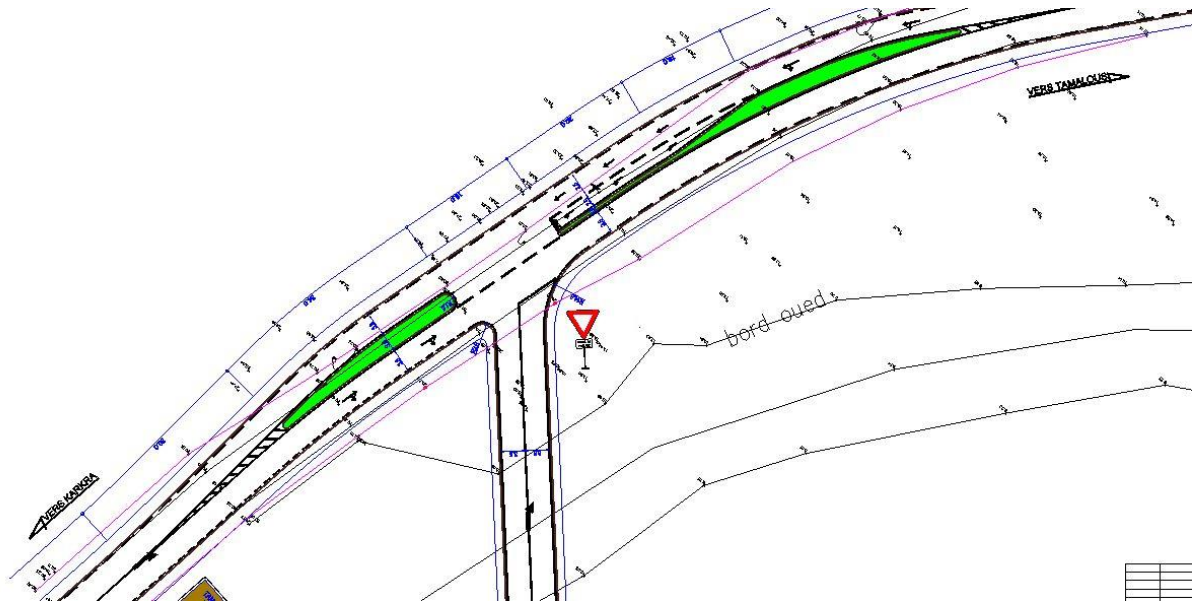


Figure.35 : Carrefour en T de notre projet

IX.10. Conclusion :

L'aménagement du carrefour dans un projet routier présente de nombreux avantages qui contribuent à améliorer la circulation, la sécurité, l'efficacité énergétique, les déplacements urbains, l'adaptabilité aux besoins futurs et l'esthétique urbaine.

Chapitre X

Signalisation

Signalisation

X.1 Introduction :

Étant donné l'importance de l'accroissement du trafic routier et de la vitesse des véhicules, il est essentiel d'orienter et de discipliner la circulation à l'aide de signaux simples compréhensibles par tous les usagers. Les dispositifs de signalisation et de sécurité routière forment un langage visuel visant à sécuriser et à faciliter la conduite des automobilistes en instaurant une communication codifiée entre ces derniers et la route.

X.2 L'objectif de la signalisation routière :

La signalisation routière remplit plusieurs rôles essentiels pour assurer la sécurité et la fluidité du trafic routier. Ses principaux rôles incluent :

- Informe les usagers de la route sur les conditions de circulation, les dangers potentiels, les limitations de vitesse, les directions à suivre, les services disponibles, etc.
- Guide les conducteurs, les piétons et les cyclistes pour qu'ils empruntent la bonne voie, fassent les bons choix et réalisent leurs trajets en toute sécurité.
- D'avertit les usagers des dangers imminents, des zones à risque, des travaux en cours, des passages piétons, des intersections, des virages dangereux, etc., afin de prévenir les accidents.
- Réglemente la circulation en établissant des règles à respecter, telles que les limites de vitesse, les priorités, les sens uniques, les interdictions de stationner, les feux tricolores, etc...
- Contribue à prévenir les accidents et à sensibiliser les usagers aux risques potentiels En signalant les situations dangereuses, les obstacles, les conditions météorologiques défavorables et les modifications temporaires de la circulation.
- Permet une circulation plus fluide et plus sûre En standardisant les symboles, les couleurs et les messages, la signalisation routière facilite la compréhension et la coordination entre les différents usagers de la route.

X.3 Les critères de conception de la signalisation :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes

- Les panneaux et les messages de signalisation doivent être clairement visibles et lisibles, notamment en termes de taille, de couleur, de luminosité et d'emplacement, afin d'assurer une communication efficace avec les usagers de la route.
- Il est important de respecter les normes et les standards en vigueur pour garantir la cohérence et la compréhension universelle des symboles, des couleurs et des messages utilisés dans la signalisation routière.
- La signalisation doit être adaptée au contexte local, aux caractéristiques de la route, à la géographie, à la circulation, aux usagers fréquents, aux particularités régionales, etc., pour être pertinente et efficace.
- La signalisation routière doit contribuer à renforcer la sécurité des usagers en signalant les dangers, les règles de conduite, les restrictions, les intersections, les passages piétons, etc., de manière claire et compréhensible.
- Les messages affichés sur les panneaux de signalisation doivent contenir des informations pertinentes, concises et précises pour garantir une communication efficace et rapide avec les usagers de la route.
- Il est primordial de maintenir la signalisation en bon état, de la nettoyer régulièrement, de remplacer les panneaux endommagés et d'assurer une visibilité permanente, de jour comme de nuit, pour garantir son efficacité.

X.4 Types de signalisation :

On distingue deux familles de signalisation :

- Signalisation Horizontale.
- Signalisation Verticale.

X.4.1 Signalisation Horizontale :

La signalisation horizontale désigne les marquages au sol, lignes, symboles et messages peints sur la chaussée ou sur d'autres surfaces horizontales pour guider et informer les usagers de la route. Elle se divise en trois types :

X.4.1.1 Marquage longitudinal :

On a ce qui suit :

• **Lignes continue :**

Les lignes continues sont un type de marquage au sol utilisé sur les routes pour indiquer aux conducteurs qu'ils ne doivent pas dépasser ou changer de voie.

• **Lignes discontinue :**

Les lignes discontinues sont un type de marquage au sol utilisé sur les routes pour indiquer aux conducteurs qu'ils peuvent dépasser ou changer de voie en toute sécurité.

Modulation Des Lignes Discontinues :

Elles sont basées sur une longueur périodique de données par le tableau suivant :

Type de modulation	Longueur du trait (en mètres)	Intervalle entre deux traits successifs (mètres)	Rapport plein vide
T1 T'1	3.00 1.50	10.00 5.00	1/3
T2 T'2	3.00 0.50	3.50 0.50	1
T3 T'3	3.00 20.00	1.33 6.00	3

Tableau N°22 : Caractéristiques des lignes discontinues

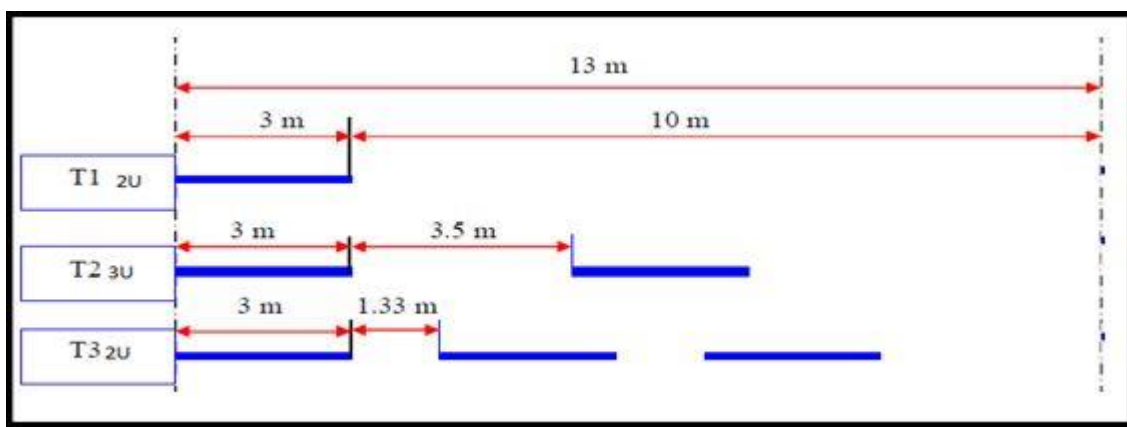


Figure.36 : Type de modulation

Avec :

T1 2U : ligne axiale ou délimitation de voie

T2 3U : ligne de rive.

T3 2U : ligne de délimitation des voies de décélération, d'accélération ou d'entrecroisement.

X.4.1.1 Marquage transversal :

- **Lignes transversales continue :**

Éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

- **Lignes transversales discontinue :**

Éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

X.4.1.3 Autres Signalisation :

- **Les Flèches De Rabattement :**

Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.

- **Les Flèches De Sélection :**

Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doit suivre la direction indiquée.

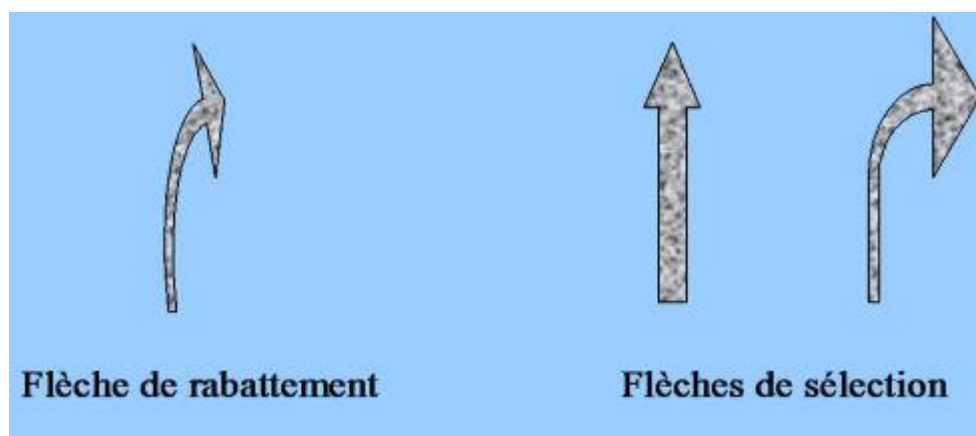


Figure.37 : Flèches de Signalisation

X.4.2 Signalisation verticale :

La signalisation verticale fait référence aux panneaux, feux de signalisation et autres dispositifs installés en hauteur le long des routes pour transmettre des informations, des avertissements et des instructions aux usagers de la route. Parmi les panneaux qui désignent la signalisation verticale, on trouve :

- **Panneaux de signalisation :**

Ces panneaux comportent des symboles, des pictogrammes, des mots ou des chiffres pour indiquer les limitations de vitesse, les directions, les dangers, les distances, les zones de stationnement et d'autres informations importantes pour la conduite.

- **Feux de signalisation :**

Les feux de signalisation verticaux peuvent être utilisés pour contrôler la circulation aux intersections, les passages piétons, les zones de travaux routiers et d'autres points critiques où la régulation du trafic est nécessaire.

- **Dispositifs d'aide à la conduite :**

Certains dispositifs de signalisation verticale comprennent des miroirs de surveillance, des panneaux à messages variables et des dispositifs de réduction de la vitesse pour améliorer la sécurité et l'efficacité de la circulation.

X.5 Application au projet :

Dans le cadre de notre étude, tout en respectant les critères énoncés précédemment ainsi que la réglementation Signalisation et marquages routière Algérienne.

Les différents types de panneaux de signalisation dans notre projet sont :

Signalisation verticale :



A1b
Virage à gauche



A1a
Virage à droite



A1c
succession de virage






A1d
succession de virage



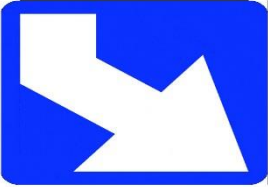



AB3a
Cédez le passage à l'intersection.



A4
chaussée glissante

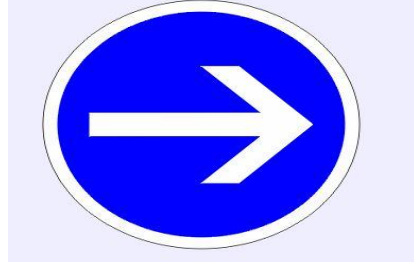
		
<p>B14 Limitation de vitesse</p>		

	
<p>A25 Carrefour à sens giratoire</p>	<p>A16 pente au pourcentage indiqué sur le panneau</p>
	
<p>J5 Balisage de virages</p>	<p>D21A Panneau directionnel</p>



D42b

Carrefours à sens giratoire : la
signalisation - Sécurithèque







B21-1

Obligation de tourner à droite

Signalisation horizontale :

Pour notre cas la largeur des lignes de signalisation horizontale est de : $U = 6\text{cm}$.

Modulation de nos lignes :

Modulation et largeur	Dimensions
T1 2u	
T2 3u	
T3 2u	
continue 3u	
u = 6 mm	

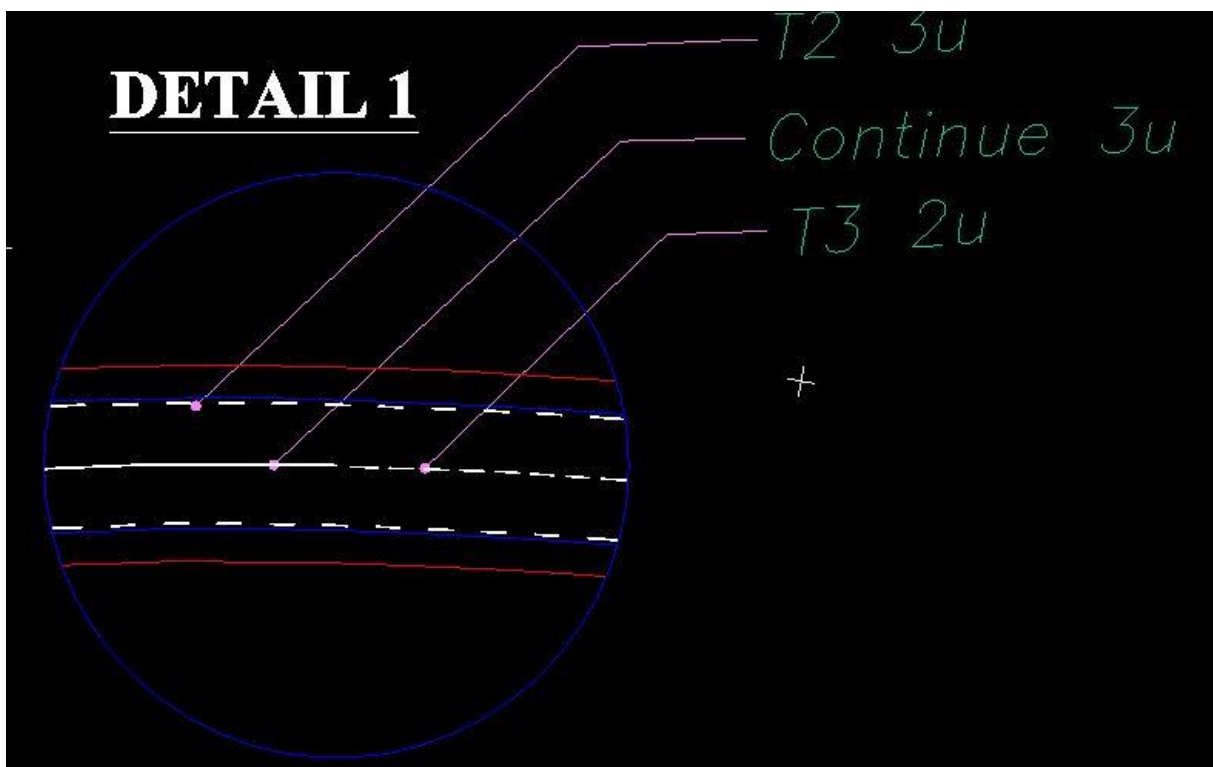


Figure.38 : schéma de nos signalisations horizontales

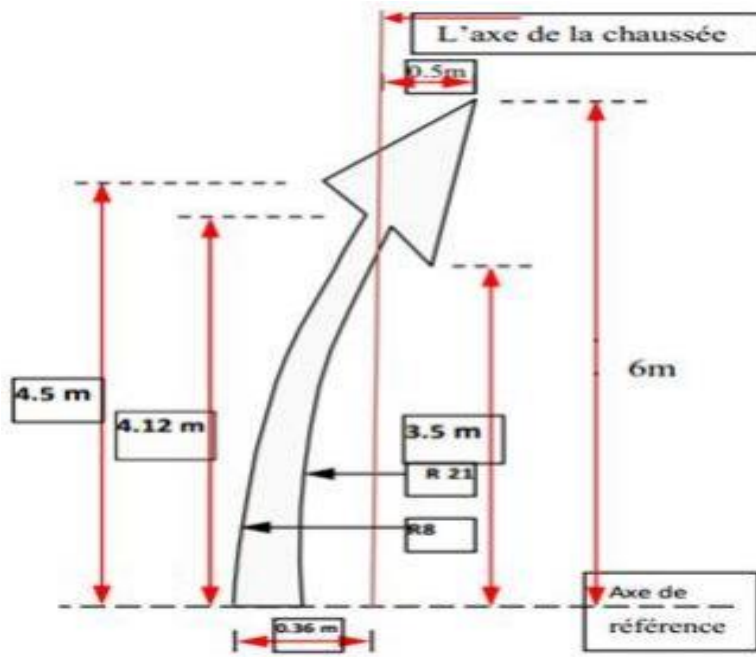


Figure.39 : Flèche de sélection

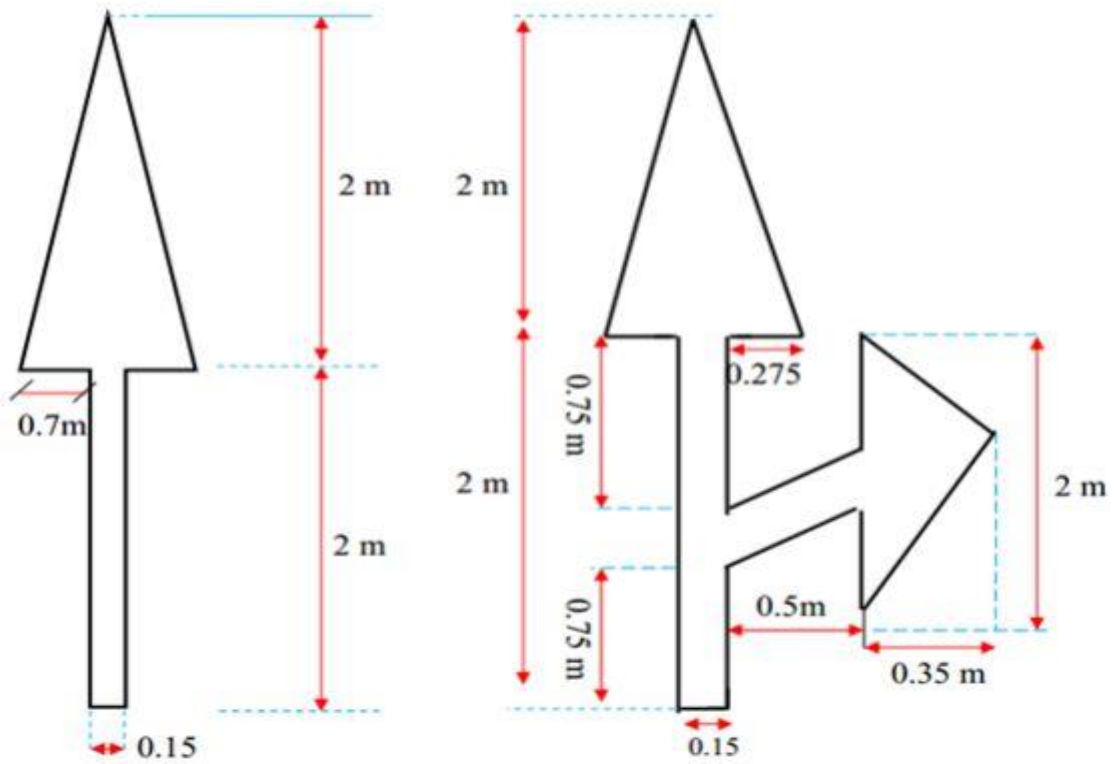


Figure.40 : Flèche de sélection

Chapitre XI

Impact sur l'environnement

Impact sur l'environnement

XI.1 Introduction :

Réaliser la route n'est pas une tâche facile et est de acheter que cet acte est aujourd'hui une activité irrespectueuse de l'environnement. Les matériaux qui sont extraits, les zones boisées qui sont défrichées, l'environnement de l'eau qui est consommé et les bruits qui peuvent être générés par un tel projet détruisent la qualité du paysage de la nature et les endroits naturels eux-mêmes. L'objet de l'effort technologique doit donc être de mesurer, de gérer et de minimiser ces impacts dans des domaines tels que la préservation de l'eau et du bruit, l'uniformisation de la biodiversité.

XI.2 Les Impacts sur l'environnement :

La réalisation d'une route peut avoir plusieurs impacts sur l'environnement, à la fois positifs et négatifs. Voici quelques points à considérer :

XI.2.1 Les Impacts Positifs :

Réduction de la congestion : En désengorgeant une route principale, un évitement de route peut contribuer à réduire les embouteillages et donc les émissions de gaz à effet de serre des véhicules, améliorant ainsi la qualité de l'air.

Protection de la faune et de la flore : En contournant des zones écologiquement sensibles, un évitement de route peut aider à protéger la faune et la flore locale en réduisant les perturbations et les risques de fragmentation des habitats.

XI.2.2 Les Impacts négatifs :

Déforestation et perte d'habitat : La construction d'un nouvel tronçon de route pour l'évitement peut entraîner la déforestation de zones naturelles, ce qui peut avoir des conséquences néfastes sur la biodiversité.

Pollution sonore : Si l'évitement passe à proximité de zones résidentielles ou d'espaces naturels sensibles, cela peut entraîner une augmentation de la pollution sonore, perturbant la faune locale.

XI.2.3 Mesures d'atténuation :

Pour minimiser les impacts négatifs d'un évitement de route sur l'environnement, il est important de mettre en place des mesures d'atténuation telles que la plantation d'arbres pour compenser la déforestation, la mise en place de barrières acoustiques pour réduire la pollution sonore, et la création de passages fauniques pour permettre aux animaux de traverser en toute sécurité.

XI.3 Conclusion :

En conclusion, la réalisation d'un évitement de route peut avoir des implications environnementales qui nécessitent une évaluation soigneuse des avantages et inconvénients, ainsi que la mise en place de mesures pour minimiser les impacts négatifs sur l'écosystème local.

Chapitre XII

Devis Quantitatif Et Estimatif

Devis Quantitatif Et Estimatif

N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	UNITE	QUANTITE	P.U	MONTANT
1-Terrassement					
1.1	Déblai en grande masse de toute nature mis en dépôt, réglage, arrosage, compactage du fond de forme y compris décapage de la terre végétale, débroussaillage, l'abatage, l'arrachage et le dessouchage des arbres tous diamètre confondus y compris évacuation à la DP et toutes sujétions de bonne d'exécution	M3			
			76 500,00	150,00	11 475 000,00
1.2	Remblais sélectionnés en TVC ou TVO ou TVN y compris décapage de la terre végétale, réglage, arrosage, compactage du fond de forme, et toutes sujétions de bonne exécution	M3			
			10 000,00	800,00	8 000 000,00
Sous total 1					19 475 000,00
2-Corps de chaussée					
2.1	Fourniture, transport et mise en œuvre de la GNT 0/63 (ép=35cm) pour couche de forme dans les parties en déblais y compris étalage, arrosage, compactage et toutes sujétions de bonne exécution	M3			
			2 400,00	1 800,00	4 320 000,00
2.2	F.T.M.O d'enrochement 10/100 pour drainage et consolidation du sol y compris toutes sujétions de bonne exécution	M3			
			200,00	2 000,00	400 000,00
2.3	Fourniture, transport et mise en œuvre de la GNT 0/31,5 (ép=35cm) pour couche de fondation y compris étalage, arrosage, compactage et toutes sujétions de bonne exécution	M3			
			5 700,00	1 700,00	9 690 000,00
2.4	F.T.MO de la couche d'imprégnation sablée en cut-back 0/1 et sable 3/8 y compris accotements	M2			
			15 800,00	150,00	2 370 000,00
2.5	Fourniture, transport et mise en œuvre de la grave bitume (ép=12cm) pour couche de base y compris couche d'accrochage et toutes sujétions de bonne exécution	T			
			3 000,00	6 500,00	19 500 000,00
2.6	F.T.MO d'une couche de roulement en béton bitumineux (ép=06cm) y compris couche d'accrochage et toutes sujétions de bonne exécution	T			
			1 700,00	7 800,00	13 260 000,00
2.7	Fourniture, transport et mise en œuvre de la GNT 0/31,5 (ép=18 cm) pour accotements y compris toutes sujétions de bonne exécution	M3			
			1 000,00	1 600,00	1 600 000,00

2.8	Fourniture, transport et mise en œuvre d'un revêtement superficiel en mono couche 15/25 y compris toutes sujétions de bonne exécution	M2	5 500,00	300,00	1 650 000,00
				Sous total 2	52 790 000,00
3-Assainissement					
3.1	F.T.MO de buses 1Ø1000 y compris têtes d'ouvrage, mur en aile, puisard, enrobage légèrement armé et toutes sujétions d'exécution et selon plan	ML	55,00	28 000,00	1 540 000,00
3.2	F.T.MO de buses 2Ø1000 y compris têtes d'ouvrage, mur en aile, puisard, enrobage légèrement armé et toutes sujétions d'exécution et selon plan	ML	30,00	60 000,00	1 800 000,00
3.3	Fourniture et mise en œuvre de fossés bétonnés (1,50×0,50×0,50) y compris passage pour riverains avec des buses de Ø600 y compris tête d'ouvrages, enrobage légèrement armé et toutes sujétions de bonne exécution et selon plan	ML	1 800,00	2 500,00	4 500 000,00
3.4	Réalisation des fossés de crête en béton légèrement armé (0,4x0,5x1,00)	ML	1 200,00	1 500,00	1 800 000,00
				Sous total 3	
4-Divers					
4.1	Fourniture et mise en œuvre de gabion y compris toutes sujétions de bonne exécution	M3	250,00	3 500,00	875 000,00
4.2	FTP de bordure cunette de dimension (18x35x10) pour canaliser les eaux vers les descentes d'eau	ML	200,00	900,00	180 000,00
4.3	Réalisation des Descente d'eau sur le talus (déblai et remblai) de dimensions (0,30x1,00) y compris raccordement en tête avec la bordure cunette	ML	1 200,00	1 500,00	1 800 000,00
				Sous total 4	2 855 000,00
Montant en HT					84 760 000,00
TVA19%					16 104 400,00
Montant en TTC					100 864 400

**Cent Millions Huit Cent Soixante Quatre Milles
Quatre Cents Dinars Algériens.**

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Ce projet de fin d'études a été l'occasion de mettre en pratique nos connaissances théoriques et techniques acquises au cours de notre formation.

Le projet m'a également confronté à des problèmes techniques et administratifs susceptibles de survenir dans un projet routier. Il a été une opportunité pour comprendre le déroulement des projets de travaux publics en général et des projets routiers en particulier, ainsi que pour se familiariser avec l'utilisation des logiciels de calcul et de conception tels que PISTE, COVADIS et AUTOCAD.

C'était pour nous une bonne opportunité de bénéficier de l'expérience des professionnels du domaine, tout en apprenant une méthodologie rationnelle à suivre pour la conception d'un projet de travaux publics.

Dans le cadre de nos études, nous appliquons avec rigueur toutes les normes que nous avons apprises et nous nous conformons aux normes, aux directives et aux conseils de la Direction des Routes pour faire face aux défis rencontrés sur le terrain. De plus, nos travaux de modération sont principalement guidés par la considération du confort et de la sécurité des usagers de la route, ainsi que par les aspects économiques et environnementaux liés à l'impact de la construction de cette route.

Ce projet a été un grand pas en avant dans nos carrières.

BIBLIOGRAPHIE

- B40 (Normes Techniques D'aménagement Des Routes Et Trafic Et Capacité Des Routes 1972).
- Rapport d'activités techniques, DTP Skikda
- Fascicule 3 Du Catalogue Algérien Réf 2002.
- Les Signaux Routiers Réglementaires - Edition Juin 2009
- Sites INTERNET : WWW. Google Earth.Com.
- Sites INTERNET : WWW. Wikipedia .Com
- SETRA Documentation (Aménagement Des Carrefours).
- Catalogue De Dimensionnement Des Chaussées Neuves (C.T.T.P) Fascicule 1 .2 .3. Novembre 2001.
- Conception Géométrique Route (Collection Les Rapports Setra) Janvier 2006.
- Guide Technique Sétra République Française Mars 2006
- Cours De Construction Routière Préparé (Par Bannour Abdalilah Doctorat En Génie Civil Un Faculté des sciences semlalia université cadī ayyad Marrakech Maroc 2013 / 2014).
- Dimensionnements Verticale Des Routes
- Coure Route Module Département GC
 - *Les Mémoires Précédents :*
 - ETUDE D'UN TRANCON ROUTIER DE LA RN 51 MENIA - OUARGLA (Du PK 142+000 AU PK 152+000) sur 10 Km, Présenté par : SOUILEM DJAMEL Encadré Par : Mr. ABIMOULOUDY université kasdi merbah Ouargla promotion : 2019.
 - ETUDE D'UN TRONCON ROUTIER DE 3.5 KM POUR L'EVITEMENT COMMUNE OULED BOUGHALEM, Présenté par : Mr. Benosmane Oussama et Mr. Kenniche Said Encadré Par : Mr. BELGUESMIA NOUREDDINE Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem promotion : 2022
 - Étude D'un Tronçon De Route Evitement Sud de Jijel Présenté par : CHABBI ASSIA et KOURAS KENZA Encadré Par : CHIKER TAREK Université de Jijel promotion : 2017.
 - ETUDE DE L'EVITEMENT DE LA VILE DE BENI SAF SUR 6 km Présenté par : GUEMIRI Baghdad Encadré Par : REZIGUA Ahmed Université Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem promotion : 2022.

Annexe

Axe En Plan

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Droite 1	Gisement 85.7677 g	9.153	0.000	430.908	17584.377	
Clothoïde 1	Paramètre -116.190	45.000	9.153	439.833	17586.407	
Arc 1	Rayon -300.000 m Centre X 528.342 m Centre Y 17298.585 m	33.292	54.153	483.938	17595.281	
Clothoïde 2	Paramètre 116.190	45.000	87.445	517.069	17598.373	
Droite 2	Gisement 102.3817 g	88.041	132.445	562.054	17597.815	
Clothoïde 3	Paramètre -109.545	60.000	220.486	650.033	17594.522	
Arc 2	Rayon -200.000 m Centre X 672.481 m Centre Y 17392.792 m	56.511	280.486	709.745	17589.290	
Clothoïde 4	Paramètre 83.666	35.000	336.997	763.053	17571.108	
Droite 3	Gisement 135.4895 g	16.411	371.997	793.270	17553.472	
Arc 3	Rayon -600.000 m Centre X 489.774 m Centre Y 17035.631 m	104.369	388.407	807.197	17544.790	
Droite 4	Gisement 146.5634 g	24.305	492.776	890.528	17482.169	
Clothoïde 5	Paramètre 111.803	50.000	517.081	908.616	17465.936	
Arc 4	Rayon 250.000 m Centre X 1094.475 m Centre Y 17635.611 m	56.057	567.081	946.903	17433.812	
Clothoïde 6	Paramètre -122.474	60.000	623.138	995.468	17406.051	
Droite 5	Gisement 118.2828 g	151.378	683.138	1052.249	17386.781	
Arc 5	Rayon 1150.000 m Centre X 1523.170 m	194.548	834.516	1197.427	17343.902	

	Centre Y	18446.804 m				
Droite 6	Gisement	107.5130 g	36.294	1029.064	1387.768	17304.803
Arc 6	Rayon	1050.000 m	150.728	1065.358	1423.810	17300.529
	Centre X	1547.437 m				
	Centre Y	18343.226 m				
Droite 7	Gisement	98.3743 g	16.545	1216.085	1574.247	17293.568
Clothoïde 7	Paramètre	-173.925	55.000	1232.630	1590.786	17293.991
Arc 7	Rayon	-550.000 m	185.673	1287.630	1645.778	17294.478
	Centre X	1632.324 m				
	Centre Y	16744.643 m				
Clothoïde 8	Paramètre	173.925	55.000	1473.303	1827.131	17258.988
Droite 8	Gisement	126.2320 g	47.449	1528.303	1877.882	17237.806
Clothoïde 9	Paramètre	114.891	60.000	1575.752	1921.359	17218.803
Arc 8	Rayon	220.000 m	183.996	1635.752	1977.326	17197.314
	Centre X	2037.212 m				
	Centre Y	17409.007 m				
Clothoïde 10	Paramètre	-114.891	60.000	1819.748	2154.195	17222.687
Droite 9	Gisement	55.6264 g	56.531	1879.748	2201.864	17259.043
Clothoïde 11	Paramètre	-114.891	60.000	1936.279	2245.209	17295.332
Arc 9	Rayon	-220.000 m	102.384	1996.279	2292.878	17331.689
	Centre X	2409.861 m				
	Centre Y	17145.369 m				
Clothoïde 12	Paramètre	143.569	93.692	2098.662	2388.932	17364.371
Clothoïde 13	Paramètre	143.569	93.692	2192.354	2482.333	17360.005
Arc 10	Rayon	220.000 m	42.647	2286.046	2575.734	17355.640
	Centre X	2554.805 m				
	Centre Y	17574.642 m				
Clothoïde 14	Paramètre	-114.891	60.000	2328.693	2617.530	17363.773
Droite 10	Gisement	72.9125 g	253.020	2388.693	2673.203	17386.013

Clothoïde 15	Paramètre	-86.603	50.000	2641.713	2903.663	17490.451

Els Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Arc 11	Rayon	-150.000 m	189.228	2691.713	2950.223	17508.507
	Centre X	2988.614 m				
	Centre Y	17363.503 m				
Clothoïde 16	Paramètre	86.603	50.000	2880.941	3115.053	17444.208
Droite 11	Gisement	174.4439 g	26.668	2930.941	3137.088	17399.394
Arc 12	Rayon	600.000 m	123.567	2957.609	3147.508	17374.845
	Centre X	3699.809 m				
	Centre Y	17609.288 m				
Droite 12	Gisement	161.3331 g	52.851	3081.176	3207.121	17266.859
Clothoïde 17	Paramètre	118.322	50.000	3134.027	3237.284	17223.460
Arc 13	Rayon	280.000 m	57.134	3184.027	3267.018	17183.284
	Centre X	3481.775 m				
	Centre Y	17362.950 m				
Clothoïde 18	Paramètre	-118.322	50.000	3241.161	3307.880	17143.494
Droite 13	Gisement	136.9747 g	49.189	3291.161	3348.832	17114.838
Arc 14	Rayon	-1500.000 m	153.350	3340.350	3389.955	17087.849
	Centre X	2566.920 m				
	Centre Y	15833.810 m				
Droite 14	Gisement	143.4831 g	102.886	3493.700	3513.639	16997.306
Clothoïde 19	Paramètre	149.666	80.000	3596.586	3593.445	16932.369
Arc 15	Rayon	280.000 m	164.356	3676.586	3657.772	16884.931
	Centre X	3801.772 m				
	Centre Y	17125.065 m				
Clothoïde 20	Paramètre	-149.666	80.000	3840.942	3814.874	16845.371
Droite 15	Gisement	87.9253 g	128.480	3920.942	3893.997	16856.688
Clothoïde 21	Paramètre	-140.000	70.000	4049.422	4020.173	16880.910
Arc 16	Rayon	-280.000 m	163.612	4119.422	4089.359	16891.226

	Centre X	4107.454 m				
	Centre Y	16611.811 m				
Clothoïde 22	Paramètre	140.000	70.000	4283.034	4246.498	16854.848
Droite 16	Gisement	141.0403 g	267.571	4353.034	4304.112	16815.178
Clothoïde 23	Paramètre	77.460	40.000	4620.605	4517.983	16654.387
Arc 17	Rayon	150.000 m	137.091	4660.605	4550.965	16631.812
	Centre X	4624.365 m				
	Centre Y	16762.627 m				
Clothoïde 24	Paramètre	-94.868	60.000	4797.696	4683.139	16624.621
Droite 17	Gisement	61.6364 g	39.948	4857.696	4734.634	16655.207
Clothoïde 25	Paramètre	-146.969	60.000	4897.644	4767.546	16677.849
Arc 18	Rayon	-360.000 m	32.310	4957.644	4817.887	16710.461
	Centre X	4996.539 m				
	Centre Y	16397.918 m				
Clothoïde 26	Paramètre	146.969	60.000	4989.954	4846.619	16725.216
Droite 18	Gisement	77.9605 g	74.556	5049.954	4902.455	16747.128
Clothoïde 27	Paramètre	77.460	40.000	5124.510	4972.587	16772.426
Arc 19	Rayon	150.000 m	78.559	5164.510	5009.545	16787.645
	Centre X	4940.340 m				
	Centre Y	16920.727 m				
Clothoïde 28	Paramètre	-83.327	46.289	5243.069	5066.824	16840.093
Clothoïde 29	Paramètre	-83.327	46.289	5289.358	5087.545	16881.430
Arc 20	Rayon	-150.000 m	44.346	5335.646	5108.267	16922.768
	Centre X	5234.751 m				
	Centre Y	16842.134 m				
Clothoïde 30	Paramètre	77.460	40.000	5379.993	5137.247	16956.121
Droite 19	Gisement	63.4401 g	122.554	5419.993	5169.806	16979.302
Clothoïde 31	Paramètre	-154.919	60.000	5542.547	5272.700	17045.877
Arc 21	Rayon	-400.000 m	37.609	5602.547	5323.862	17077.194

	Centre X	5515.379 m			
	Centre Y	16726.023 m			

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Clothoïde 32	Paramètre	154.919	60.000	5640.156	5357.677	17093.623
Droite 20	Gisement	78.9751 g	45.240	5700.156	5413.916	17114.488
Clothoïde 33	Paramètre	154.919	60.000	5745.396	5456.711	17129.159
Arc 22	Rayon	400.000 m	30.124	5805.396	5512.951	17150.024
	Centre X	5355.248 m				
	Centre Y	17517.624 m				
Clothoïde 34	Paramètre	-154.919	60.000	5835.519	5540.161	17162.931
Droite 21	Gisement	64.6315 g	40.668	5895.519	5591.899	17193.285
Clothoïde 35	Paramètre	-100.000	50.000	5936.188	5626.451	17214.734
Arc 23	Rayon	-200.000 m	17.661	5986.188	5669.962	17239.296
	Centre X	5753.440 m				
	Centre Y	17057.550 m				
Clothoïde 36	Paramètre	100.000	50.000	6003.848	5686.316	17245.950
Droite 22	Gisement	86.1685 g	37.282	6053.848	5734.615	17258.743
Clothoïde 37	Paramètre	100.000	50.000	6091.130	5771.021	17266.779
Arc 24	Rayon	200.000 m	100.321	6141.130	5819.320	17279.573
	Centre X	5752.196 m				
	Centre Y	17467.972 m				
Clothoïde 38	Paramètre	-100.000	50.000	6241.451	5901.640	17335.056
Droite 23	Gisement	38.3200 g	125.350	6291.451	5931.623	17375.026
Clothoïde 39	Paramètre	-103.923	60.000	6416.800	6002.600	17478.345
Arc 25	Rayon	-180.000 m	46.987	6476.800	6039.222	17525.779
	Centre X	6168.622 m				
	Centre Y	17400.656 m				
Clothoïde 40	Paramètre	103.923	60.000	6523.787	6075.898	17554.936
Droite 24	Gisement	76.1589 g	145.119	6583.787	6130.367	17579.919
Arc 26	Rayon	600.000 m	40.694	6728.906	6265.428	17633.004

	Centre X	6045.947 m				
	Centre Y	18191.419 m				
Droite 25	Gisement	71.8411 g	267.247	6769.600	6302.769	17649.163
Arc 27	Rayon	11000.000 m	81.506	7036.847	6544.296	17763.554
	Centre X	1835.894 m				
	Centre Y	27704.930 m				
Droite 26	Gisement	71.3694 g	274.664	7118.353	6617.828	17798.714
Clothoïde 41	Paramètre	124.097	55.000	7393.017	6865.181	17918.116
Arc 28	Rayon	280.000 m	32.938	7448.017	6913.882	17943.623
	Centre X	6768.021 m				
	Centre Y	18182.631 m				
Clothoïde 42	Paramètre	-132.520	62.719	7480.955	6940.925	17962.394
Clothoïde 43	Paramètre	-132.520	62.719	7543.675	6987.205	18004.673
Arc 29	Rayon	-280.000 m	25.656	7606.394	7033.485	18046.952
	Centre X	7206.389 m				
	Centre Y	17826.715 m				
Clothoïde 44	Paramètre	124.097	55.000	7632.050	7054.362	18061.849
Droite 27	Gisement	69.7136 g	43.420	7687.050	7102.383	18088.614
Arc 30	Rayon	-3000.000 m	62.074	7730.469	7140.981	18108.500
	Centre X	8514.964 m				
	Centre Y	15441.634 m				
Droite 28	Gisement	71.0309 g	151.121	7792.544	7196.452	18136.356
Arc 31	Rayon	11000.000 m	45.782	7943.665	7332.196	18202.775
	Centre X	2497.654 m				
	Centre Y	28083.423 m				
Droite 29	Gisement	70.7659 g	121.650	7989.447	7373.277	18222.982
Arc 32	Rayon	1750.000 m	230.497	8111.097	7482.325	18276.902
	Centre X	6706.657 m				
	Centre Y	19845.608 m				
Droite 30	Gisement	62.3808 g	96.745	8341.594	7681.627	18392.359

Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres	Longueur	Abscisse	X	Y	
Arc 33	Rayon	-2500.000 m	38.838	8438.338	7761.967	18446.258
	Centre X	9154.781 m				
	Centre Y	16370.187 m				
Droite 31	Gisement	63.3698 g	103.643	8477.176	7794.385	18467.644
Clothoïde 45	Paramètre	124.097	70.000	8580.818	7881.340	18524.042
Arc 34	Rayon	220.000 m	18.987	8650.818	7937.904	18565.145
	Centre X	7790.460 m				
	Centre Y	18728.425 m				
Clothoïde 46	Paramètre	-124.097	70.000	8669.805	7951.429	18578.462
Droite 32	Gisement	37.6194 g	105.052	8739.805	7993.407	18634.381
Clothoïde 47	Paramètre	-127.475	65.000	8844.857	8051.934	18721.618
Arc 35	Rayon	-250.000 m	92.070	8909.857	8090.422	18773.938
	Centre X	8278.221 m				
	Centre Y	18608.918 m				
Clothoïde 48	Paramètre	127.475	65.000	9001.927	8162.424	18830.482
Droite 33	Gisement	77.6170 g	81.477	9066.927	8222.375	18855.471
Arc 36	Rayon	1100.000 m	72.167	9148.404	8298.868	18883.531
	Centre X	7920.036 m				
	Centre Y	19916.239 m				
Droite 34	Gisement	73.4403 g	64.922	9220.571	8365.756	18910.589
Clothoïde 49	Paramètre	134.907	70.000	9285.493	8425.110	18936.896
Arc 37	Rayon	260.000 m	97.783	9355.493	8487.719	18968.076
	Centre X	8351.419 m				
	Centre Y	19189.486 m				
Clothoïde 50	Paramètre	-134.907	70.000	9453.276	8559.514	19033.612
Droite 35	Gisement	32.3580 g	52.556	9523.276	8596.259	19093.125

Clothoïde 51	Paramètre	-134.907	70.000	9575.832	8621.837	19139.038
Arc 38	Rayon	-260.000 m	50.545	9645.832	8658.583	19198.551
	Centre X	8866.678 m				
	Centre Y	19042.677 m				
Clothoïde 52	Paramètre	134.907	70.000	9696.377	8692.615	19235.815
Droite 36	Gisement	61.8740 g	377.402	9766.377	8748.560	19277.795
Arc 39	Rayon	-900.000 m	262.585	10143.779	9060.280	19490.544
	Centre X	9567.628 m				
	Centre Y	18747.174 m				
Droite 37	Gisement	80.4480 g	63.966	10406.363	9295.543	19605.061
Clothoïde 53	Paramètre	144.914	60.000	10470.330	9356.516	19624.399
Arc 40	Rayon	350.000 m	14.958	10530.330	9413.149	19644.158
	Centre X	9279.165 m				
	Centre Y	19967.497 m				
Clothoïde 54	Paramètre	-144.914	60.000	10545.287	9426.841	19650.177
Droite 38	Gisement	66.8139 g	38.908	10605.287	9479.687	19678.549
				10644.195	9513.427	19697.925
Longueur totale de l'axe 10644.195 mètre(s)						

PROFIL EN LONG

ELEM	CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS	LONGUEUR	ABSCISSE	Z
			0.000	961.615
D1	PENTE= -1.5 %	146		
			146	960.641
PA1	S= 529.9716 Z= 17.24 R = 3000.00	546.205		
			702.738	959.728
D2	PENTE= 0.31 %	570.439		
			1273.177	961.370
PA2	S= 525.45 Z= 17.54 R = -10000.00	153.853		
			1427.030	961.222
D3	PENTE= -0.14 %	147.881		
			1574.911	960.510
PA3	S= 704.24 Z= 25.95 R = 1000.00	171.071		
			1745.982	960.418
D4	PENTE= 0.5 %	251.616		
			1997.598	961.359
PA4	S= 736.44 Z= 25.71 R = -7450.00	549.343		

TABULATION

TABULATION								
N°	ABSCISSE	COTE	COTE	X	Y	ANGLE	DEV	DEV
PRO F	CURVILIG N	TN	PROJET	PROFIL	PROFIL	PROFIL	GAU	DRO
1	0.000	20.175	20.175	5006.063	10010.331	48.932°	2.50	-2.50
2	20.000	10.974	19.959	4992.924	10025.410	48.932°	2.50	-2.50
3	40.000	10.028	19.744	4979.785	10040.488	48.932°	2.50	-2.50
4	60.000	10.567	19.528	4966.646	10055.567	48.932°	2.50	-2.50
5	80.000	11.182	19.312	4953.507	10070.646	48.932°	2.50	-2.50
6	100.000	13.515	19.097	4940.368	10085.724	48.932°	2.50	-2.50
7	120.000	16.239	18.881	4927.229	10100.803	48.932°	2.50	-2.50
8	140.000	16.755	18.665	4914.090	10115.882	48.932°	2.50	-2.50
9	160.000	16.888	18.450	4900.951	10130.960	48.932°	2.50	-2.50
10	180.000	17.159	18.234	4887.812	10146.039	48.932°	2.50	-2.50
11	200.000	17.317	18.018	4874.673	10161.118	48.932°	2.50	-2.50
12	220.000	17.364	17.810	4861.565	10176.224	49.536°	0.24	-2.50
13	240.000	16.713	17.658	4849.015	10191.791	53.287°	-3.44	-3.44
14	260.000	16.758	17.572	4838.002	10208.471	60.239°	-5.77	-5.77
15	280.000	16.681	17.553	4829.259	10226.442	67.878°	-5.77	-5.77
16	300.000	16.771	17.562	4822.983	10245.416	75.517°	-5.77	-5.77
17	320.000	16.713	17.571	4819.092	10265.025	81.460°	-2.11	-2.50
18	340.000	16.750	17.580	4816.655	10284.874	83.971°	1.57	-2.50
19	360.000	16.777	17.588	4814.584	10304.767	84.063°	2.50	-2.50
20	380.000	16.829	17.597	4812.515	10324.659	84.063°	2.50	-2.50
21	400.000	16.882	17.606	4810.446	10344.552	84.063°	2.50	-2.50
22	420.000	16.981	17.615	4808.377	10364.445	84.063°	2.50	-2.50
23	440.000	16.692	17.623	4806.309	10384.338	84.063°	2.50	-2.50
24	460.000	16.453	17.632	4804.240	10404.230	84.063°	2.50	-2.50
25	480.000	16.314	17.679	4802.171	10424.123	84.063°	2.50	-2.50
26	500.000	16.510	17.792	4800.102	10444.016	84.063°	2.50	-2.50
27	520.000	16.350	17.972	4798.033	10463.908	84.063°	2.50	-2.50
28	540.000	16.506	18.218	4795.965	10483.801	84.063°	2.50	-2.50
29	560.000	16.317	18.531	4793.896	10503.694	84.077°	2.15	-2.50
30	580.000	17.908	18.906	4792.120	10523.613	86.399°	-1.98	-2.50
31	600.000	22.381	19.291	4791.847	10543.601	92.698°	-6.11	-6.11
32	620.000	30.081	19.677	4794.261	10563.437	101.182°	-6.32	-6.32
33	640.000	36.316	20.062	4799.576	10582.699	109.670°	-6.32	-6.32
34	660.000	40.389	20.448	4807.522	10601.039	116.535°	-2.59	-2.59
35	680.000	39.139	20.833	4817.009	10618.644	119.441°	1.54	-2.50
36	700.000	33.381	21.219	4826.869	10636.044	119.547°	2.50	-2.50
37	720.000	28.431	21.599	4836.731	10653.443	119.547°	2.50	-2.50
38	740.000	26.305	21.927	4846.546	10670.869	118.787°	2.50	0.06

39	760.000	24.149	22.187	4855.591	10688.701	114.340°	4.19	4.19
40	780.000	24.965	22.381	4862.601	10707.415	106.381°	6.32	6.32
41	800.000	27.941	22.508	4866.802	10726.950	97.893°	6.32	6.32
42	820.000	28.516	22.569	4868.074	10746.891	89.405°	6.32	6.32
43	840.000	29.044	22.562	4866.388	10766.802	80.916°	6.32	6.32
44	860.000	27.125	22.490	4861.941	10786.289	74.018°	2.63	2.63
45	880.000	20.642	22.350	4855.833	10805.331	71.074°	2.50	-1.50
46	900.000	20.395	22.144	4849.311	10824.237	70.959°	2.50	-2.50
47	920.000	23.075	21.887	4842.786	10843.143	70.959°	2.50	-2.50
48	940.000	25.673	21.627	4836.261	10862.049	70.959°	2.50	-2.50
49	960.000	26.361	21.368	4829.736	10880.954	70.959°	2.50	-2.50
50	980.000	26.804	21.108	4823.211	10899.860	70.959°	2.50	-2.50
51	1000.000	28.188	20.848	4816.686	10918.766	70.959°	2.50	-2.50
52	1020.000	29.264	20.588	4810.161	10937.672	70.959°	2.50	-2.50
53	1040.000	29.828	20.328	4803.636	10956.577	70.959°	2.50	-2.50
54	1060.000	30.111	20.068	4797.112	10975.483	70.959°	2.50	-2.50
55	1080.000	29.635	19.808	4790.587	10994.389	70.959°	1.43	-2.50
56	1100.000	29.012	19.549	4784.417	11013.410	74.415°	-3.21	-3.21
57	1120.000	30.455	19.289	4780.763	11033.040	85.713°	-7.00	-7.00
58	1140.000	30.548	19.029	4781.703	11052.968	99.687°	-7.00	-7.00
59	1160.000	27.543	18.769	4787.428	11072.079	113.662°	-7.00	-7.00
60	1180.000	23.388	18.509	4797.598	11089.243	127.637°	-7.00	-7.00
61	1200.000	18.772	18.249	4811.612	11103.442	141.611°	-7.00	-7.00
62	1220.000	15.115	17.989	4828.641	11113.837	155.586°	-7.00	-7.00
63	1240.000	14.759	17.729	4847.612	11120.066	166.837°	-3.17	-3.17
64	1260.000	15.012	17.469	4867.254	11123.815	170.234°	1.46	-2.50
65	1280.000	14.854	17.210	4886.941	11127.339	169.470°	2.50	-2.50
66	1300.000	14.911	16.950	4906.579	11131.125	168.706°	2.50	-2.50
67	1320.000	14.999	16.690	4926.165	11135.173	167.942°	2.50	-2.50
68	1340.000	14.895	16.430	4945.695	11139.481	167.178°	2.50	-2.50
69	1360.000	15.072	16.177	4965.183	11143.981	166.970°	2.50	-2.50
70	1380.000	15.231	15.981	4984.668	11148.490	166.970°	2.50	-2.50
71	1400.000	15.041	15.848	5004.153	11153.000	166.970°	2.50	-2.50
72	1420.000	14.986	15.732	5023.638	11157.509	166.970°	2.50	-2.50
73	1440.000	15.320	15.616	5043.123	11162.018	166.970°	2.50	-2.50
74	1460.000	15.290	15.500	5062.608	11166.528	166.970°	2.50	-2.50
75	1480.000	15.208	15.384	5082.093	11171.037	166.970°	2.50	-2.50
76	1500.000	15.076	15.267	5101.578	11175.546	166.970°	2.50	-2.50
77	1520.000	14.945	15.151	5121.063	11180.056	166.970°	2.50	-2.50
78	1540.000	15.336	15.035	5140.548	11184.565	166.970°	2.50	-2.50
79	1548.518	15.727	14.986	5148.847	11186.486	166.970°	2.50	-2.50

VOLUMES TERRASSEMENT

VOLUMES TERRASSEMENT				
N°	ABSCISSE	REMBLAI	DEBLAI	DECAPAGE
PROF	CURVILIGN	VOLUME	VOLUME	VOLUME
1	0.000	15.2	8.5	22.8
2	20.000	2062.7	0.0	45.6
3	40.000	2296.0	0.0	45.6
4	60.000	2110.5	0.0	45.6
5	80.000	1913.1	0.0	45.6
6	100.000	1361.0	0.0	45.6
7	120.000	626.9	0.0	77.9
8	140.000	347.1	0.0	66.5
9	160.000	222.5	0.0	62.4
10	180.000	73.4	0.0	56.7
11	200.000	3.2	48.2	68.1
12	220.000	2.5	97.3	68.5
13	240.000	50.0	2.1	55.2
14	260.000	57.3	38.3	64.6
15	280.000	52.8	20.6	62.7
16	300.000	27.5	10.1	54.1
17	320.000	30.5	0.0	54.8
18	340.000	8.8	4.5	53.5
19	360.000	4.4	8.4	52.8
20	380.000	1.9	8.5	53.4
21	400.000	0.0	21.2	52.4
22	420.000	0.2	58.8	61.4
23	440.000	20.5	1.3	53.8
24	460.000	98.0	0.0	57.3
25	480.000	157.4	0.0	59.8
26	500.000	134.3	0.0	59.3
27	520.000	258.3	0.0	64.4
28	540.000	367.6	0.0	71.3
29	560.000	488.0	0.0	70.0
30	580.000	378.4	1298.1	128.2
31	600.000	0.0	2798.7	114.4
32	620.000	0.0	7383.8	142.0
33	640.000	0.0	10671.9	154.2
34	660.000	0.0	14169.9	159.2
35	680.000	0.0	12708.4	159.2
36	700.000	0.0	8870.2	155.5
37	720.000	0.0	4905.6	145.4
38	740.000	0.0	3604.8	139.6
39	760.000	2.7	2139.6	103.2

40	780.000	0.1	2364.5	107.2
41	800.000	0.0	3289.0	120.2
42	820.000	0.0	3703.4	123.5
43	840.000	0.3	3918.1	131.5
44	860.000	0.2	2467.1	118.9
45	880.000	239.0	0.0	62.3
46	900.000	417.5	407.6	122.0
47	920.000	89.8	1844.4	123.7
48	940.000	0.0	3285.2	108.5
49	960.000	0.0	3877.1	119.1
50	980.000	0.0	4150.1	123.0
51	1000.000	0.0	4773.3	127.8
52	1020.000	0.0	5576.9	137.6
53	1040.000	0.0	6147.2	141.0
54	1060.000	0.0	6611.5	143.3
55	1080.000	0.0	6296.2	144.1
56	1100.000	0.0	6039.5	148.1
57	1120.000	0.0	7275.0	152.5
58	1140.000	0.0	7445.6	152.1
59	1160.000	0.0	5984.9	149.8
60	1180.000	0.0	3231.1	144.1
61	1200.000	0.5	459.9	83.6
62	1220.000	714.9	0.0	76.7
63	1240.000	754.8	0.0	77.7
64	1260.000	560.6	0.0	73.7
65	1280.000	494.1	0.0	71.0
66	1300.000	376.1	0.0	66.9
67	1320.000	269.2	0.0	64.4
68	1340.000	219.4	0.0	62.4
69	1360.000	66.1	0.0	55.7
70	1380.000	3.1	9.7	53.8
71	1400.000	3.2	21.1	58.5
72	1420.000	5.8	37.9	60.8
73	1440.000	0.4	172.1	71.6
74	1460.000	85.3	0.0	45.6
75	1480.000	77.5	0.0	45.6
76	1500.000	74.2	0.0	45.6
77	1520.000	75.5	0.0	45.6
78	1540.000	0.0	282.7	54.2
79	1548.518	0.0	109.0	16.4
		17700	158659	6883