



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et  
De la recherche Scientifique

Université Amar Telidji – Laghouat

FACULTÉ : GÉNIE CIVIL ET ARCHITECTURE

DÉPARTEMENT : GÉNIE CIVIL

## Mémoire de master

Présenté par : **SOUEID AHMED MEIMA**

**AHMED MAHMOUD BEN MAAMAR**

**ABDELKADER**

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE

FILIERE : TRAVAUX PUBLICS

OPTION : VOIES ET OUVRAGES D'ART

### Thème

**Rectification du tracé routier du chemin de  
wilaya CW124 reliant Ain Madhi à El Ghicha  
sur une longueur de 425m**

#### Jury de soutenance :

Nom et prénom	Grade	qualité
Mr Taher Naouia	MAA	Président
Mr Bederina Madani	Pr	Examineur
Mr Dehina Karim	MCB	Encadreur
Mr Bachiri Attia	MCA	Co Encadreur

**Promotion : juin - 2023**

**عنوان المذكرة** تصحيح مسار مقطع من الطريق الرابط بين عين ماضي والغيشة على طول: 425 م

**الاسم واللقب:** اسويد احمد اميم احمد محمود – بن امعر عبد القادر

**المشرف:** دهينة كريم

**ملخص:** تمت دراسة مشروع نهاية الدراسة هذا مشكلة مطروحة تتعلق بالطريق الولائي رقم 124 بالضبط المقطع بين عين ماضي والغيشة بطول 425 م. وهذه المشكلة هي عدم كفاية سعة الطريق لملء الفراغات من الطريق المستخدمين يبرر هذا التحسين عدم كفاية السعة للطريق الحالي الذي لا يلبي احتياجات المستخدمين والشكل الهندسي الضعيف للمسار في اقسام معينة.

لحل هذه المشكلة. قررنا انشاء مسارين على هذا الطريق. بخصائص أفضل. مثل:

- عرض 7 أمتار.

- اكتاف 2 م.

- سرعة المرجعية Vr=60 كم/ساعة.

**الكلمات الأساسية:**

طريق ولائي

حركة المرور

السرعة المرجعية

تخطيط طريق

مظهر جانبي طولي

مظهر جانبي متقاطع

تكعيب التربة

تصميم وحساب أبعاد قارة الطريق

**Titre de mémoire :** Rectification du tracé routier du chemin de wilaya CW124 reliant Ain Madhi à El Ghicha sur une Longueur de 425m.

**Nom et Prénom :** Soueid' Ahmed Meima Ahmed Mahmoud - Ben Maamar  
Abdelkader

**Encadreur :** Dehina Kerim

**Résumé :** Ce projet de fin d'étude a étudié la problématique posée qui concerne la route CW 124 exactement le tronçon entre Ain Madhi et El-Ghicha sur une longueur de 425m. Cette problématique se justifie par l'insuffisance de la capacité de la route pour remplir les besoins des usagers et la mauvaise forme géométrique du tracé dans certains tronçons.

Pour résoudre, donc, ce problème, nous avons décidé de procéder au dédoublement de la voie, c'est-à-dire, prévoir deux voies séparées avec de meilleures caractéristiques, telles que : une largeur de 7 m, des accotements de 2 m, une vitesse de référence  $V_r=60\text{km/h}$ .

**Mots clés :** route CW, trafic, vitesse de référence, tracé en plan, profil en long, profil en travers, cubatures, dimensionnement des chaussées.

**Memory title :** Rectification of the road layout of the CW124 wilaya path linking Ain Madhi to El Ghicha over a length of 425m.

**Name and First name:** Soueid 'Ahmed Meima Ahmed Mahmoud - Ben Maamar Abdelkader

**Directed by :** Dehina Kerim

**Abstract : This** end-of-study project has studied a problem posed, concerns the road CW124 exactly the section between Ain Madhi and El-Ghicha, over a length of 425m. this problem is the lack of capacity of the road to fill the users needs.

This improvement is justified by the insufficient capacity of the current road which could not meet the needs of users and by the poor geometric shape of the road on certain section.

To solve this problem, we decided to two lanes on this road, with better characteristics, such as : à width of 7m, shoulders of 2m, a reference speed  $V_r=60\text{km/h}$ .

**Keywords :** road CW, two lanes, traffic, reference speed, plan layout, longitudinal profile, cross profile, cubatures, pavement dimensioning.

# Dédicace

**Je dédie ce mémoire A mes chers parents ma mère et mon père pour leur**

**Patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements. A mes**

**Chères sœurs et mon frère Ahmed Ahmed Mahmoud.**

**A tout ma grande famille et toute qu'a une relation avec elle soit proche**

**ou lointain. A mes amies et les collègues de la classe. Sans oublier**

**tous les enseignants qui ont contribué à mon soutien scolaire.**



Soueid 'Ahmed Meima Ahmed Mahmoud



## Remerciements

Tout d'abord, je voudrais remercier Dieu

, le compatissant, le miséricordieux

Pour nous donner la santé et le courage de faire cet humble travail.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements aux superviseurs

**Mr Dehina Karim** et de **Mr Attia bechiri** pour toute l'assistance efficace La disponibilité et les précieux conseils permettent de faire ce travail.

Je remercie les membres du jury **Mr Taher Naouia** et **Mr Bederina**

**Madani**, trouvent ici l'expression de nos profonds respects pour avoir pris la peine d'examiner notre mémoire.

Je voudrais exprimer ma gratitude à tout le monde Professeurs du

Département de génie civil de l'Université de Laghouat.

Je remercie également DTP à Laghouat.

## TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ	
DÉDICACES	
REMERCIEMENT	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
NOTATIONS ET SYMBOLES	
INTRODUCTION GENERALE	
CHAPITRE.I.1. PRESENTATION DU PROJET	
I.1. INTRODUCTION	3
I.1.1 PRESENTATION De LA WILAYA DE LAGHOUAT	3
I- 1.2 La daïras de la wilaya de Laghouat	3
I- 1.3 INFRASTRUCTURE ROUTIERES	4
I- 1.4 APERÇU DE LA VILLE DE AIN MADH	5
I- 1.5 APERÇU DE LA VILLE D’EL GHICHA	6
I- 1.6 CLIMATOLOGIE DE LA VILLE D’AIN MADHI	6
I- 1.7 SITUATION GEOGRAPHIQUE	7
I- 1.8 PRESENTATION DU PROJET	7
I- 1.9 DESCRIPTION GÉNÉRALE DE L’ÉTAT INITIAL DU PROJÉT	8
I- 19.1 PROBLEMATIQUE	8
I- 1.9.2 OBJECTIF DE L’ETUDE	8
I- 1.9.3 LES VARIANTES	9
a) Variante 01	9
b) Variante 02	9
c) Variante 03	9
I. 1.10 ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE	11
1) Dénivelée cumulée	11
2) Sinuosité Moyenne	11
I.10.1 LA VITESSE DE REFERENCE DE BASE	14

## TABLE DES MATIERES

<b>I.10.2 PARAMETRES PHYSIQUES</b>	15
A. Temps de perception-(reaction)	13
B. Coefficient de frottement longitudinale	14
C. Coefficient de frottement transversal (Ft)	14
<b>I.10.3 APPLICATION AU PROJET</b>	16
<b>I.1. CONCLUSION</b>	18
<b>CHAPITRE II. ETUDE GEOMETRIQUE DE LA ROUTE</b>	
<b>II. 1. INTRODUCTION</b>	
a. Tracé en plan	19
b. Profil en long	19
c. Profil en travers	19
<b>II. 1.1.LE TRACE EN PLAN</b>	20
<b>II. 1.2.DEFINITION</b>	20
<b>II. 1.3.REGLE A RESPECTEUR DANS LE TRACE EN PLAN</b>	21
<b>II. 1.4.LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN</b>	21
1) Les droites (alignements).	21
2) Les arcs de cercle.	21
3) Les courbes de raccordement progressives	21
<b>II. 2.DROITES (ALIGNEMENTS)</b>	23
• Longueur maximale	23
• Longueur minimale	23
• Application au projet	23

## TABLE DES MATIERES

II. 2.1.ARCS DE CERCLE	23
II. 2.2.STABILITE EN COURBE	23
a) - Rayon horizontal minimal absolu (RHM)	23
b)- Rayon minimal normal (RHN)	23
c) - Rayon au dévers minimal (RHd)	23
d) - Rayon minimal non déversé (RHnd)	23
II. 2.3.VISIBILITE EN COURBE	24
II.3- Sur largeur	25
II.3.1.LES COURBES DE RACCORDEMENT	27
II.3.2.TYPE DE COURBE DE RACCORDEMENT	27
II.3.3.EXPRESSION MATHEMATIQUE DE LA CLOTHOIDE	27
II.4. NOTION DE DEVERS	27
II.4.1. DEVERS EN ALIGNEMENT	27
II.4.2. DEVERS EN COURBE	28
II.4.3.RAYON DE COURBURE	28
II.5.CALCUL DES DEVERS	28
II.5.1.RACCORDEMENT DE DEVERS	29
II.5.2.CHOIX DE LA VITESSE DE REFERENCE	29
II.5.3. VITESSE DE PROJET	30
II.6. Paramètres fondamentaux de projet	30
❖ Vérification de Condition	30
II.6. 1.APPLICATION AU PROJET	30
a) - Rayon horizontal minimal absolu (RHM)	30
b)- Rayon minimal normal (RHN)	30
c) - Rayon au dévers minimal (RHd)	30
d) - Rayon minimal non déversé (RHnd)	30
II.6. 2.CALCUL L'AXE	30
II.6. 3.Exemple de calcul d'axe manuellement	30

## TABLE DES MATIERES

II.7. PROFIL EN LONG	31
II.7.1. INTRODUCTION	34
II.7.2. REGLE A RESPECTER DANS LE RRACE DU PROFIL EN LONG	34
II.7.3. COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG	34
II.8. DECLIVITES	34
II.8.1. DECLIVITE MINIMALE	35
II.8.2. DECLIVITE MAXIMALE	35
II.8.3. RACCORDEMENT EN PROFIL EN LONG	35
II.9. RACCORDEMENT CONVEXES (angle saillant)	36
II.9.1. CARACTERISTIQUES DES PROFIL EN LONG	36
II.9.2. PROFIL EN TRAVERS	37
II.9.3. DEFINITION	37
II.10. ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS	37
II.10.1. CLASSIFICATION DES PROFILS EN TRAVERS	38
II.10.2. Types de profile n travers	39
II.10.3. Le profil en travers type	39
II.11. Le profil en travers courant	39
II.11.1. APPLICATION AU PROGET	40
II.11.2. CUBATURES	40
II.11.3. INTRODUCTION	40
II.12. DEFINITIONS	40
II.12.1. METHODE DE CALCUL DES CUBATURES	40
II.12.2. DESCRIPTION DE LA METHODE	41
II.12.3. METHODE DE GULDEN	41
II.13. METHODE LINEAIRE	43
II.13.1. CALCUL DE CUBATURES DE TERRASSEMENT	44
II.13.2. CONCLUSSION	44
<b>CHAPITRE III. CONCEPTION GENERALE DU DALLOT</b>	

## TABLE DES MATIERES

①.1. INTRODUCTION	45
①.2. L'EXIGENCE FONCTIONNELLE	45
①.3. L'EXIGENCE NATURELLE	45
a-. Les ponts dalots (cadre fermé)	46
b. Les ponts en béton armé	46
c- Etude du mur de soutènement	46
d-Rôle des ouvrages de soutènement	46
e) Les murs en béton armé	46
Choix du mur de soutènement	46
La conclusion	46
①.4. PREDIMENSIONNEMENT DE PONT DALLOT	48
①.4.1. La dalle	48
①.4. 2.Le voile	48
①.4. 3.Dimensionnement de radier	49
①.5. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE	49
①.5.1. HYPOTHESES DE CALCUL	49
①.6. REGLEMENTATION	50
①.6.1. TERRAIN	50
①.6.2. REMBLAIS	50
①.6.3.LES ARMATURES	50
<b>CHAPITRE IV. DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE LA CHAUSSEE</b>	
IV.1. INTRODUCTION	52
IV.2.LA CHAUSSEE	52
IV.2.1. DEFINITIONS	52
IV.2.2.LES DIFFERENTES STRUCTURES DE CHAUSSEE	53
IV.2.3. Les chaussées souples a)	53

## TABLE DES MATIERES

IV .3- Les chaussées semi- rigides	55
IV .4- Les chaussées rigides	55
IV .5. ENVIRONNEMENT	56
IV. 6.LE SOL SUPPORT	56
IV. 7.MATERIAUX	56
IV. 8.METHODE DE DIMENSIONNEMENT	56
IV 8.1. METHODE CBR	56
IV 8.2.APPLICATION AU PROJET	57
IV 8.3. Méthode de l'indice CBR	57
IV.9. Méthode de catalogue des chaussées Neuves	60
IV.9.1. Détermination du type de réseaux principaux	60
IV.9.2-Détermination de la classe de trafic	60
IV.9.3-Détermination de la portance de sol-support de chaussée	62
IV.10. Détermination de la classe du sol	62
IV.10.1. Le sol support	62
IV.10. 2.les zones climatiques	63
IV.10.3. Surclassement du sol	63
IV.11. Choix de dimensionnement	63

## LISTE DES FIGURES

### CHAPITER-I

Figure I.1 : les communes de la wilaya de Laghouat	3
Figure I.2 : Infrastructure Routière	4
Figure I.3 : La Ville de Ain Madhi	5
Figure I.4 : Chutes de El-Ghicha	6
Figure I.5 : La Ville de Ain Madhi Google Earth	7
Figure I.6 : La Ville de El-Ghicha Google Earth	8
Figure I.7 : Image Satellite Variante 01	9
Figure I.8 : Image Satellite Variante 02	10
Figure I.9 : Image Satellite Variante 03	10
Figure I.9 : La dénivelée Cumulée moyenne h/L	12
Figure I.9 : Sinuosité	13

### CHAPITER-II

Figure II.1 : Tracé en plan d'une route	19
Figure II.2 : Les éléments du trac en plan	20
Figure II.3 : Stabilité du véhicule en courbe	22
Figure II.4 : Courbe de raccordement parabole cubique	24
Figure II.5 : Courbe de raccordement clothoïde	25
Figure II.6 : Element de la clothoïde	26
Figure II.7 : Element conditutifs du profil en traverss type	38
Figure II.8 : Surface de Deblai et Remblai	41
Figure II.9 : Methode de la moyenne des aires	42
Figure II.10 : La méthode linéaire et Méthode GULDEN	43

### CHAPITER-III

Figure III .1 : Géométrie mur de soutènement	47
Figure III .2: dalot d'oued raddad	48
Figure III .3 : Coupe longitudinale	49

### CHAPITER-IV

Figure IV .1: Structure type d'une chaussée souple	53
Figure IV.2 : Type de chussée	54

Figure IV.3 : Structure type d'une chaussée semi rigide	55
Figure IV.4 : Structure type d'une chaussée rigide	55
Figure IV.5 : La structure de chaussée 1	60
Figure IV.6 : La structure de chaussée 2	61

---

## LISTE DE TABLEAUX

### CHAPITER-I

Tableaux I.1 : Les variantes	11
Tableau I.2: Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée Moyenne	12
Tableau I.3 : Classification de la sinuosité Moyenne	13
Tableau I.4 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité	13
Tableau I.5 donne $V_{vl}$ et $V_{pl}$ en fonction de la Catégorie et l'Environnement selon B40	15
Tableau. I.6: Coefficients de frottement longitudinal(B40)	16
Tableau. I.7 : Coefficients de frottement transversal(B40)	16
Tableau. I.8: Distances de freinage1	17
Tableau. I.9: Distances de freinage 2	17
Tableau. I.10: Distances de visibilité B40	18

### CHAPITER-II

Tableau. II.1 : Paramètres fondamentaux (B40)	28
Tableau II-2 : Rayons du tracé en plan B40	30
Tableau. II - 3 : Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé	32
Tableau. II.4: Valeur de la déclivité maximale	35
Tableau. II.5 : Rayons convexes B40	37

### CHAPITER-IV

Tableau IV.1 Classification des réseaux principaux	60
Tableau IV.2: Classement de sole en fonction de l'indice de CBR	61
TableauIV. 3: Exprimé les classe de sol en fonction de la déflexion	62
Tableau IV. 4: L'importance de sol en fonction de l'indice de CBR	62
Tableau. IV.5 : Zones climatiques de pluviométrie	63
Tableau. IV.6: Sur classement avec couche de forme en matériau non traité	63

## La liste des symboles

### A)

As: Armature inferieure

As: Armature supérieure

### d)

do: Distances de freinage m

d1 :Distances d'arrêt m

dm :Distances de visibilité de dépassement minimale m

ds : Distances de sécurité entre deux véhicules m

dmax : Devers maximal m

dmin : Devers minimal m

### D)

$\Delta$ : variation de dévers. m

Dmin: Raccordement de devers m

### E/

e : Epaisseur équivalente

.E : Module de Yong.

### f)

f<sub>l</sub> : coefficient de frottement longitudinal

f<sub>t</sub> : Coefficients de frottement transversal

### R)

RHM : Rayon horizontal minimal absolu m

RHN : Rayon minimal normal m

RHd : Rayon au dévers minimal m

RHnd : Rayon minimal non déversém

R : rayon de l'axe de la route. m

RV : Condition de visibilité m

RVmin : Condition de confort m

D)

I : rampe en %

h)

h / LAB: Dénivelée cumulée moyenne m

h1= dénivelée cumulée sens1 m

h2= dénivelée cumulée sens 2 m

L)

Ls : la longueur sinueuse. m

LR : longueur de la coube de  
rayon  $\leq 200$ .

L = LAB (longueurs totales de  
l'itinéraire).

Lmax : Longueur maximale m

Lmin : Longueur minimale m

L : longueur du véhicule (valeur Moyenne L = 10m)

T)

Tp : Temps de perception – (reaction) S

Tn : Le trafic à l'année n.

T0 : Le trafic à l'arrivée pour origine.

TJMA : Trafic journalier moyen à l'année n.

V)

Vr = La vitesse de référence Km/h

VB : La vitesse de base. Km/h

Vr : La vitesse de référence. Km/h

V : Le volume compris entre les deux profils en travers. Km/h

VD : Volume de déblais. m<sup>3</sup>

VR : Volume de remblai. m<sup>3</sup>

I/

IP : L'indice de plasticité.

ICBR : Indice CBR (sol support).

**K /**

K1 : Coefficient lié à l'environnement.

K2 : Coefficient de réduction de capacité.

**S/**

S : Coefficient de dissymétrie. Sr :

La surlargeur.

**Z/**

Z : Le pourcentage moyen de poids lourds.%

### **AUTRES CARACTERES**

$\sigma$  : La sinuosité moyenne.

$\tau$  : Taux de croissance.

# **INTRODUCTION**



## INTRODUCTION

---

Le développement durable est un enjeu important qui doit être considéré pour toutes les activités humaines actuelles et futures. Il consiste à fournir à tous les êtres humains et à leurs sociétés les moyens de vivre et de se développer sans épuiser les ressources de notre Planète et sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs besoins.

Par ailleurs, l'histoire de la route est indubitablement attachée au développement de l'humanité et des civilisations. Il est important de noter que l'histoire nous apporte ensuite la confirmation que de nombreuses civilisations aux visées expansionnistes ont appuyé leur développement sur une maîtrise de la communication, en général, et des infrastructures routières, en particulier. L'apparition du véhicule automobile au 19<sup>ème</sup> siècle et sa rapide perfectionnement, ont introduit dans la technique routière, les préoccupations relatives à la vitesse, à savoir la recherche:

- 1) d'un uni de plus en plus parfait;
- 2) des caractéristiques géométriques nouvelles (adaptées à la circulation rapide).

La route doit être construite avec beaucoup de soin et de rigueur, de façon à équilibrer entre la bonne conception, la sécurité et le confort des usagers, d'une part, et les aspects économiques, d'autre part.

Le réseau routier occupe une place stratégique dans notre système de transport, puisqu'il supporte plus de 85% du volume de transport de marchandises et de voyageurs. C'est, par conséquent, un élément fondamental dans le processus de développement du pays.

d'où l'importance de la présente étude, qui consiste à faire la conception de Deux voies d'un tronçon routier de la route CW124 reliant la Ville de Ain Madhi et la Ville de El-Ghicha. Ce tronçon de route s'étend sur 425 de longueur ,

Pour concevoir de ce projet, on a utilisé les logiciels "Auto piste", "COVADIS" et "AutoCAD 2019".

---

Pour mener à bien notre travail, le présent manuscrit a été structuré comme suit: Après une introduction générale, l'essentiel du travail a été divisé en cinq chapitres:

- le premier chapitre est dédié à la Présentation du projet et Les variants.
- le deuxième chapitre est destiné à l'étude géométrique de la route (Tracé en plan, profil en long, profils en travers et cubature);
- le troisième chapitre présente Conception general du dallot.
- le quatrième chapitre présente Dimensionnement du corps de la chaussée;

Le cinquième chapitre: Assainissement est signalisation. Le travail est clôturé, enfin, par une conclusion générale.

# **CHAPITRE :I**



## I-1- Introduction :

Dans ce chapitre, nous avons collecté toutes les informations nécessaires pour la reconnaissance de l'étude. Ce chapitre présente la wilaya de Laghouat en général et la ville d'ain madhi, la ville d'el-ghicha en particulier sa position géographique, historique, géologie et infrastructurelle. Enfin nous avons mis l'accent sur l'objectif de cette réalisation.

### I.1.1- Présentation de la wilaya de Laghouat :

La wilaya de Laghouat est une wilaya d'Algérie en Afrique du Nord. Elle compte **455 602** habitants sur une superficie de **35 413 km<sup>2</sup>**. La densité de population de la Wilaya de Laghouat est donc de **12,9** habitants par km<sup>2</sup>.

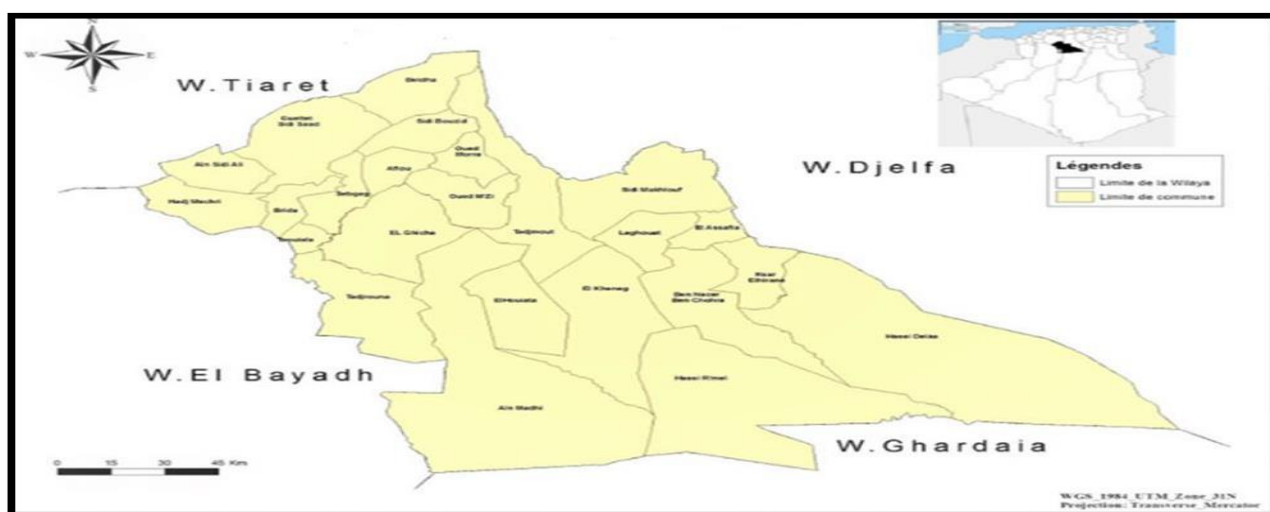
Laghouat, Aflou et Tajmout sont les plus grandes villes de la Wilaya de Laghouat parmi les **24** Communes qui la composent. Le Climat semi-aride sec et froid est le climat principal de la Wilaya de Laghouat.

### I. 1. 2- La Wilaya de Laghouat est divisé en 10daïras :

Les daïras de Aflou, d'Aïn Madhi, Brida, El Ghicha , Gueltat Sidi Saad ,Hassi R'mal , Ksar El Hirane , Laghouat , d'Oued Morra et la daïra de Sidi Makhlof.

Comme le montre la figure I-1, elle est limitée géographiquement par :

- \* la wilaya de Djelfa au Nord ;
- \* la wilaya de Djelfa à l'Est ;
- \* les wilayas de Tiaret et El Bayadh à l'Ouest ;
- \* la wilaya de Ghardaia au Sud.



**FIGURE I-1 : Carte de la wilaya de Laghouat.**

## I. 1.3-INFRASTRUCTURES ROUTIERES:

- Route nationale: 403 Km
- Chemins de Wilaya: 394 Km
- Chemins communal: 513 Km
- Nombres d'ouvrages d'arts sur Route nationale : 47
- Nombres d'ouvrages d'arts sur Chemins de Wilaya : 10
- Nombres d'ouvrages d'arts sur Chemins communal : 05

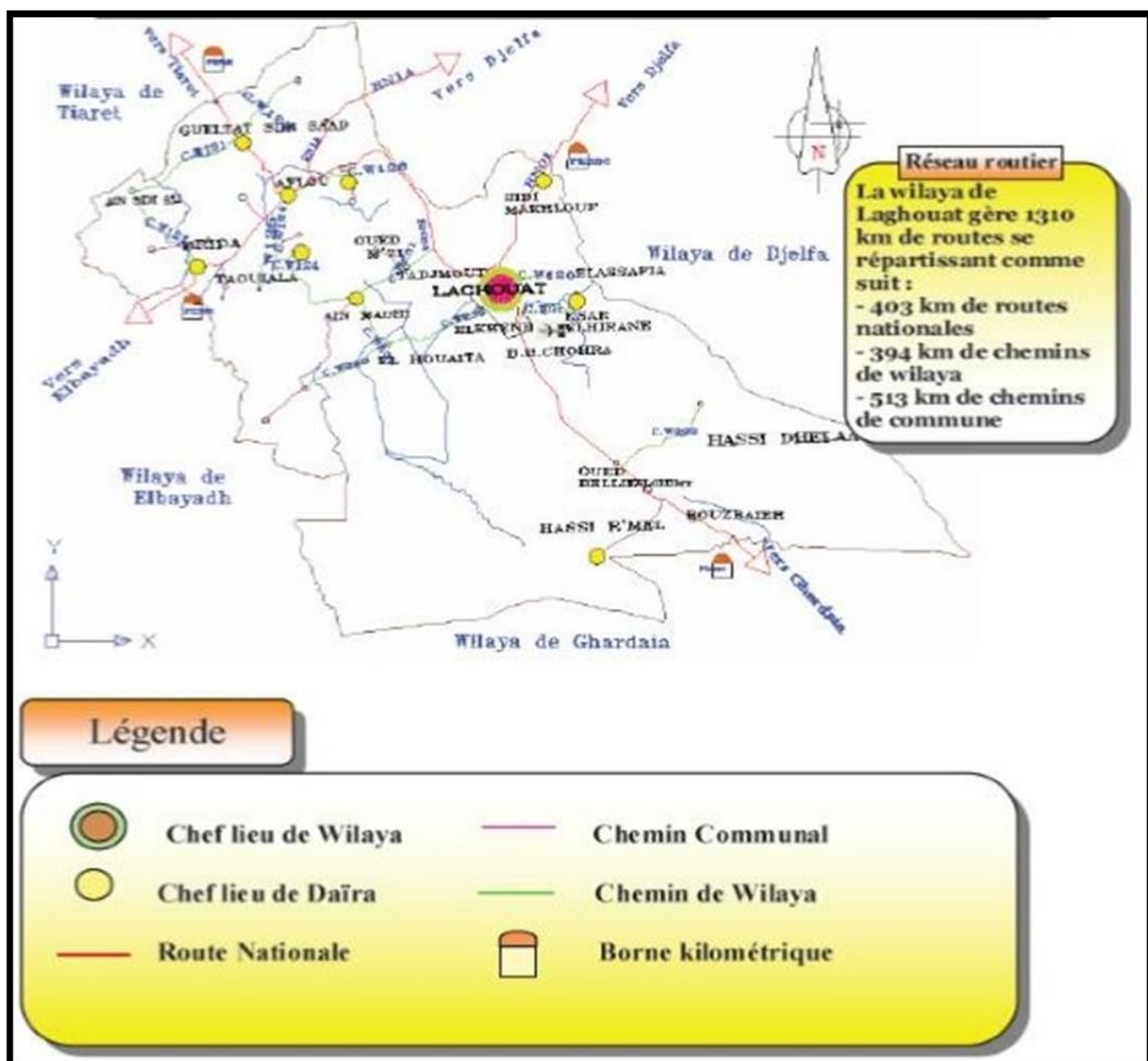


FIGURE I.2 : INFRASTRUCTURE ROUTIERE DE LA WILAYA DE LAGHOuat.

**I. 1.4-APERCU DE LA VILLE DE AIN MADHI :**

Ain Madhi est une commune algérienne de la wilaya de Laghouat, avec une population de 50 303 habitants, et une superficie de 7 820 kilomètres carrés, d'une densité de 6,4 habitants au mètre carré, et elle est située à plus de 60 kilomètres de la capitale de la wilaya. Elle est bordée par :

- Du sud-ouest est la Commune d'Al-Beidh
- De l'est, El-Houita et Hassi R'mel.

Ain Madhi était célèbre pour être la capitale des Tijaniyya. Il y' a le Palais Cour d'Anne, qui est un symbole du tourisme à Laghouat.



**FIGURE I.3 : APERCU DE LA VILLE DE AIN MADHI**

## **I. 1.5-APERCU DE LA VILLE D'EL-GHICHA :**

El-Ghicha est une zone touristique connue pour ses chutes d'eau, son eau courante, ses ruisseaux et ses gravures rupestres avec meules, khatara et saules, qui a mis son logo en tant qu'UNICEF. Elle est considérée comme l'une des plus anciennes villes algériennes et est située dans l'Amour Montagnes.



**FIGURE I. 4: Chutes de EL Ghicha**

## **I. 1.6- CLIMATOLOGIE DE LA VILLE D'AIN MADHI :**

Sur l'année, la température moyenne varie beaucoup. Elle se situe autour de 18.9 °C. On compte généralement 222.5mm de précipitations maximum chaque année à ain madhi.

Aïn Madhi qui bénéficie d'un climat tempéré avec des étés chauds et secs (Csa) selon la classification de Köppen-Geiger. En comparant sa température à Alger, on la trouvera plus chaude en pourcentage tout au long de l'année et moins de précipitations.

## I. 1.7-SITUATION GEOGRAPHIQUE :

Informations géographiques concernant la ville de Aïn Madhi.

Coordonnées géographiques d'Aïn Madhi	Latitude: 33.7939, Longitude: 2.3011 33° 47' 38" Nord, 2° 18' 4" Est
Superficie d'Aïn Madhi	179 000 hectares 1 790,00 km <sup>2</sup>
Altitude d'Aïn Madhi	987 m
Climat d'Aïn Madhi	Climat désertique sec et froid (Classification de Köppen)

## I. 1.8- PRESENTATION DU PROJET:

Le présent projet d'étude s'introduit dans le cadre du contournement de la commune Ain Madhi et El Ghicha, wilaya de Laghouat, par la réalisation d'une route existante reliant la (Cw124--> RN47) avec la Cw124 >RN47 sur un linéaire de 425 m



FIGURE I.5: Ville de Ain Madhi Google Earth, (07/05/2023)



**FIGURE I.6: Ville de El Ghicha Google Earth, (07/05/2023)**

**I. 1.9 DESCRIPTION GENERALE DE L'ETAT INITIAL DU PROJET ;**

Ce projet se compose de deux parties :

- La première est située dans un environnement (une vallée)
- La deuxième section est située dans un environnement montagneux.
- La majeure partie de l'état actuel de la chaussée n'est pas en bon état
- La largeur varie entre 7 et 8 m.
- La largeur des accotements est comprise entre 1m et 2 m

**I. 1.9.1-PROBLEMATIQUE :**

Il s'agit d'une route à faible trafic, une route touristique et a beaucoup de problèmes tels que

- Les points noirs
- Et la passage d'oued

**I. 1.9.2- OBJECTIF DE L'ETUDE:**

L'objectif principal de cette étude est d'améliorer le niveau de service routier existant par la réhabilitation et la modernisation sur 425 m de longueur pour :

- ❖ Éliminer les points noirs
- ❖ Faible hauteur de pente
- ❖ Augmenter la capacité de la route
- ❖ Élever le niveau de service et la sécurité des utilisateurs.
- ❖ Améliorer le système de drainage.
- ❖ Sélectionner des variantes effectivement compatibles avec les normes d'économie, de confort et d'environnement.

### I. 1.9.3- Les variantes :

Selon des statistiques récentes faites sur la route « CW124 », plusieurs problèmes de circulation ont été marqués, d'où la recherche de solutions efficaces et rapides devient un objectif important. C'est dans ce contexte que notre projet a été envisagé. Il s'agit de proposer des rectifications longitudinales et transversales du tracé afin de surmonter les problèmes de circulations existants. Pour mener à bien cette étude, trois variantes différentes ont été proposées et étudiée afin de choisir la meilleure solution.

#### Variante 01 :

Cet itinéraire a été choisi uniquement en fonction de la distance parcourue et est le plus long Il est estimé à environ 692 mètres par rapport au reste des options mais dans cette variante, nous avons trouvé les contraintes suivantes :

- La présence de virages dans le choix de la route.
- La présence de points noirs
- La pente très élevée
- Terrain accidenté et rocheux d'où le coût des travaux d'excavation.
- Présence d'une vallée

(Figure I.7) A cet effet, nous avons exclu cette variante

#### Variante 02 :

La deuxième variable a été choisie dans l'espoir de résoudre certains des obstacles dont souffre cette voie (voir les tableaux I.1) pour connaître les obstacles que nous voulons résoudre, (Figure I.8)

#### Variante 03 :

Quant à la troisième alternative, c'est la plus appropriée et la meilleure, et la longueur la plus courte est estimée à 613 m, mais elle est chère,

Cher car le terrain est très vallonné et a beaucoup de problèmes qui ne peuvent être finalement réglés que par un pont.

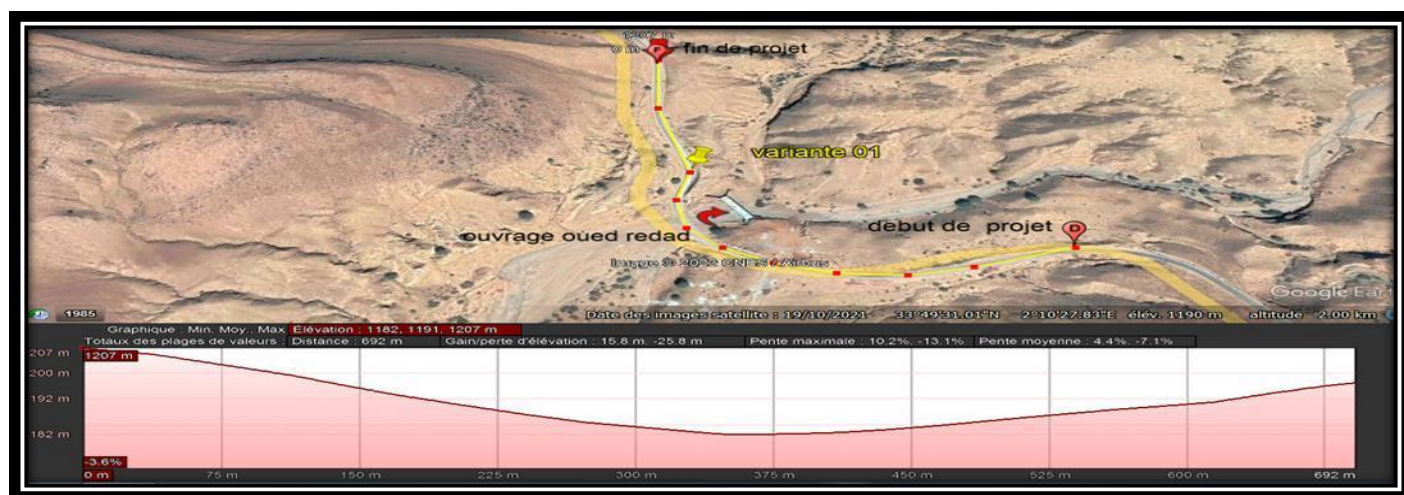
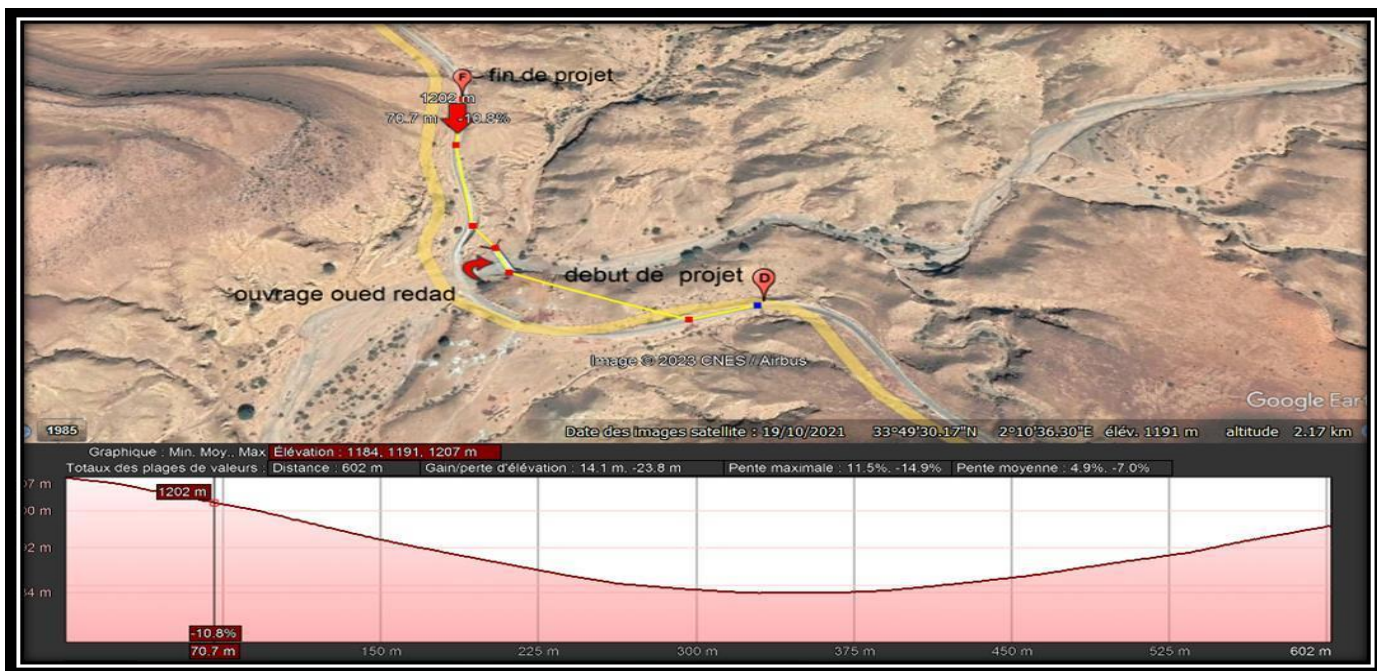


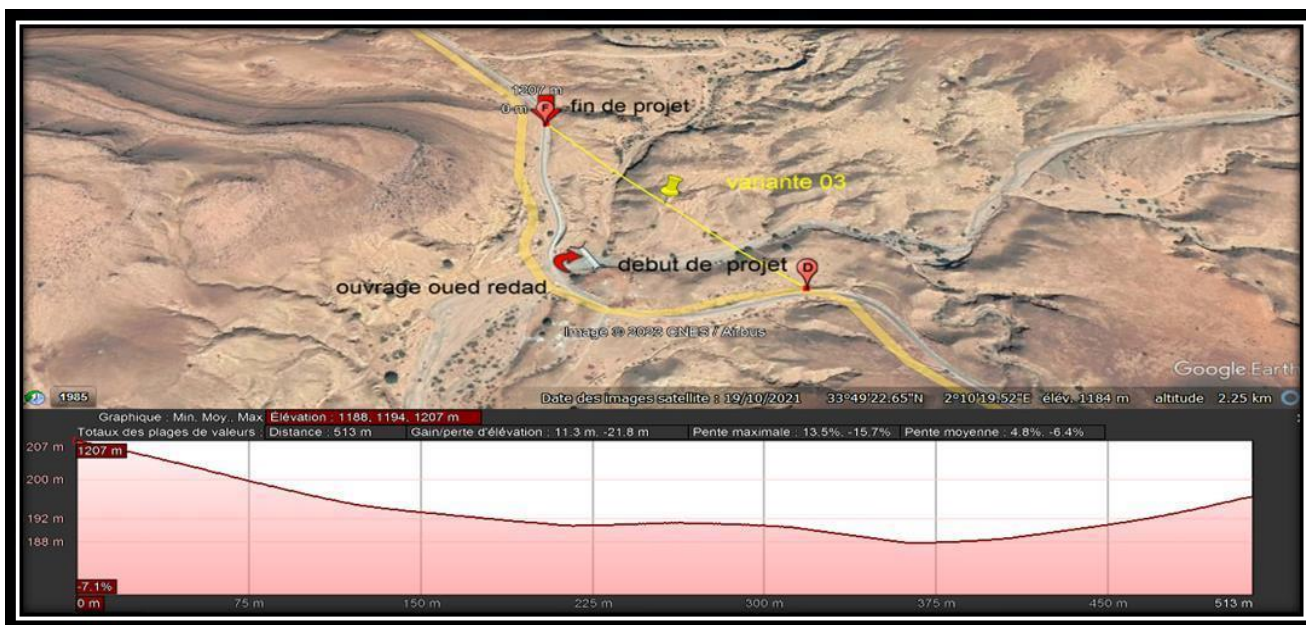
FIGURE I.7: Image satellite Google Earth, (07/05/2023)

Tracé en plan et Profil en long de la variante 01



**FIGURE I- 8: Image satellite Google Earth, (07/05/2023)**

**Tracé en plan et Profil en long de la variante 02**



**FIGURE I- 9: Image satellite Google Earth, (07/05/2023)**

**Tracé en plan et Profil en long de la variante 03**

## I. 1.Tableaux des variantes :

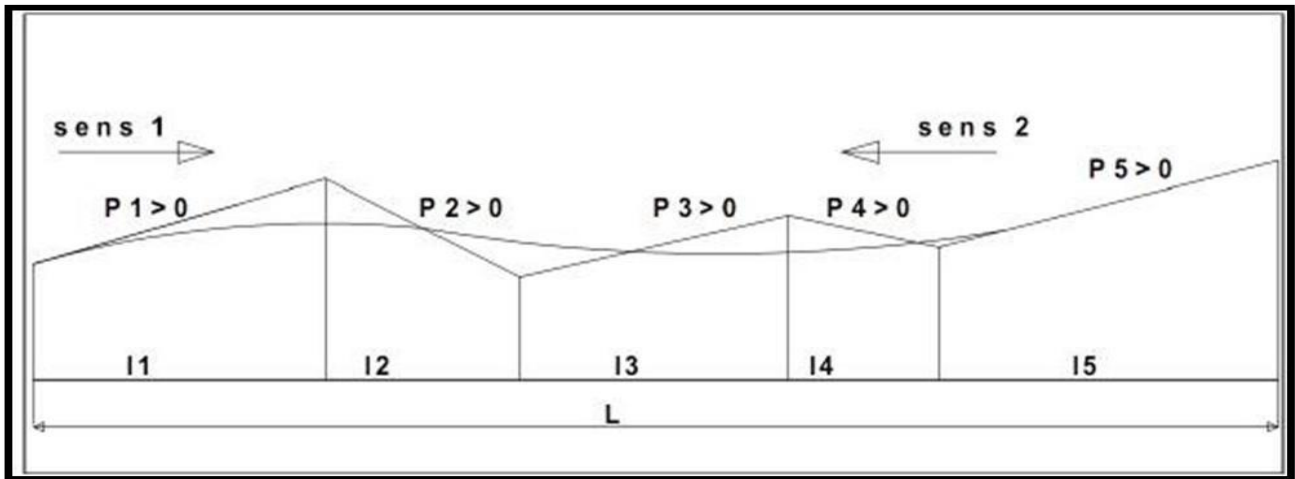
variante	avantages	Inconvenient
01	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cet itinéraire a été choisi uniquement en fonction de la distance parcourue et est le plus long Il est estimé à environ 692 mètres par rapport au reste des options</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terrain accidenté</li> <li>- présence de cours d'eau (vallée)</li> <li>- Zone montagneuse</li> <li>- Les Points noirs</li> <li>- Beaucoup des virages</li> <li>- Pente très élevée</li> <li>- Sans visibilité et sans stabilité</li> </ul> <p>Sans stabilité en raison du grand nombre de points noirs</p>
02	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terrain plat sans obstacles dans la deuxième tranche du projet</li> <li>- Éliminer les points noirs</li> <li>- Augmenter la capacité des routes</li> <li>- Élever le niveau de service et la sécurité des utilisateurs.</li> <li>- Améliorer le système de drainage</li> <li>- Réduire la hauteur de la pente</li> </ul> <p>Courte distance, qui est estimée 0.425 km</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- haute montagne</li> <li>- la pente =6%</li> </ul>
03	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quant à la troisième alternative, Elle prévoit un viaduc (les ponts), qui est la plus appropriée et la meilleure, éliminant tous les obstacles qui sont à l'origine des catastrophes routières.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- très coûteuse</li> </ul>

## I.1.10 ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE :

L'environnement est par définition l'état actuel du relief, et il ya trois classes d'environnement (E1, E2, E3) ont été possibles et qui sont caractérisées par deux indicateurs

- La dénivelée cumulée moyenne h/L.
- La sinuosité moyenne Ls/L.

**1). Dénivelée cumulée moyenne h/L :** La somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire et la dénivelée cumulée totale.



**FIGURE I- 10 : La dénivelée cumulée moyenne  $h/L$ .**

$$h_1 = \text{dénivelée cumulée sens 1} \quad h_1 = \sum P_i \cdot l_i \quad P_i > 0 \quad \text{Eq I.1}$$

$$h_2 = \text{dénivelée cumulée sens 2} : \text{et} : h = h_1 + h_2 \quad h_2 = -\sum p_i \cdot l_i \quad P_i < 0 \quad \text{Eq I.2}$$

$$\text{Eq I.3}$$

Le rapport de la dénivelée cumulée totale  $h$  à la longueur de l'itinéraire permet de mesurer la variation longitudinale du relief (**Figure I.10**).

Selon la valeur de la dénivelée cumulée moyenne, le relief peut être classé comme montré sur le **tableau I.2**

**Tableau I.2 : Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée Moyenne**

N° de code	Classification	La dénivelée cumulée moyenne $h/L$
01	Terrain plat	$h/L \leq 1,5\%$
02	Terrain vallonné	$1.5\% < h/L \leq 4\%$
03	Terrain montagneux	$4\% < h/L$

## 2). Sinuosité moyenne $\varphi = L_s / L$ :

La sinuosité d'un itinéraire est égale au rapport entre la longueur sinueuse  $L_s$  et la longueur totale de l'itinéraire. La longueur sinueuse  $L_s$  est la longueur cumulée des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m, comme décrit dans (**figure I.11**) et extraire les valeurs dans le (**Tableau I.3**).

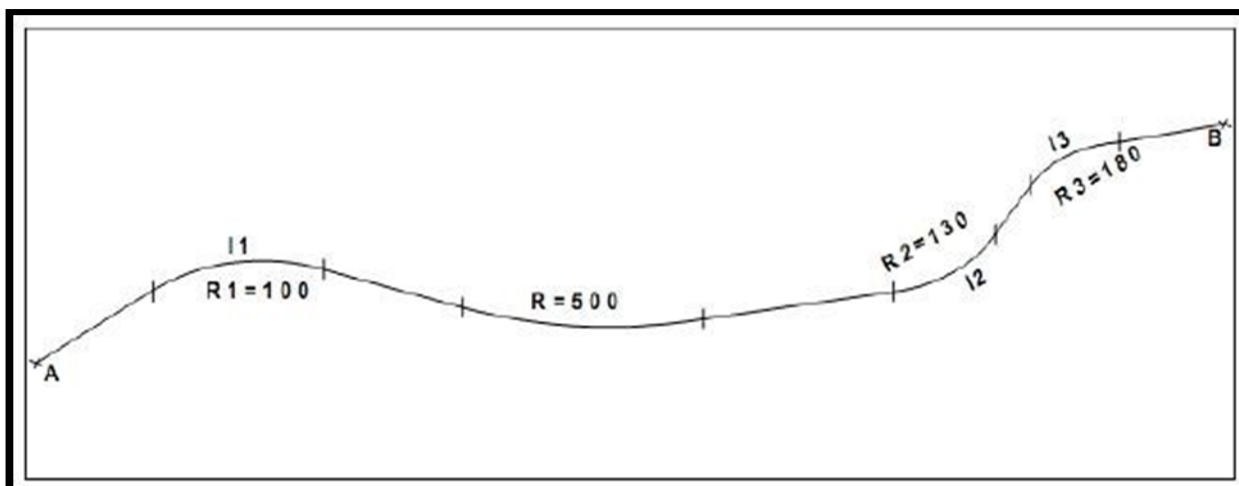


FIGURE I .11 : Sinuosité moyenne

$\varphi = Ls / L$  Avec:  $Ls = \sum LR \leq 200$  Eq I.4

Ls : la longueur sinueuse.

LR : longueur de la coube de rayon  $\leq 200$ .

L = LAB (longueurs totales de l’itinéraire).

Tableau I.3 : Classification de la sinuosité Moyenne :

N° de code	Classification	Sinuosité moyenne
1	Sinuosité faible	$\varphi \leq 1$
2	Sinuosité moyenne	$0.1 < \varphi \leq 0.3$
3	<b>Sinuosité forte</b>	$0.3 < \varphi$

L’association de deux paramètres précédents (sinuosité moyenne et dénivelée cumulée moyenne), nous donne les trois types d’environnement et ceci selon le (Tableau I.4) :

Tableau I.4 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité ;

Sinuosité Relief	Faible	Moyenne	Fort
Plat	E1	E2	/
Vallonné	E2	E2	<b>E3</b>
Montagneux	/	<b>E3</b>	<b>E3</b>

### **I.1.10.1- LA VITESSE DE RÉFÉRENCE DE BASE :**

La vitesse de référence ( $V_r$ ) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle est le critère principal pour la détermination des valeurs extrêmes des caractéristiques géométriques et autres intervenants dans l'élaboration du tracé d'une route.

Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'utilisateur (traversée d'une ville, modification du relief, etc...).

#### **a) - Choix de la vitesse de référence :**

##### **Le choix de la vitesse de référence dépend de :**

- Type de route.
- Importance et genre de trafic.
- Topographie.
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

#### **b) - Vitesse du projet :**

La vitesse du projet  $V_r$  est la vitesse théorique la plus élevée pouvant être admise en chaque point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales.

On entend par conditions normales :

- ✓ Route propre sèche ou légèrement humide, sans neige ou glace.
- ✓ Trafic fluide, de débit inférieur à la capacité admissible.

Véhicule en bon état de marche et conducteur en bonne conditions normales.

##### **➤ Remarque:**

La vitesse de référence dans notre projet (donnée DTP de LAGHOUAT)

et de  **$V_r = 60 \text{ Km/h}$** .

Pour notre projet, situé dans un environnement (E3), et classé en catégorie (C4) avec une Vitesse de base de 60km/h, donc à partir du règlement B40 on peut avoir le tableau suivant :

Le tableau I.5 donne  $V_{vl}$  et  $V_{pl}$  en fonction de la Catégorie et l'Environnement selon B40.

Catégorie	Environnement			
		E1	E2	E3
Cat.1	$V_{vl}$	120/100/80	120/80/60	<b>80/60/40</b>
	$V_{pl}$	40/35/30	35/30/25	<b>30/25/20</b>
Cat. 2	$V_{vl}$	120/100/80	120/80/60	<b>80/60/40</b>
	$V_{pl}$	40/35/30	35/30/25	<b>30/25/20</b>
Cat.3	$V_{vl}$	120/100/80	100/80/60	<b>80/60/40</b>
	$V_{pl}$	35/30/25	30/25/20	<b>25/20/10</b>
Cat.4	$V_{vl}$	120/100/60	80/60	<b>60/40</b>
	$V_{pl}$	30/25/20	25/20/*	<b>20/*</b>
Cat.5	$V_{vl}$	80/60/40	60/40	<b>40</b>
	$V_{pl}$	*	*	*

#### I.1.10.2- PARAMETRES PHYSIQUES;

Les paramètres physiques sont établis selon la manière de conduire des usagers et des données dynamiques des véhicules.

##### a) Temps de perception – (reaction):

Le temps de perception (réaction) est le temps nécessaire pour la mise en Ouvré du dispositif de freinage, lors d'une situation imprévue exigeant un ralentissement.

Il est composé :

Du temps physiologique de perception réaction du conducteur pour apercevoir-regarder-comprendre-agir du temps d'inertie des organes mécanique du véhicule.

Les valeurs utilisées dans les normes en Algérie sont les suivantes : Catégorie 1-2. Environnement E1 et E2 :

**$t=1,8$  s      pour  $V > 80$  km/h**

**$t=2,0$  s      pour  $V < 80$  km/h**

Catégorie 1-2. Environnement E3 :

$T=1,8$  s      quelle que soit Catégorie 3-4-5 :

$T=1,8$  s      pour  $V > 60$  km/h

$T=2,0$  s      pour  $V < 60$  km/h

**b) Coefficient de frottement longitudinal (FL) :**

Le coefficient de frottement longitudinal admissible est variable avec la vitesse (**Tableau.I.6**)  
Il est utilisé pour définir les valeurs minimales de la distance théorique de freinage.

**Tableau. I.6: Coefficients de frottement longitudinal(B40)**

V (km/h)	40	60	80	100	120
Catégorie 1-2	0,45	0,42	0,39	0,36	<b>0,33</b>
Catégorie 3-4-5	<b>0,49</b>	<b>0,46</b>	<b>0,43</b>	<b>0,40</b>	<b>0,36</b>

**c) Coefficient de frottement transversal (FT)**

Le coefficient de frottement transversal (FT) variant avec la vitesse est utilisée pour déterminer le rayon en tracé en plan associé à un dévers donné ou inversement (**Tableau. I.7**). Les expériences menées par les techniciens de pneumatique, montrent que le coefficient du virage décroît lorsque la vitesse croit.

**Tableau. I.7 : Coefficients de frottement transversal(B40)**

V (km/h)	40	60	80	100	120
Catégorie 1 – 2	<b>0.20</b>	<b>0.16</b>	<b>0.13</b>	<b>0.11</b>	<b>0.10</b>
Catégorie 3 - 4 - 5	<b>0.22</b>	<b>0.18</b>	<b>0.15</b>	<b>0.125</b>	<b>0.11</b>

**I. 1.10.3. APPLICATION AU PROJET**

Catégorie : Notre projet reliant centres et tourisme, notre route est classée C4 en catégorie (04).

**Calcule Dénivelée cumulée moyenne h / LAB**

$$h \text{ (dénivelée cumulée)} = \Sigma PI. PL/100$$

$$h1 = -3,05 \times 125 / 100$$

$$h1 = 3.812 \text{ m.}$$

$$h2 = 0,51 \times 100 / 100$$

$$h2 = 0,510 \text{ m.}$$

$$h3 = 6 \times 200 / 100$$

$$h3 = 12 \text{ m}$$

$$h = h1 + h2 + h3$$

$$h = 16,322 \text{ m}$$

$$h/L = 16,322 \times 100 / 425$$

$$h/L = 3,840\%$$

→  $h/L \leq 4 \%$

→  $3,840 \leq 4 \%$  Terrain Vallonne (vois le Tableau.2)

➤ Sinuosité moyenne  $\varphi = Ls / L :$

$LS < 200 \text{ m}$

$125+100/425=0,529\text{m} \quad 0,3 < 0,529$

Alors **La sinuosite forte.**

➤ **Distances de freinage :**  $d0 = 4/1000 * V^2 / FL + i / 100$

$4/1000 * 60^2 / 0,46 / 100 \quad d0 = 31 \text{ m} \quad \text{Eq I.5}$

FL: coefficient de frottement longitudinal

I : rampe en %

Vr : Vitesse en Km/h

Selon LE B40 la distance de freinage est définie comme suit :

**Tableau. I.8: Distances de freinage1**

Vitesse categorie	40	60	80	100	120
1-2	14	34	65	111	175
3-4-5	13	31	59	100	160

➤ **Distances d'arrêt :** Selon le B40, la distance d'arrêt est définie comme suit :

$dl = d0 + 0.56V = 31 + 0,56 * (60) = dl = 63,6\text{m} \quad \text{Eq I.6}$

**Tableau. I.9: Distances de freinage 2**

Vitesse categorie	40	60	80	100	120
1-2	36	67	109	161	235
3-4-5	35	64	99	150	222

➤ **Distances de visibilité de dépassement minimale :**

$dm = 4V \text{ (km/h)} = 4 * 60 \text{ dm} = 240 \text{ m} \quad \text{Eq I.7}$

C'est la longueur parcourue pendant environ 15 secondes à la vitesse v et qui correspond à une manœuvre de dépassement de 7 a8 secondes.

**Tableau. I.10: Distances de visibilité B40**

Vitesse categorie	40	60	80	100	120
1-2-3-4-5	150	250	325	425	550

### **I. 1.11- Conclusion :**

Afin de réaliser ce projet d'étude, il est impératif de préciser que la ville d'ain madhi et la ville d'el-ghicha sont deux ville tourisme et qui constitue la nécessité d'une augmentation de la capacité de la route La réalisation de ce raccordement va permettre d'assurer la fluidité et la sécurité pour les passagers.

# **CHAPITRE.II**



## II. 1-Introduction

La conception géométrique d'une route consiste à étudier les éléments nécessaires à la détermination des normes à appliquer aux tracés en plan (courbes), profil en long et profil entravers type de la route projetée. Ces éléments géométriques sont calculés selon les normes mais découlant selon les principes fondamentaux universels qui sont la sécurité, le confort, l'économie et l'esthétique. Ces considérations sont matérialisées par l'adoption de paramètres qui constitue les données de base pour le calcul des éléments géométriques de la route. L'élaboration de tout projet routier commence par la recherche de l'emplacement de la route dans un environnement et son adaptation la plus rationnelle à la configuration de terrain. Définie géométriquement par trois éléments qui sont:

- a. Tracé en plan;
- b. Profil en long;
- c. Profil en travers.

### II. 1.1-Le trace en plan:

#### II.1.2. DÉFINITION:

Le tracé en plan d'une route est obtenu par projection de tous les points de cette route sur un plan horizontal, Il est constitué en général par une succession des alignements droits et des arcs reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif. Ce tracé est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on pourra déterminer les caractéristiques géométriques de la route. Le tracé en plan d'une route doit permettre d'assurer de bonnes conditions de confort.

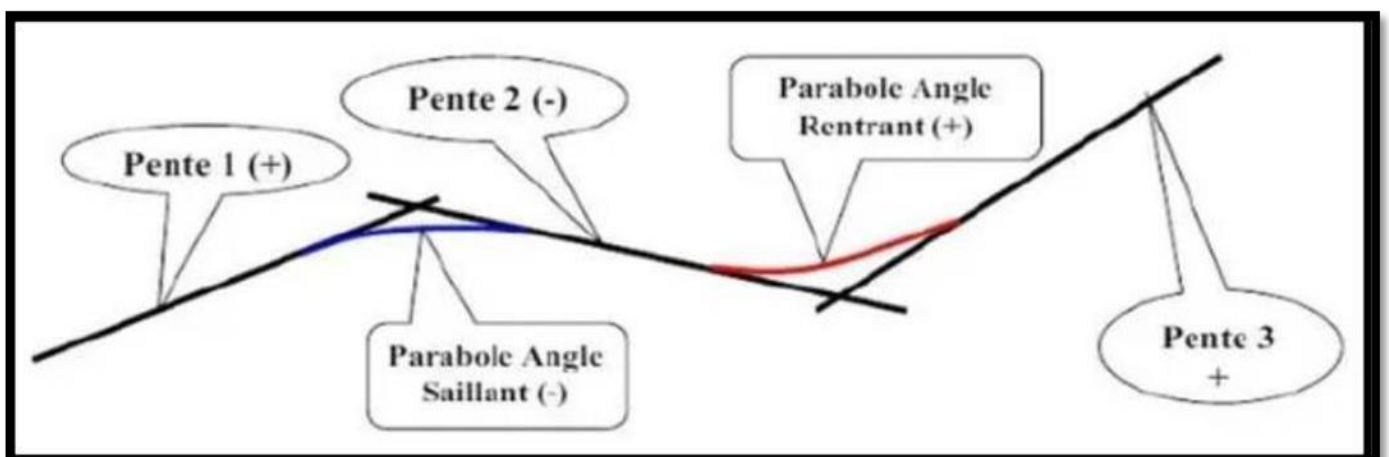


FIGURE II .1 : Trace En Plan D'une Route

## II. 1.3.-Règles à respecter dans le tracé en plan :

Pour obtenir un bon tracé selon les normes, on essaie de vérifier Ce qui suit L'adaptation du tracé en plan. au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants;

- Éviter de passer, si possible, sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Se raccorder au réseau routier existant ;
- Éviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrage d'arts et cela

pour Des raisons économiques si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais

- Remplacer deux cercles voisins de même sens et de rayon différent par un cercle unique ;
- Séparer deux cercles voisins de sens opposés par un segment de droite ;
- Éviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques (présence de failles ou des Matériaux

Pressentant des caractéristiques très médiocres) ;

- Il faut toujours appliquer les rayons supérieurs au rayon minimal normal ;
- Éviter les très longs alignements droits.

## II. 1.4-LES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN :

Le tracé en plan est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes, il est caractérisé par la vitesse de référence appelée ainsi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier. Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles d'autre part, elle se fait à l'aide de Clothoïdes qui assurent un raccordement progressif par nécessité de sécurité et de confort des usagers de la route.

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

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

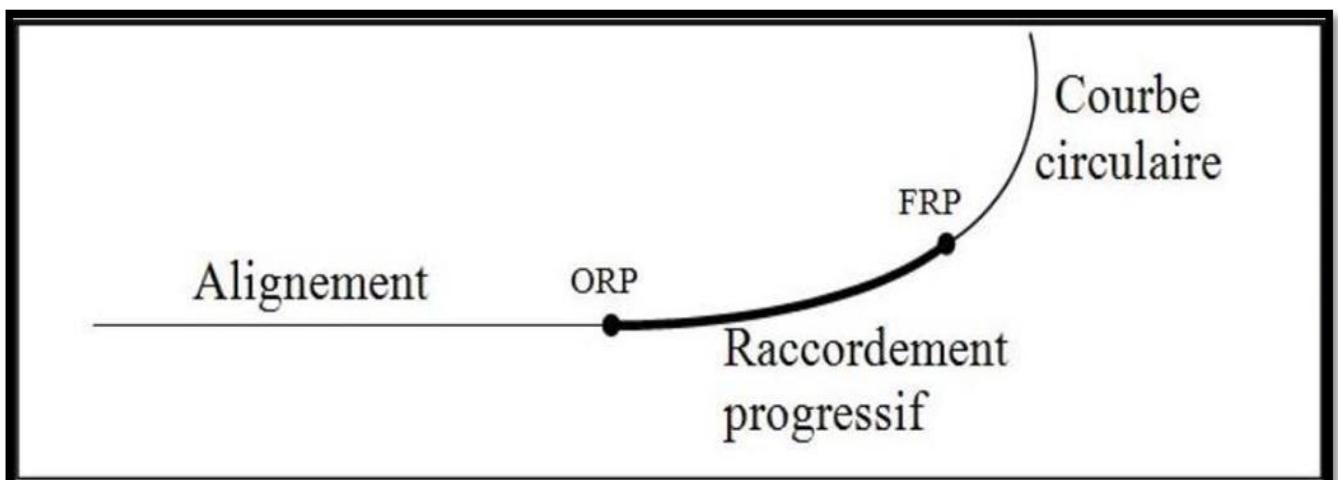


Figure II.2: Les éléments du tracé en plan

## II.2 -Droites (Alignements) :

Il existe une longueur minimale d'alignement  $L_{min}$  qui devra séparer deux courbes circulaires de 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 cercles. Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont Raccordées par une courbe en C, Ove, S, ou à sommet. La longueur maximale  $L_{max}$  est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes .

- **Longueur maximale:**

$$L_{max} = 60 \times V_b / 3.6 = 1000 \text{ m}$$

$$L_{max} = 1000 \text{ m} \quad \text{Eq II.1}$$

- **Longueur minimale :**

$$L_{min} = 5 \times V_b / 3.6 = 83,333 \text{ m}$$

$$L_{min} = 83,333 \text{ m} \quad \text{Eq II.2}$$

### Application au projet:

Vitesse	60km/H
La longueur maximum(m)	<b>1000</b>
La longueur minimale (m)	<b>83,333</b>

### II.2.1-Arcs de cercle:

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

- ✚ Stabilité, sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulant à grande vitesse.
- ✚ Visibilité en courbe.
- ✚ Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

Pour cela on essaie de choisir des rayons les plus grands possibles pour éviter de descendre en dessous du rayon minimum préconisé .

### II.2.2 -Stabilité en courbe :

Dans un virage un véhicule subit l'effet de la force centrifuges qui tend à provoquer une instabilité du système. Afin de réduire l'effet de la force centrifuge, on incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage (pour éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite "devers" exprimée par sa tangente.

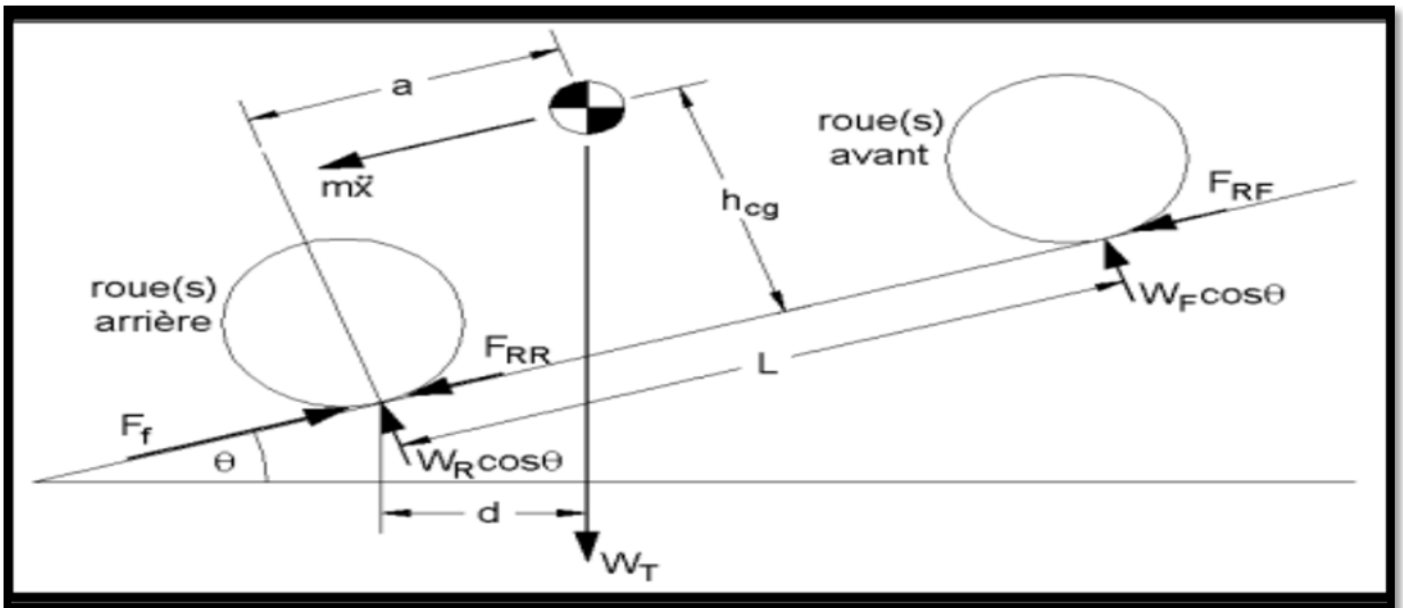


Figure II.3 : Stabilité Du Véhicule En Courbe

**a) - Rayon horizontal minimal absolu (RHM) :**

Il est défini comme étant le rayon au dévers maximal :

$$RHm = \frac{Vb^2}{127(ft+dmax)} \quad \text{Eq II.3}$$

**ft:** coefficient de frottement transversal

**Vb:** Vitesse de base

**b) - Rayon minimal normal (RHN) :**

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

$$RHn = \frac{(Vb+20)^2}{127(ft+dmax)} \quad \text{Eq II.4}$$

**c) - Rayon au dévers minimal (RHd) :**

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

- ❖  $d_{min} = 2.5\%$  en catégorie 1 – 2
- ❖  $d_{min} = 3\%$  en catégorie 3 – 4

$$RHd = \frac{(Vb)^2}{127*2*dmin} \quad \text{Eq II.5}$$

**d) - Rayon minimal non déversé (RHnd):**

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un.

Véhicule parcourant à la vitesse  $V_r$  une courbe de devers égal à  $d_{min}$  vers l'extérieur reste inférieur à Valeur limitée. Avec :

$$RHnd = \frac{(V_b)^2}{127(f' - d_{min})} \quad \text{Eq II.6}$$

$$f' = 0.06 \text{ cat 1 et 2}$$

$$f' = 0.07 \text{ cat 3 et 4 E1}$$

$$f' = 0.075 \text{ cat 4 -5 E2 E3}$$

L'équilibre des forces agissant sur le véhicule nous amène à la conclusion suivante :

Au devers maximum correspond le rayon minimum absolu RHm avec :

- $d_{max} = 7\%$  pour les catégories (1– 2) ;
- $d_{max} = 8\%$  pour les catégories (3– 4) ;
- $d_{max} = 9\%$  pour la catégorie (5).

**II.2.3- Visibilité en courbe:**

Un virage d'une route peut être masqué du côté inférieur de la courbe par un talus de déblai, ou par une construction ou forêt. Pour assurer une visibilité étendue au conducteur d'un véhicule, il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à déterminer. Au lieu de cela, une autre solution serait d'augmenter le rayon du virage jusqu'à ce que la visibilité soit assurée.

**II.3- Sur largeur :**

Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayons faibles : Lorsqu'un véhicule circule dans une courbe, il occupe une largeur plus grande que sur l'alignement droit ; compte tenu de l'empattement du véhicule, les roues arrière n'épousant pas exactement le tracé de celles de devant. La valeur de la Sur largeur théorique  $S$  nécessaire pour une voie de circulation :

$$S = L^2 / 2R \quad \text{Eq II.7}$$

- $L$  : longueur du véhicule (valeur Moyenne  $L = 10m$ ) ;
- $R$  : rayon de l'axe de la route.

**II.3.1-Les courbes de raccordement :**

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire doit être fait par des courbures progressives permettant l'introduction du devers et la condition du confort et de sécurité. La courbe de

Raccordement la plus utilisée est la Clothilde grâce à ses particularités, c'est-à-dire pour son accroissement linéaire des courbures. Elle assure à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les

zones de variation du devers (condition de gauchissement) et assure l'introduction de devers et de la courbure de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique qui sont limitées par unité de temps de variation de la sollicitation transversale des véhicules.

### II.3.2- Type de courbe de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbure, nous avons retenu les trois courbes suivantes :

- ✚ Parabole cubique
- ✚ Lemniscate
- ✚ Clothoïde

#### a) - Parabole cubique :

Cette courbe est d'un emploi très limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemin de fer).

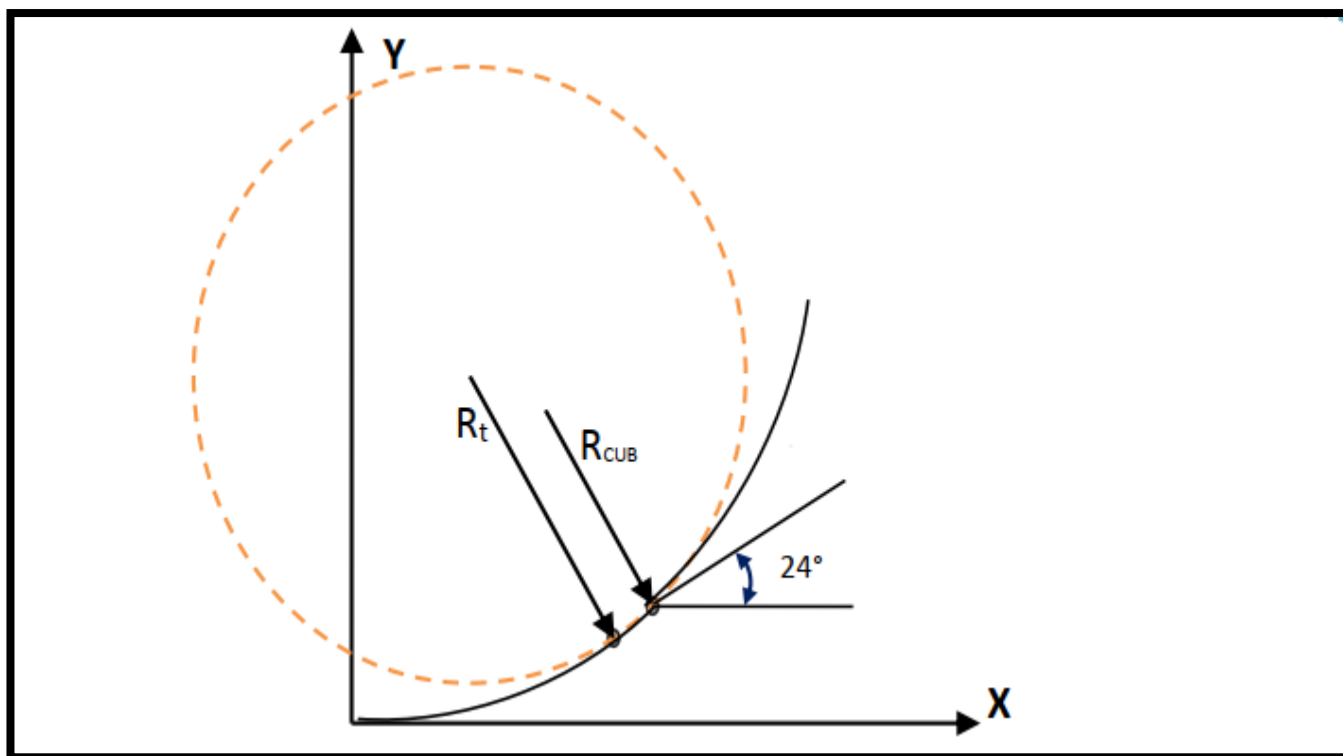


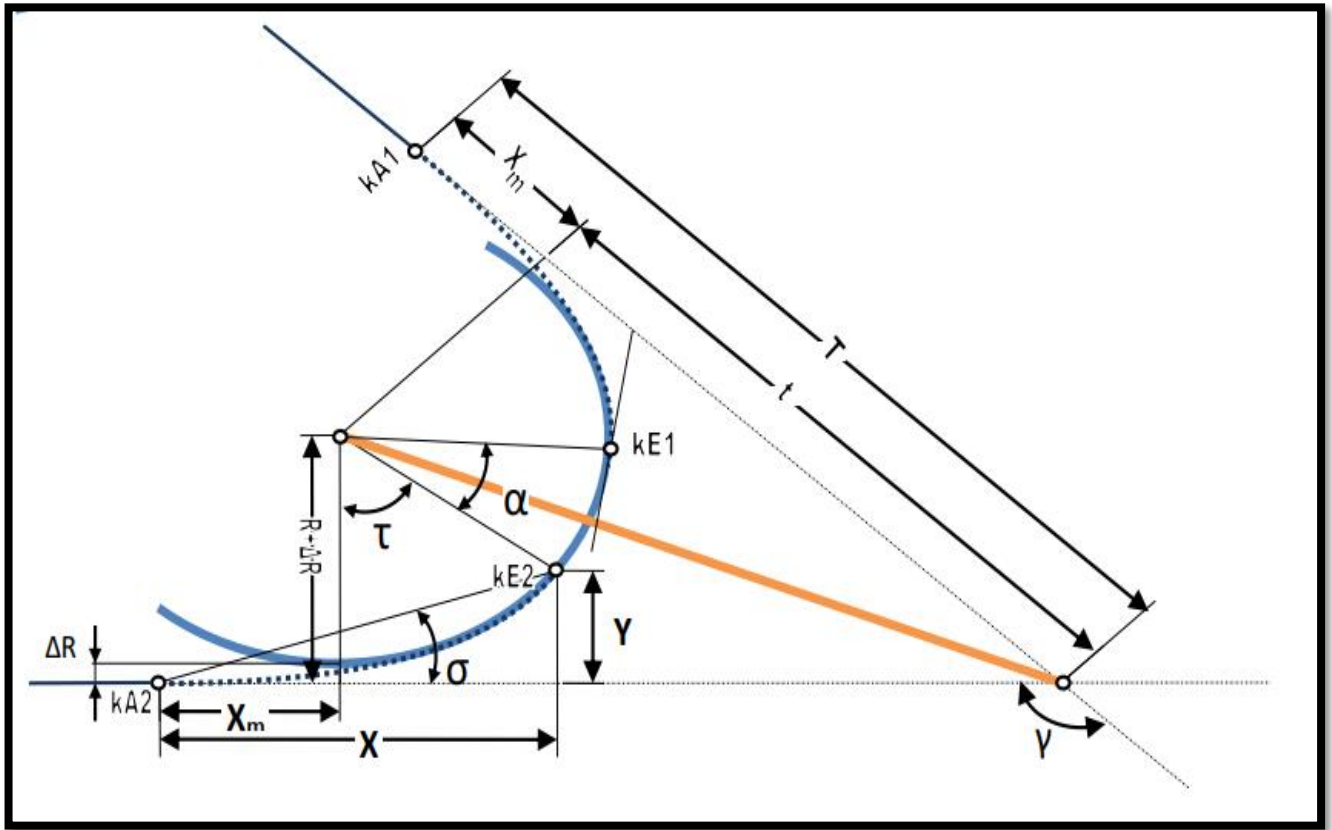
Figure II.4 : Courbe de raccordement parabole cubique

#### b) Lemniscate :

Cette courbe utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « trèfle d'autoroute » sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion.

**c) Clothoïde :**

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès 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.



**Figure II.5 : Courbe de raccordement clothoïde**

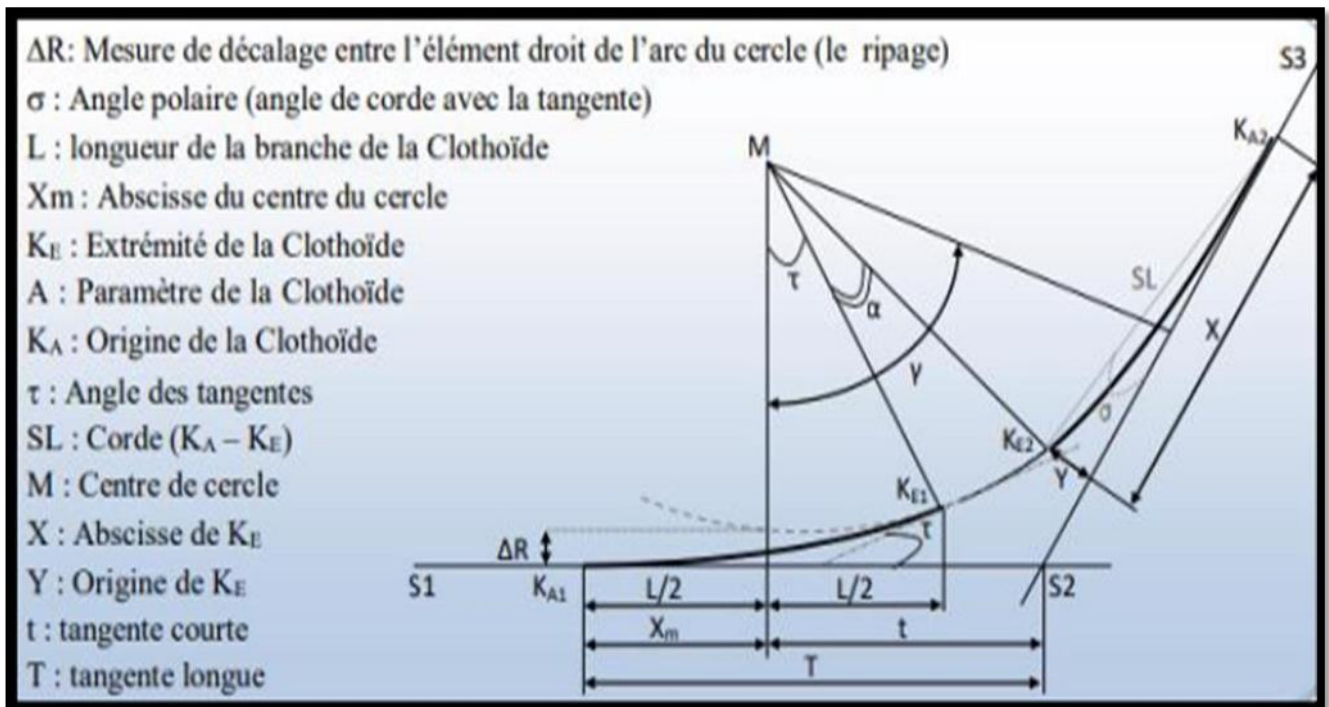
**II.3.3-Expression mathématique de la clothoïde :**

La Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne

$$K = C.L = 1/R \qquad \text{Eq II.8}$$

On pose:  $1/C = A^2 \rightarrow L.R = A^2$ .

Les rayons compris entre RHd et RHnd sont au devers minimal mais des rayons supérieurs à RHnd peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.



**Figure II.6: Élément de la Clothoïde.**

- **Condition optique :**

La Clothoïde doit aider à la lisibilité de la route on amorce le virage, la rotation de la tangente doit être  $\leq 3^\circ$  pour être perceptible à l'œil

$$\frac{R}{3} \leq A < R$$

- **Règle générale (B40)**

$L = \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R}$	
$R \leq 1000m$	$\Rightarrow \Delta R = 0.5m \text{ à } 1m$
$1000 < R \leq 2000m$	$\Rightarrow \Delta R = 1m \text{ à } 1.75m.$
$2000 < R \leq 5000m$	$\Rightarrow \Delta R = 1.75m \text{ à } 2.5m.$
$R > 5000m$	$\Rightarrow \Delta R = 2,5m$

**Conditions des raccords:**

Pour assurer les conditions suivantes, la communication doit être progressive

- **Condition de confort dynamique :**

Cette condition Consiste a limite pendant le temps de parcoure  $\Delta t$  du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale.

$$L = \frac{(Vb)^2}{18} \frac{(Vb)^2}{127R} - \Delta d \quad \text{Eq II.9}$$

$Vb$  : vitesse de base (Km /h).

$R$  : rayon en (m).

$\Delta d$  : variation de dévers

• **Condition de gauchissement**

Cette condition 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.

$$L \geq 1. \Delta d. Vb \quad \text{Eq II.10}$$

**L** : longueur de raccordement.

**1**: largeur de la chaussée.

**Δd**: variation de dévers.

**II.4-Notion de devers :**

Le devers est par définition la pente transversale de la chaussée, il permet l'évacuation des eaux pluviales pour les alignements droits et assure la stabilité des véhicules en courbe. La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité des véhicules lorsqu'ils passent d'un versant à l'autre et la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluies

**II.4.1- Devers en alignement :**

En alignement le devers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. Il est pris égal à :  $d_{min} = 2.5 \%$

**II.4.2- Devers en courbe :**

En courbe permet de :

- Assurer un bon écoulement des eaux superficielles ;
- Compenser une fraction de la force centrifuge et assurer la stabilité dynamique des véhicules
- Améliorer le guidage optique.

**II.4.3- Rayon de courbure :**

Pour assurer une stabilité du véhicule et réduire l'effet de la force centrifuge, on est obligé d'incliner la chaussée transversalement vers l'intérieur d'une pente dite devers, exprimée par sa tangente ; d'où le rayon de courbure.

**II.5 - Calcul des devers :**

Dans les alignements droits et dans les courbes de  $R \geq RHn$  le devers est égal à 3% et pour les courbes de rayon  $1/R$ .

$$RHm < R < RHn \quad \text{On a:} \quad \frac{d(1R) - d(RHm)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm}} = \frac{d(RHm) - d(RHn)}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHn}} \quad \text{Eq II.11}$$

$$RHm < R < RHn \quad \text{On a:} \quad \frac{d(1R) - d(RHm)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm}} = \frac{d(RHm) - d(RHn)}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHn}} \quad \text{Eq II.12}$$

**Tableau. II.1 : Paramètres fondamentaux (B40)**

Parametres	Symbols	Unites	Valeurs
Vitesse de base	Vb	Km/h	60
Longueur minimale(m)	Lmin	m	83,333
Longueur maximale(m)	Lmax	m	1000
Devers minimal (%)	dmin	%	3
Devers maximale(%)	dmax	%	8
Coefficient de frottement longitudinal	FL	–	0,46
Coefficient de frottement transversal	FT	–	0,18
Distance de freinage	do	m	31
Distance d'arret	d1	m	61

**II.5.1- Raccordement de devers :**

En alignement droit les devers sont de type unique et ont des valeurs constantes (3%), en courbe ils ont des valeurs supérieures (de 3 à 8%). Le raccordement des alignements droits aux courbes se fait par des Clothoïdes Dans le cas où les devers sont de même sens le raccordement sera progressif à partir du début de la Clothoïde jusqu'au début de l'arc de cercle. Dans le cas où les devers sont opposés, le problème se pose pour passer du devers d'alignement droit au devers de l'arc de cercle, donc il faut passer par un devers nul, ce dernier peut être placé en général à une distance Dmin, appelée longueur de

gauchissement.

$$Dmin = \frac{5 \times \Delta d \times Vr}{36} \quad \text{Eq II.13}$$

- Pour les courbes en S, il est souhaitable de prendre le devers nul au point d'inflexion.
- Pour les courbes de raccordement de devers entre deux courbes de même sens, le devers unique peut être conservé.

**II.5.2-Choix de la vitesse de référence :**

- a) Caractéristiques topographiques.
- b) Type de la route dans le réseau.
- c) Importance et genre de trafic
- d) Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

**II.5.3-Vitesse de projet:**

La vitesse de projet Vb est la vitesse théorique la plus élevée pouvant être admise en chaque point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales. on entend par

conditions normales

- ✓ Route propre séché ou légèrement humide, sans neige ou glace.
- ✓ Trafic fluide, de débit inférieur à la capacité admissible
- ✓ Véhicule en bon état de marche de conducteur en bonne conditions

## II.6-Paramètres fondamentaux de projet :

Pour le cas de notre projet la Vitesse de base est 60 km/h, le tableau suivant illustre l'ensemble des caractéristiques des différents éléments

### Vérification des Conditions :

#### ➤ Distance élémentaire de freinage :

$$d_0 = \frac{4}{1000} \frac{V^2}{f+i/100}$$

Palier (i=0) on aura  $\rightarrow d_0 = 31\text{m}$

#### ➤ Distance d'arrêt :

$$d_1 = d_0 + 0.50 \times Vr \rightarrow 31+0.50 \times 60 = 61\text{m}$$

#### ➤ Distance de visibilité de dépassement minimale :

$$d_m = 4 \times V \rightarrow 4 \times 60 = 240\text{m}$$

#### ➤ Distance de visibilité de dépassement normale :

$$d_n = 6 \times V \rightarrow 6 \times 60 = 360\text{m}$$

#### ➤ Distances de sécurité entre deux véhicules :

$$d_s = \frac{V_b \times t_p}{3,6} + L = \frac{60 \times 2}{3,6} + 8 = 41,333\text{m}$$

Avec L : Longueur de véhicule en Moyenne (8m).

### II.6.1- Application Au Projet :

$$V_b = 60\text{km/h} \rightarrow d_{max} = 8\% \rightarrow d_{min} 3\% \rightarrow f_t = 0.18 \rightarrow F = 0.46$$

### II.6.2- Rayon minimal absolu RHm :

$$RHm = \frac{V_b^2}{127(f_t + d_{max})} = \frac{60^2}{127(0,18 + 0,08)} = 109,024\text{m}$$

### II.6.3- Rayon minimal normal RHn:

$$RHn = \frac{(Vb+20)^2}{127(ft+dmax)} = \frac{(60+20)^2}{127(0,18+0,08)} = 193,821m$$

### II.4.2- Rayon au dévers minimal RHd :

$$RHd = \frac{(vb)^2}{127*2*dmin} = \frac{(60)^2}{127*2*0,03} = 472,440$$

### II.7- Rayon minimal non déversé RHnd :

$$RHnd = \frac{(vb)^2}{127(f'-dmin)} = \frac{(60)^2}{127(0,075 - 0,03)} = 629,921m$$

**Tableau II-2 : Rayons du tracé en plan B40**

Paramètres	symboles	valeurs
<b>Vitesse (km/h)</b>	<b>V</b>	<b>60</b>
<b>Rayon horizontal minimal (m)</b>	RHm (8%)	109,02
<b>Rayon horizontal normal (m)</b>	RHN (8%)	193,82
<b>Rayon horizontal déversé (m)</b>	RHd (3%)	472,44
<b>Rayon horizontal non déversé (m)</b>	RHnd (3%)	629,92

### II.6.2- Calcul d'axe:

L'opération de calcul d'axe n'aura lieu, qu'après avoir déterminé le couloir par lequel passera la voie. Le calcul d'axe consiste à déterminer tous les points de l'axe, en exprimant leurs coordonnées ou directions dans un repère fixe. Ce calcul se fait à partir d'un point fixe dont on connaît ses coordonnées, et il doit suivre les étapes suivantes :

- Calcul de gisements
- Calcul de l'angle entre alignements
- Calcul de la tangente T
- Calcul de la corde SL
- Calcul de l'angle polaire  $\alpha$
- Vérification de non chevauchement
- Calcul de l'arc de cercle
- Calcul des coordonnées des points singuliers
- Calcul de kilométrage des points particuliers

**II.6.3- Exemple de calcul d'axe manuellement :****a) -Calcul du paramètre A :**

On sait que :  $A^2 = L \times R$

$$L \geq \frac{5}{36} \Delta d$$

On prend le rayon  $R = 109,024$  m.

**b) -Détermination de L :**

$Dd = ?$

$$d = d_{min} = 3\%$$

$$Dd = 3 - (-3) = 6\%$$

$$L \geq 5/3,6 \cdot 6 \cdot 60 = 50 \text{ m}$$

**c) -Condition de confort optique :**

$$R/3 \leq A \leq R \rightarrow 36,341 \leq A \leq 109,024.$$

$$R = 109,024 \text{ m} < 1000 \text{ m} \rightarrow \Delta R = 0.5 \text{ m à } 1 \text{ m}$$

**Alors :**

$$L = \sqrt{24} \times R \times \Delta R \rightarrow L = \sqrt{24} \times 109,024 \times 05 = \mathbf{36,170 \text{ m}}$$

**d)- Condition confort optique :**

$$R/3 \leq A \leq R \text{ D'où : } 36,341 \leq A \leq 109,024$$

$$L = R/9$$

$$L \geq 109,024/9 = 121,14 \text{ m} = L \geq 121 \text{ m}$$

$$L = A^2/R \Rightarrow A = \sqrt{L \cdot R} = (121,14 \cdot 109,024) = \mathbf{114,92 \text{ m}}$$

**On prendre  $A = 150 \text{ m}$**

$$L = A^2/R \Rightarrow L = 206 \text{ m}$$

Calcule  $\Delta R$

$$\Delta R = L^2/24R \Rightarrow \Delta R = 1,621 \text{ m}$$

**e) - Calcul des Gisements :**

Le gisement d'une direction est l'angle fait par cette direction avec le nord géographique dans le sens des aiguilles d'une montre. Les coordonnées utilisées sont comme suit dans le (Tableau II-3)

**Tableau. II - 3 : Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé.**

Vb=60km/h	X(m)	Y(m)	Rayon(m)
S1	1000,000	2000,000	
S2	<b>1005,5070</b>	<b>2038,7910</b>	<b>109,024</b>
S3	<b>952,0710</b>	<b>1975,2980</b>	
S4	<b>1048,7080</b>	<b>1937,7580</b>	

$$S1S2 \{ |\Delta X| = |XS2 - XS1| = 1005,5070 - 1000 = 5,507m$$

$$|\Delta Y| = |YS2 - YS1| = 2038,7910 - 2000 = 38,79 m$$

$$S2S3 \{ |\Delta X| = |XS3 - XS2| = 952,0710 - 1005,5070 = -43,436 m$$

$$|\Delta Y| = |YS3 - YS2| = 1975,2980 - 2038,7910 = -63,493m$$

$$S3S4 \{ |\Delta X| = |XS4 - XS3| = 1048,7080 - 952,0710 = 86,637 m$$

$$|\Delta Y| = |YS4 - YS3| = 1937,7580 - 1975,2980 = -37,540 m$$

$$GSS12 = 200 - \text{arc tg} \left( \frac{\Delta X}{\Delta Y} \right) = 191,021 \text{ Grad}$$

$$GSS23 = 200 - \text{arc tg} \left( \frac{\Delta X}{\Delta Y} \right) = 238,195 \text{ Grad}$$

$$GSS34 = 200 - \text{arc tg} \left( \frac{\Delta X}{\Delta Y} \right) = 273,969 \text{ Grad}$$

**e.1) - Calcul de l'angle  $\gamma$ :**

$$GSS45 - GSS12 = 273,969 - 191,021 = 82,948 \text{ Grad}$$

**e.2) - Calcul de l'angle  $\tau$ :**

$$\tau = \frac{200 \times L}{2\pi \times R} = \frac{200 \times 206}{2 \times 3,14 \times 109,024} = 6,017 \text{ Grad}$$

**e.3) - Vérification de non chevauchement :**

$$\tau = 6,017 \text{ Grad}$$

$$\gamma / 2 = 82,948 / 2 = 41,474 \text{ Grad}$$

D'où :  $\gamma / 2 > \tau$  oui verifier

**e.4) - Calcul des distances :**

$$S2 S1 = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{(5,507)^2 + (38,79)^2} = 39,178 m$$

$$S3 S2 = 76,928 m$$

$$S4 S3 = 94,420 \text{ m}$$

### d) - Caractéristiques de la courbe de raccordement

d.1) - Calcul de l'abscisse du centre du cercle :

$$Xm = \frac{A^2}{2 \cdot R} = \frac{L}{2} \Rightarrow \frac{(150)^2}{2 \cdot 109,024} = \frac{206}{2} = 103,18 \text{ m}$$

d.2) - Abscisse de KE :

$$X = L \left( 1 - \frac{L^2}{40 \cdot R^2} \right)$$

d.3) - Origine de KE :

$$= 206 \left( 1 - \frac{(206)^2}{40 \cdot (109,024)^2} \right) = 187,248 \text{ m}$$

$$= 64,872 \text{ m} \quad Y = \frac{L^2}{6R} = \frac{(206)^2}{6 \cdot 109,024}$$

d.4) - Calcul de la tangente :

$$T = Xm + (R + \Delta R) \times \text{tg } Y/2 = 200,979 \text{ m}$$

d.5) - Calcul des Coordonnées SL :

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{(187,248)^2 + (64,872)^2} = 62 \text{ m}$$

d.6) - Calcul de  $\sigma$  :

$$\sigma = \text{arc tg } (X/Y) = 7,08 \text{ Grad}$$

d.7) - Calcul de l'arc :

$$\alpha = \gamma - 2\tau \rightarrow \alpha = 82,948 - 2 \times 6,017 = 70,914 \text{ m}$$

$$KE1 KE2 = \frac{R \times \pi \times \alpha}{200} = 121,381 \text{ m}$$

d.8) - Calcul des coordonnées des points singuliers :

$$KA1 = \{XkA1 = Xs1 - (S2S1 - T) \sin(G SS12 - 200)\}$$

$$YkA1 = Ys1 - (S2S1 - T) \cos(G SS12 - 200)$$

Donc :

$$KA1 = \{XkA1 = 1000 - (39, 178 - 101, 533) \sin(191,021 - 200) = 991,234\}$$

$$YkA1 = 2000 - (39, 178 - 101, 533) \cos(191,021 - 200) = 2061,735$$

$$KE1 = \{XkE1 = Xs1 - (S2S1 - T) \sin(G SS12 - 200) = 998,341\}$$

$$YkE1 = Ys1 - (S2S1 - T) \cos(G SS12 - 200) = 2026,078$$

$$KA2 = \{XkA2 = Xs2 - (S2S1 - T) \sin(G SS12 - 200) = 1020,688\}$$

$$YkA2 = Ys2 - (S2S1 - T) \cos(G SS12 - 200) = 2058,13$$

$$KE2 = \{XkE2 = Xs2 - (S2S1 - T) \sin(G SS12 - 200) = 1372,930\}$$

$$YkE2 = Ys2 - (S2S1 - T) \cos(G SS12 - 200) = 1564,439$$

## **II.7. PROFIL EN LONG :**

### **II.7.1. DEFINITION**

Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive. Il exprime donc, la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne. 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 courbes circulaires.

### **II.7.2- REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DU PROFIL EN LONG**

Dans ce paragraphe on va citer les règles qu'il faut les tenir en compte sauf dans des cas exceptionnels lors de la conception du profil en long. L'élaboration du tracé s'appuiera sur les règles suivantes :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Eviter 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 du profil en long.
- Rechercher un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long ; la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à certaines règles notamment.
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grands rayons.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

### **II.7.3. Coordination du tracé en Plan et du profil en long :**

Il faut signaler toute fois et dès maintenant qu'il ne faut pas séparer l'étude de profil en long de celle du tracé en plan. On devra s'assurer que les inflexions en plan et en profil en long se combinent sans

porter des perturbations sur la sécurité ou le confort des usagers. Et pour assurer ces derniers objectifs on respecte les conditions suivantes :

- Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :  $R_{vertical} > 6 R_{horizontal}$  pour éviter un défaut d'inflexion.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible ; lorsqu'elles ne peuvent être évitées, on fait réapparaître la chaussée à une distance de 500 m au moins, créant une perte de tracé suffisamment franche pour prévenir les perceptions trompeuses.

**II.8.-Déclivités :**

La déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontale. Elle est dénommée rampe si la route s'élève dans le sens du kilométrage, et pente dans le cas contraire.

**II.8.1- Déclivité minimale :**

Dans un terrain plat n'emploie normalement jamais de pente nulle de façon à ce que l'écoulement des eaux pluviales s'effectue facilement a long de la route au bord de la chausse On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes :

Au moins 0.5% et de préférences 1% si possible.

**II.8.2- Déclivité maximale :**

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à 1500m, à cause de :

La réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe Max). L'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).

**Tableau. II.4: Valeur de la déclivité maximale**

Vb(km/h)	40	60	80	100	120	140
I <sub>max</sub> (%)	8	7	6	5	4	4

**Application au projet:**

La vitesse adoptée dans notre projet 60Km/h

$V_r = 60 \text{ Km/h}$  donc la pente maximale  $I_{max} = 6\%$

### II.8.3-RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers dans le profil en long. Ce changement doit être adouci par l'aménagement de raccordement circulaire qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort. On distingue deux types :

#### II.9.-Raccordement convexes (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et visibilité d'autre part.

##### a) - 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 :

$g/40$  : pour C 1 -2  $g/30$  : pour C 3- 4- 5

$R_{Vmin} = \{0.3Vb^2$  pour C (1-2)

$0.23Vb^2$  pour C (3-4-5)

$$\frac{Vb^2}{Rv} < \frac{g}{40} \quad \text{Pour : } g= 10 \text{ m/s}$$

Dans notre cas :

Avec :  $Rv$  : rayon vertical (m).

$Vr$  : vitesse référence (km/h)

- $R_{vmin}=0.3Vb^2$

##### b) Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme condition supplémentaire à celle de condition de confort. Il faut deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum. Le rayon de raccordement est donné per la formule suivante :

$$RV = \frac{d^2}{2 \times (h_0 h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})} \approx 0.27 D^2 \quad \text{Eq II.14}$$

- $d$ : Distance d'arrêt (m).
- $h_0$ : Hauteur de l'oeil (m).
- $h_1$ : Hauteur de l'obstacle (m).

Tableau. II.5 : Rayons convexes B40

Rayon	symbole	valeur
Mini absolu	Rvm1	800
Mini-normal	Rvn1	2000
Depassement	RVD	5000

### II.9.1- Caractéristiques des profils en long :

➤ Cas d'un angle saillant.

#### 1- Condition de Confort :

$$RV_{min} = 0.23 \times Vb^2 \rightarrow 0.23 \times 60^2 = 1080 \text{ m}$$

#### 2- Condition de visibilité :

On a selon le B40 : d1=64m

#### 3- Rayon minimal absolu :

$$RVm = 0.24 \times d1^2 \rightarrow 0.24 \times 64^2 = 942,08 \text{ m}$$

#### 4- Rayon minimal Normal :

$$RVn = 0,23 \times d1^2 \rightarrow 0.24 \times (60)^2 = 3312 \text{ m}$$

➤ Cas d'un angle rentrants.

➤ La visibilité nocturne.

#### 5- Rayon minimal absolu :

$$R'Vm = 0.23 \times d1^2 \rightarrow 0.3 \times 60^2 = 828 \text{ m}$$

#### 6- Rayon minimal Normal :

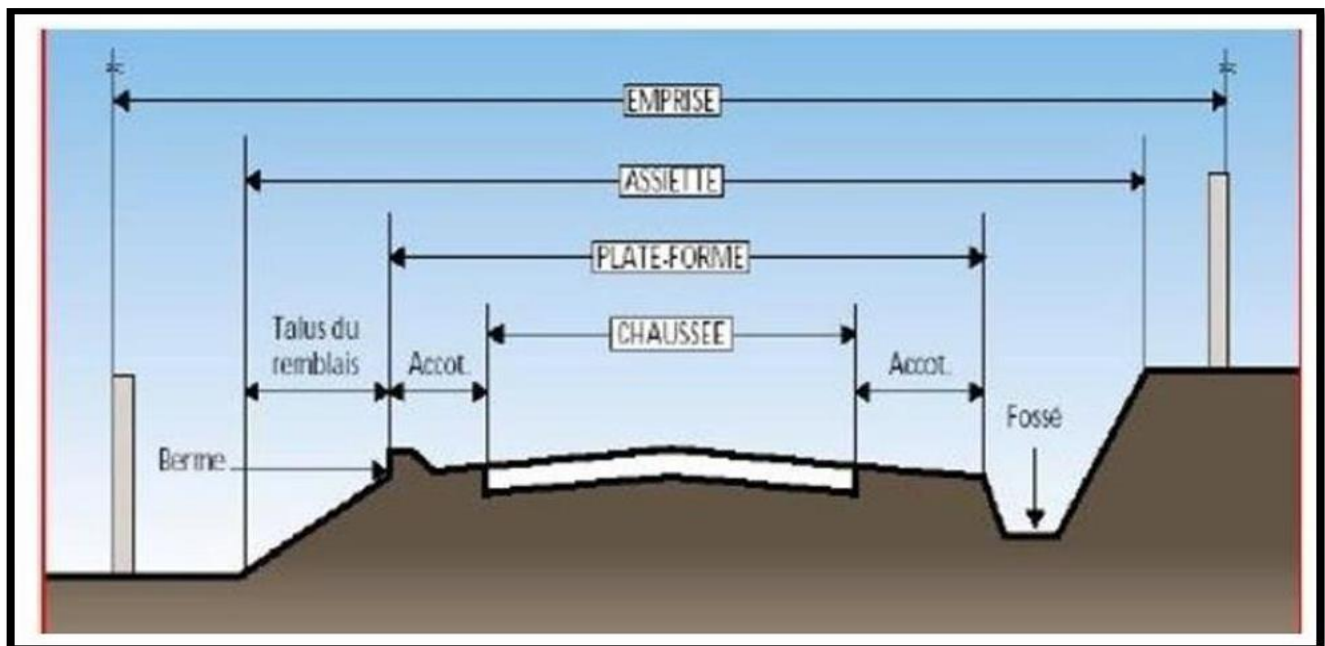
$$R'Vm = 0.23 \times d1^2 \rightarrow 0.3 \times (60+20)^2 = 1472 \text{ m}$$

### II.9.2- PROFIL EN TRAVERS :

#### II.9.3 DEFINITION

Le profil en travers d'une route est une coupe transversale menée transversalement selon un plan perpendiculaire à l'axe de la route projetée. Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers. Pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on étout d'abord un profil unique appelé « profil en travers type » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, etc....).

## II.10. ELEMENTS DU PROFIL EN TRAVERS :



**Figure II.7 : Eléments constitutifs du profil en travers type.**

- **L'emprise** : Partie du terrain qui appartient à la collectivité et affectée à la route ainsi qu'à ses dépendances.
- **L'assiette** : Surface du terrain réellement occupée par la route.
- **Plate-forme** : Surface de la route qui comprend la chaussée et les accotements.
  - **Chaussée** : Surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. Elle est constituée d'une ou plusieurs voies de circulation.
  - **Accotement** : Zone latérale de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée. L'accotement est constitué de la berme et de la bande d'arrêt d'urgence.  
Bande d'arrêt D'urgence : Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue.  
La berme : 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.
- **Terre- plein central (T.P.C)** : Il assure la séparation matérielle des deux sens de circulation, sa largeur et de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.
- **Couche de surface ou de roulement** :

La couche de surface constituée d'un matériau traité au liant hydrocarboné permet

d'encaisser les efforts et le cisaillement provoqués par la circulation et d'assurer l'imperméabilisation de la chaussée.

Cette couche peut être simple c'est à dire réalisée en une seule couche d'un matériau, ou multiple, c'est à dire réalisée en plusieurs de matériaux différents. Dans ce dernier cas, on appelle couche de roulement celle qui est en contact direct avec les roues ; les autres couches sont appelées couches de liaison.

➤ **Couche de base:**

La couche de base a pour objet de résister aux efforts verticaux et de répartir sur la couche fondation les pressions qui en résultent. Elle est constituée d'un matériau non traité de bonnes caractéristiques mécaniques.

➤ **Couche de fondation:**

La couche de fondation forme avec la couche de base le corps de chaussée. Son rôle est identique à celui de la couche de base, mais elle est constituée d'un matériau non traité de moindre qualité (le tuf).

➤ **Sous couche:**

Lorsque le corps de chaussée doit être préservé contre certains effets, on interpose entre celui-ci et le terrain une couche supplémentaire appelée sous couche (anti-contaminant pour empêcher les remontées d'argile, drainante pour assurer le drainage de la fondation, ou anticapillaire pour couper les remontées capillaires).

➤ **Couche de forme:**

La couche de forme est la surface de terrain préparée sur laquelle est édifiée la chaussée. Dans certains cas, on peut avoir intérêt à remplacer sur certaine épaisseur le sol naturel par un meilleur sol, sélectionné à cet effet on constitue ainsi une couche de forme qui améliore la portance du support en permettant entre autres la circulation des engins de chantier.

➤ **Banquette:**

Lorsque le bord de l'accotement d'une route en remblai est plus de 1,00m au-dessus du sol naturel, on réduit les risques d'accident en établissant une levée de terre.

### **II.10.1- Classification des profils en travers :**

### **II. 10.2- Types de profil en travers :**

On distingue deux types de profils : type et courant.

### **II.10.3- 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). L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

### **II.11.- Le profil en travers courant :**

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

#### **II.11.1- Application au projet :**

Le profile en travers types de la RN47 → Cw124 sera composée au stade définitif de 2 chaussées à sens unique, comportant chacune une voie de circulation Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- ✓ 2 Chaussée :  $(3.50 \times 2) = 7\text{m}$
- ✓ Accotement :  $2 \times 2 = 4\text{m}$
- ✓ Plateforme : 11 m.
- ✓ Caniveaux de  $0.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}$ .

### **II.11.2- CUBATURES :**

#### **II.11.3. INTRODUCTION**

La réalisation d'une infrastructure de travaux publics nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel sera implanté le projet. Pour les voies de circulations, celles-ci sont très visibles sur les profils en longs et les profils en travers. Cette modification s'effectue, soit par apport à la terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support remblai, soit par excavation des terres existantes au-dessus du niveau de la ligne rouge déblai. Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre se trouvant entre le tracé du projet et celui du terrain naturel. Ce calcul s'appelle (les cubatures des terrassements).

#### **II.12 -DEFINITION :**

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des volumes de déblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet : Les éléments qui permettent cette évolution sont :

- Les profils en long;
- Les profils en travers;
- Les distances entre les profils.

Les profils en long et les profils en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes qui joignent ces points soient différents le moins

possible de la ligne du terrain qu'il représente.

### II.12.1- METHODES 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 simplifient le calcul.
- Le travail consiste à calculer les surfaces SD (surface de déblai) et SR (surface de remblai) pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

On utilise la méthode SARRAUS. C'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

- TN: Terrain Naturel;
- SD: Surface Déblai;
- SR: Surface Remblai.

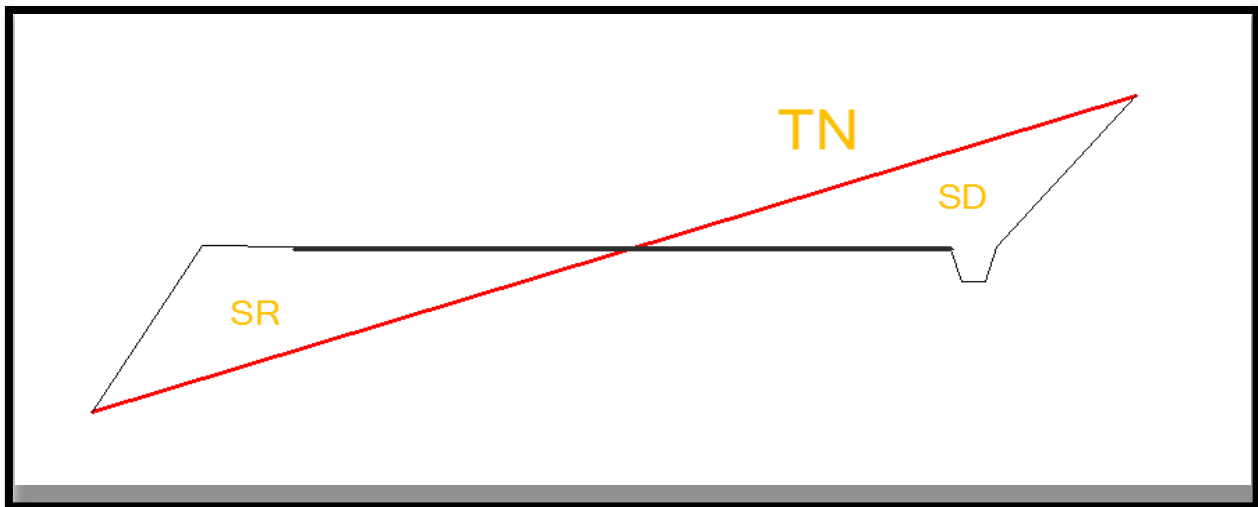
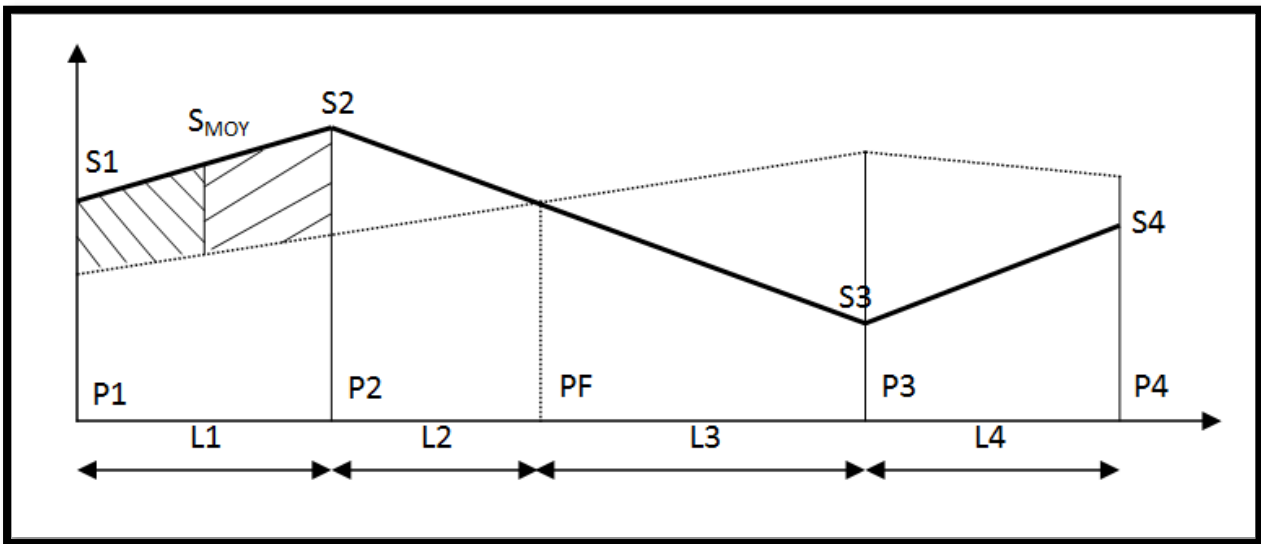
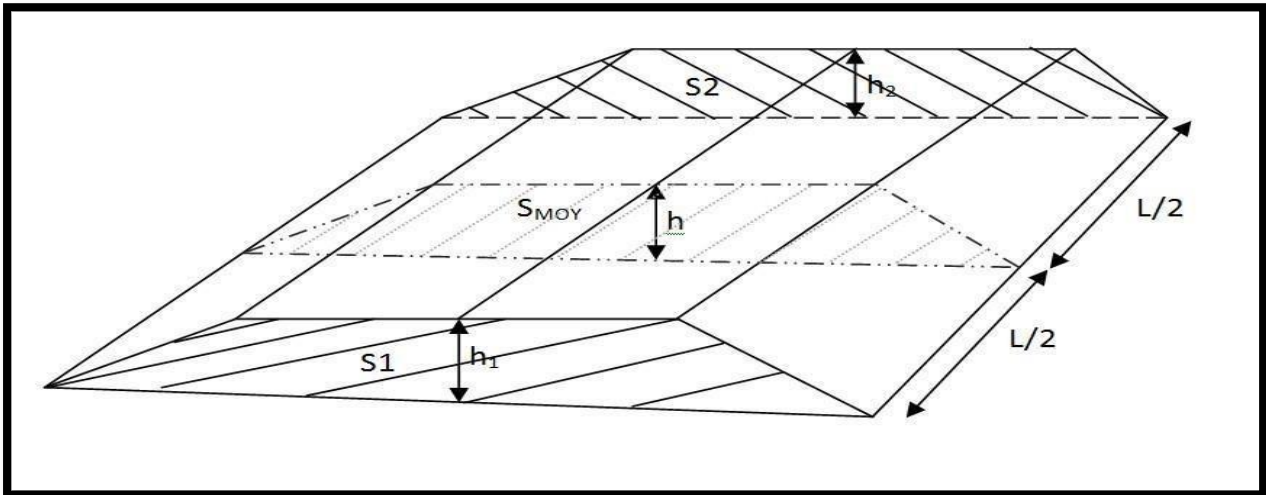


Figure II.8: surface de déblai et remblai

### II.12.2- Description de la Méthode :

On calcule séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils entravers successifs en utilisant la formule des trois niveaux ou formule au prismoïde.

$$V = L/6 (S_1 + S_2 + 4 \times S_{MOY}) \quad \text{Eq II.15}$$



**Figure II.9: Méthode de la moyenne des aires.**

- **PF** : profil fictive, surface nulle ;
- **Si** : surface de profil en travers  $P_i$  ;
- **Li** : distance entre ces deux profils ;
- **SMOY** : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance  $L_i$ ).

Pour éviter des calculs très longs, on simplifie cette formule en considérant comme trèsvoisines les deux expressions SMOY et  $(S1+S2)/2$  ; Ceci donne :

$$V = h/6 * S1 + S2 + 4 * S0 \quad \text{Eq II.16}$$

Où  $L$ ,  $S1$ ,  $S2$  et  $S0$  désignant respectivement :

- Distance entre deux profils
- Surface du profil 1

➤ Surface du profil 1

Pour éviter des calculs très longs, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions SMOY et  $(S1+S2)/2$  ; Ceci donne

$$S_{moy} \text{ et } \frac{S1+S2}{2} \quad \text{Eq II.17}$$

Ceci donne :  $V1 = L1/2 \times (s1 + s2)$

**Donc les volumes seront :**

- Entre P1 ET P2  $V1 = L1/2 \times (S1 + S2)$ .
- Entre P2 ET PF  $V2 = L2/2 \times (S2 + 0)$ .
- Entre PF ET P3  $V3 = L3/2 \times (0 + S3)$

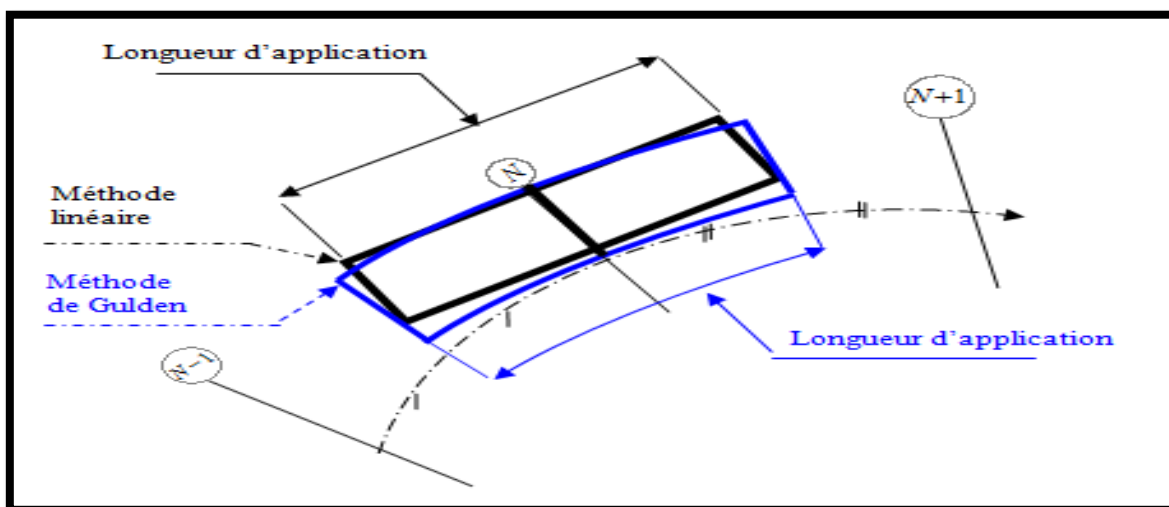
En additionnant membre à membre ces expressions on a le volume total des terrassements :

$$V = \frac{L1}{2} * S1 + \frac{L1+L2}{2} * S2 + \frac{L2+L3}{2} * 0 + \frac{L3+L4}{2} * S3 + \frac{L4}{2} * S4$$

**II.12.3-Méthode de GULDEN :**

Dans cette méthode les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée pour obtenir les volumes et les surfaces. Ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée. Si on utilise la méthode de GULDEN, la quantité (longueur d'application) n'a plus de sens.



**Figure II.10: La méthode linéaire et Méthode GULDEN**

## II.13-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.

### II.13.1- CALCUL DES CUBATURES DE TERRASSEMENT

Pour le calcul automatique des cubatures par le logiciel Piste 5.05, les résultats de calcul ainsi obtenus sont joints en annexe.

-Le volume de déblais est de :  $VD = 791,9 \text{ m}^3$ .

-Le volume de remblai est de :  $VR = 9409,2 \text{ m}^3$ .

#### Commentaire :

$$VD = 791,9 \text{ m}^3$$

$$VR = 9409,2 \text{ m}^3$$

Volume géométrique :

$$\Delta V = VR - VD = 9409,2 - 791,9 = 8617,3 \text{ m}^3$$

$$\Delta V = 8617,3 \text{ m}^3$$

Alors le Volume géométrique =  $8617,3 \text{ m}^3$

En tenant compte du foisonnement et du tassement des terres, nous obtenons :

$$VD' = 1,2 * VD = 1,2 * 791,9 = 950,28 \text{ m}^3$$

$$VR' = 1,08 * VR = 1,08 * 9409,2 = 10161,936 \text{ m}^3$$

$$\Delta V' = VR' - VD' = 10161,936 - 950,28 = 9211,656 \text{ m}^3$$

$$\Delta V' = 9211,656 \text{ m}^3$$

#### Avec :

1, 2 : Coefficient de foisonnement

1, 08 : Coefficient de tassement.

Alors :

$$VR' > VD' \text{ et } \Delta V' > \Delta V.$$

**Conclusion** : il est bien clair qu'on a un grand déficit de terre afin de réaliser les remblais nécessaires.

### II.13.2 CONCLUSION

Dans cette partie d'étude, on s'est essentiellement intéressé à l'étude géométrique du tronçon de la route sur la base des normes du B40. Tous les calculs relatifs au tracé en plan, au profil en long et aux profils en travers ont été vérifiés à ceux obtenus à l'aide des logiciels de Covadis (AutoPISTE) et d'AUTOCAD.

# **CHAPITRE III**



### III.1. INTRODUCTION :

La conception d'un dalot doit satisfaire à un certain nombre d'exigences puisqu'il est destiné à offrir un service à des usagers. On distingue les exigences fonctionnelles qui sont des caractéristiques permettant au pont d'assurer sa fonction d'ouvrage de franchissement, et les exigences naturelles qui sont l'ensemble des éléments de son environnement influant sur sa conception.

### III.2.- L'EXIGENCE FONCTIONNELLE :

Ces exigences concernent :

- **LE TRACE EN PLAN :** l'ouvrage : Sur l'axe de la liaison routière Ain Madhi et El Ghicha Cw124 d'une portée de 52,44 m et d'une largeur de 7 m (l'ouvrage est un passage supérieur au-dessus d'oued Raddad)
- **LA LIGNE ROUGE :** la ligne rouge de la liaison routière el Hamel et RN 47 → Cw124 passe au-dessus de l'ouvrage.
- **LA CHAUSSEE :** la largeur roulable  $L = 7\text{m}$ .
- **LES TROTTOIRS :** deux trottoirs de 1 m de largeur chacun sont prévus. Chaque trottoir doit être équipé d'un garde-corps et d'une glissière de sécurité, leur rôle est de protéger les piétons.
- **GABARIT A RESERVER :** On appelle gabarit le minimum à dégager au-dessus de la voie franchie, mesuré perpendiculairement à cette voie.

En ALGERIE, il est réglementé que le passage sur :

Les autoroutes et les routes expresses doivent respecter un gabarit de 5,25 m

Les routes ordinaires doivent respecter un gabarit de 4.50 à 4.80 m

Pour notre ouvrage le gabarit : 4.80 m.

### III.3. LES EXIGENCES NATURELLES :

Reconnaissance de la nature du sol est souvent décisive pour le choix entre plusieurs types d'ouvrages. Elle conditionne le type de l'ouvrage et l'emplacement des fondations des appuis.

#### a-. Les ponts dalots (cadre fermé) :

##### ➤ . Classe de pont :

Les ponts sont rangés en trois classes suivant leur largeur roulable  $L_r$  et leur destination.

- Pont de la 2<sup>ème</sup> classe  $5.5 \leq L_r \leq 7\text{ m}$
- Le pont cadre en étude est la 2<sup>ème</sup> classe.

##### ➤ . Choix du type d'ouvrages :

Notre objectif est de déterminer le type d'ouvrage qui apparaît à première vue comme le meilleur et qui fait ensuite l'objet d'étude plus approfondie. C'est une opération de synthèse dans laquelle interviennent de nombreux paramètres.

## **b. Les ponts en béton armé :**

- Le pont dalle en B.A :

La dalle en B.A est la plus intéressante pour les portées déterminantes allant jusqu'à 15 m, elle peut rester compétitive jusqu'à 18 m de portée voir 20 m avec une section transversale en encorbellement latéraux (ce qui permet d'alléger le poids propre).

### **Avantages:**

- Permet de réemploi des coffrages.
- Coffrage simple.
- Ne nécessite pas une main d'œuvre qualifiée
  - Moins épais que les ponts à poutres en B.A.
  - S'adapte mieux pour les ponts biais.

### **Inconvénients:**

- Consomme plus de béton et d'acier par rapport à un pont à poutres en B.A.
- Portée limitée 20m.
- Echafaudage important.
- Déconseillé pour les travées continues.

## **c- Etude du mur de soutènements**

### ➤ Définition :

Un mur de soutènement est un ouvrage en béton, béton armé ou en maçonnerie, il est destiné à affronter les pressions de poussée des terres qu'il soutient, il se compose de trois parties essentielles, la voile, le talon et le patin.

### **d-Rôle des ouvrages de soutènement :**

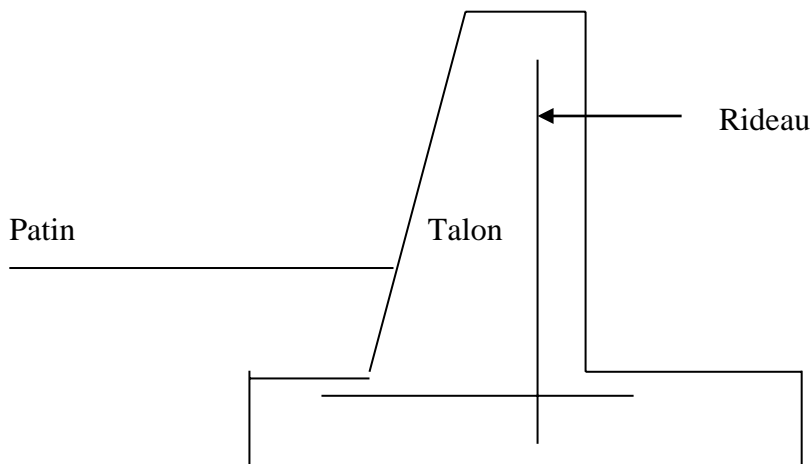
Les ouvrages de soutènement sont des constructions destinées à prévenir les éboulements et les glissements. Les ouvrages définitifs mis en place pour exercer leur fonction à long terme. Les éléments résistants d'un mur de soutènement sont :

- Un voile en béton armé percé d'orifices ou barbacanes pour empêcher l'eau de s'accumuler derrière le mur.
- Un mur en maçonnerie (pierre, brique...).

### **e) Les murs en béton armé :**

Les murs de soutènement en béton sont les plus courants en génie-civil, ils constituent (3/4) des ouvrages de soutènement, ils peuvent avoir plusieurs formes.

- Les murs en T renversé : Talus



**Figure ①. 1: Géométrie mur de soutènement**

Ce type de mur s'adapte à la plu part des cas usuels. Il est économique sans grande modification de sa forme jusqu'à une hauteur de 10 m et Vu leur poids moins important comparativement aux murs poids. Ce mur exerce sur le sol de fondation des pressions (contraintes) modérées. On peut dire que pour des hauteurs supérieures à 3m le mur en béton armé est plus économique que le mur poids.

➤ **Choix du mur de soutènement :**

Dans notre projet on a choisi un mur en T renversé car ce type s'adapte à la plu part des cas usuels et vu les raisons suivantes :

- Il est économique par rapport au mur poids jusqu'à une de 10m et plus.
- Ce mur exerce sur le sol de fondations des pressions (contraintes) modérées.
- Son poids est moins important comparativement aux murs poids.

On dans notre projet 02 murs de soutènement :

• **La conclusion :**

Vu les avantages et les inconvénients de chaque type et vu les conditions techniques exigées par le site, le choix de notre ouvrage se portera sur :

- Ouvrage d'un pont dalot multicellulaire (Cadre fermé).

Pour améliorer les côtés économiques de l'ouvrage et faciliter les étapes de construction et l'entretien.

### III.4-PREDIMENSIONNEMENT DU PONT DALOT :

#### III.4.1- La dalle :



**Figure III.2 : dalot d'oued radad (31/01/2023)**

avec  $L = 3.5 \text{ m}$

$$\frac{L}{16} \geq h \geq \frac{L}{10} \text{ Donc } 0.22 \geq h \geq 0.35 \text{ on prend } h = 30 \text{ cm}$$

Pour un panneau rectangulaire de largeur  $l_x$  et de longueur  $l_y$ , le sens de portée est défini par le rapport  $\alpha = l_x / l_y$ . Si ce rapport  $\alpha < 0,4$  alors le panneau porte uniquement dans le sens de la petite portée (largeur  $l_y$  ; sinon il porte dans les deux sens.

#### III.4.2-Le voile :

Les voiles sont considérés comme des éléments satisfaisants la condition de R.P.A 99 V2003 ;  $L \geq 4a$  :  $L$  : La longueur du voile.  $a$  :  $L$ 'épaisseur du voile.

$$h_e = 4.00 \text{ m} \rightarrow a \geq 4.00/20 = 0,20 \text{ m}$$

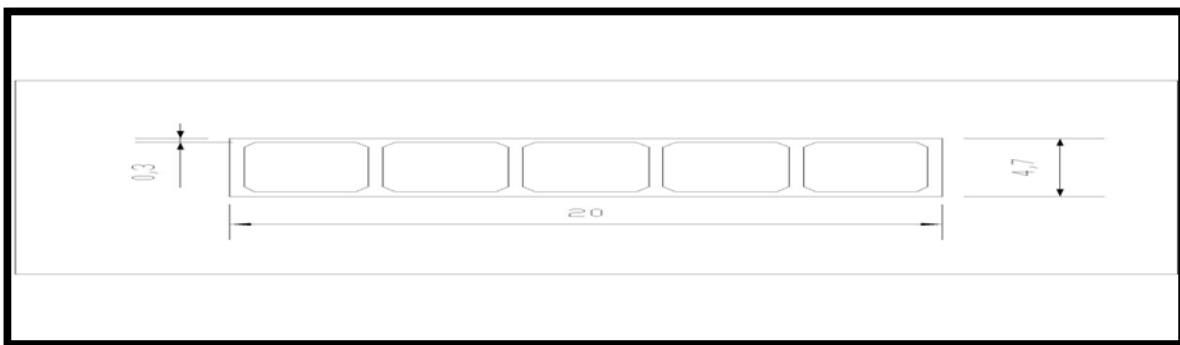
### III.4.3- Dimensionnement du radier :

Soit  $\sigma$ , la contrainte admissible du sol, communément appelé taux de travail du sol. Il sera retenu une superficie de 160 m<sup>2</sup>, soit  $B = 10.94\text{m}$   $L = 20$  m en forme ozange. L'épaisseur est choisie de telle sorte que la résistance l'effort tranchant puisse être assurée Sans qu'on ait besoin d'armatures d'effort tranchant.

$$h' = 40 \text{ cm}$$

### III.5. DESCRIPTION DE L'OUVRAGE

- Epaisseur du tablier = 0.30m
- Epaisseur du radier = 0.30 m
- Epaisseur des pieddroits = 0.40 m
- Largeur de la plateforme routière (entre gardes roues) = 7.00 m
- Dimensions intérieures d'une cellule = 3.50x4.00 m
- Portée du tablier = 3.5 m
- Revêtement en béton bitumineux (BB 0/14) épaisseur 7cm



**Figure III.3 : Coupe longitudinale**

Deux joints de dilatation subdivisent le dalot en 3 parties : deux parties extrêmes symétriques de 2 cellules chacune (20.00mx2) et une partie intermédiaire de 3 cellules (20.00m).

Les calculs seront faits séparément pour une partie extrême (les deux étant symétriques) et la partie intermédiaire.

Des goussets sont prévus aux jonctions traverses-piédroits et destinés à améliorer l'encastrement des traverses sur les piédroits et à résorber les concentrations de contraintes. De plus, la réaction élastique du sol sur les piédroits conduit à une augmentation des moments négatifs à l'encastrement traverse-piédroit ; les goussets permettent la reprise de ces efforts non pris en compte dans le calcul.

### III.5.1-HYPOTHESES DE CALCUL

#### III.5.2- Matériaux

##### ➤ Béton

- Classe du béton = C28/30
- Dosage = 400 kg/m<sup>3</sup>
- Résistance à la compression  $f_{c28} = 25$  MPa

- Résistance à la traction  $f_{t28} = 0.6 + 0.06f_{c28} = 2.1 \text{ MPa}$
- Densité =  $2.5 \text{ t/m}^3$
- La fissuration est préjudiciable

### III.5.3-Acier

- Acier Fe E40A
- Enrobage = 5 cm

### III.5.4- Granulats

Le diamètre du plus gros granulats est de 25 mm

## III.6- REGLEMENTATIONS

Le calcul est fait conformément à la réglementation française :

- Fascicule n° 61 : Conception, calcul et épreuves des ouvrages d'art, Titre II - programmes de charges et épreuves des ponts-routes,
- Fascicule n° 62 - Titre I - Section I - Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites - BAEL 91 révisé 99.

### III.6.1-TERRAIN :

#### SOL DE FONDATION

- Nature = sol sablo-limoneux
- Module de réaction =  $10000 \text{ t/m}^2$  (sol sablo-limoneux normalement consolidé ou serré)
- Contrainte admissible du sol est prise égal à  $25 \text{ t/m}^3 = 2.5 \text{ bars}$  suivant essais au pénétromètre dynamique =  $2 \text{ kg/cm}^2$  à 0.82m de profondeur. Cette portance devra être reconstituée sur toutes les couches supérieures par purge des matériaux de mauvaise tenue et substitution par des matériaux de bonne tenue.
- Coefficient de frottement terrain/fondation = 0.58

### III .6.2-REMBLAIS

- Nature = latéritique
- Poids volumique =  $2 \text{ t/m}^3$
- Angle de frottement interne = 38 degrés
- Angle de transmission des charges = 45 degrés
- Cohésion (non prise en compte) =  $0 \text{ t/m}^3$

### III.6.3-Les Armatures:

- Armature inférieure:  $A_s = 34.85 \text{ cm}^2/\text{ml}$
- Armature supérieure:  $A_s = 34.85 \text{ cm}^2/\text{m}$

**On va disposer:**

- Armature de flexion
- Armature inférieure : 8 HA 20 + 2 HA 16 e = 15
- Armature supérieure : 8 HA 20 + 2 HA 16 e = 15

# **CHAPITRE IV**

## IV.1- INTRODUCTION :

La qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation : action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds.

Et aussi des gradients thermiques, pluie, neige, verglas etc..... Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser.

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude. Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction de paramètres très fondamentaux suivants :

- ✚ Le trafic.
- ✚ L'environnement de la route (le climat essentiellement).
- ✚ Le sol support.

## IV.2- LA CHAUSSEE :

### IV.2.1 - Définition :

D'après l'exécution des terrassements, y compris la forme ; la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate-forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet.

A la suite, la chaussée est appelée à :

- ✓ Supporter la circulation des véhicules de toute nature.
- ✓ Reporter le poids sur le terrain de fondation.

Pour accomplir son devoir, c'est-à-dire assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière.

Au sens structurel, la chaussée est définie comme un ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic.

## IV 2.2 Les Différents Structures De Chaussée :

Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, on distingue généralement les trois types de structures suivants :

- Chaussée souple,
- Chaussées semi-rigides,
- Chaussées rigides,

## IV 2.3 - Les chaussées souples :

C'est une structure de chaussée dans laquelle l'ensemble des couches qui la constituent, sont traitées aux liants hydrocarbonés. La couche de fondation et/ou la couche de base peut être constituées de grave non traitée. Dans le cas d'une chaussée neuve à faible trafic.

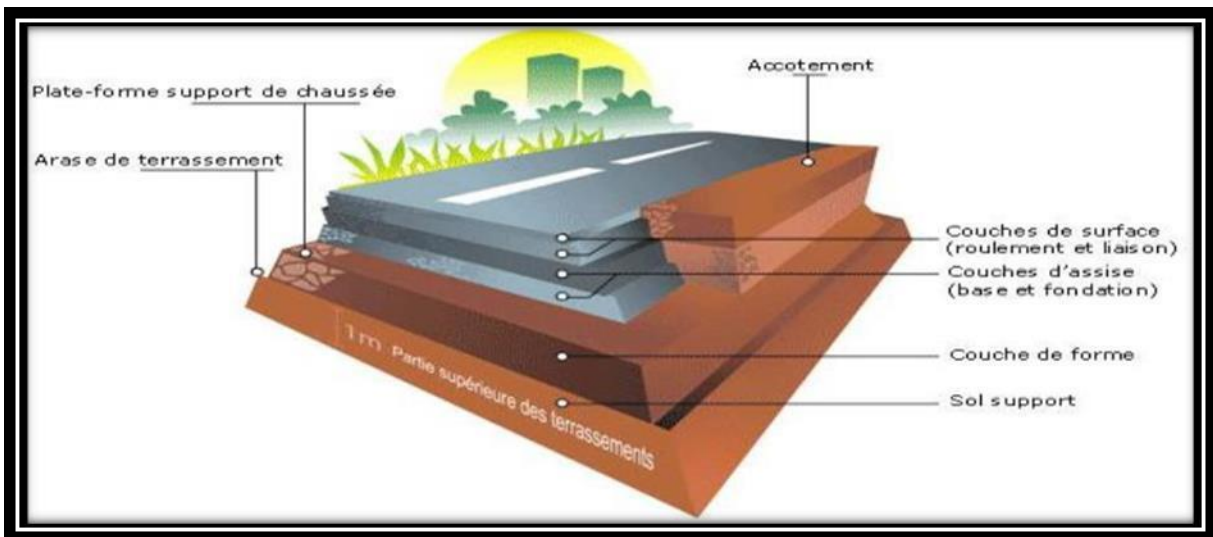


Figure IV.1: Structure type d'une chaussée souple

### a) - Couche de roulement (surface) :

La couche de surface constituant la chape (couche de surface) de protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagers. La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation. La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides. L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8 cm.

### b) - Couche de base :

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic, elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.

### c)- Couche de fondation :

Complètement en matériaux non traités (en Algérie), elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. 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.

### d)- Couche de forme :

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui 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.

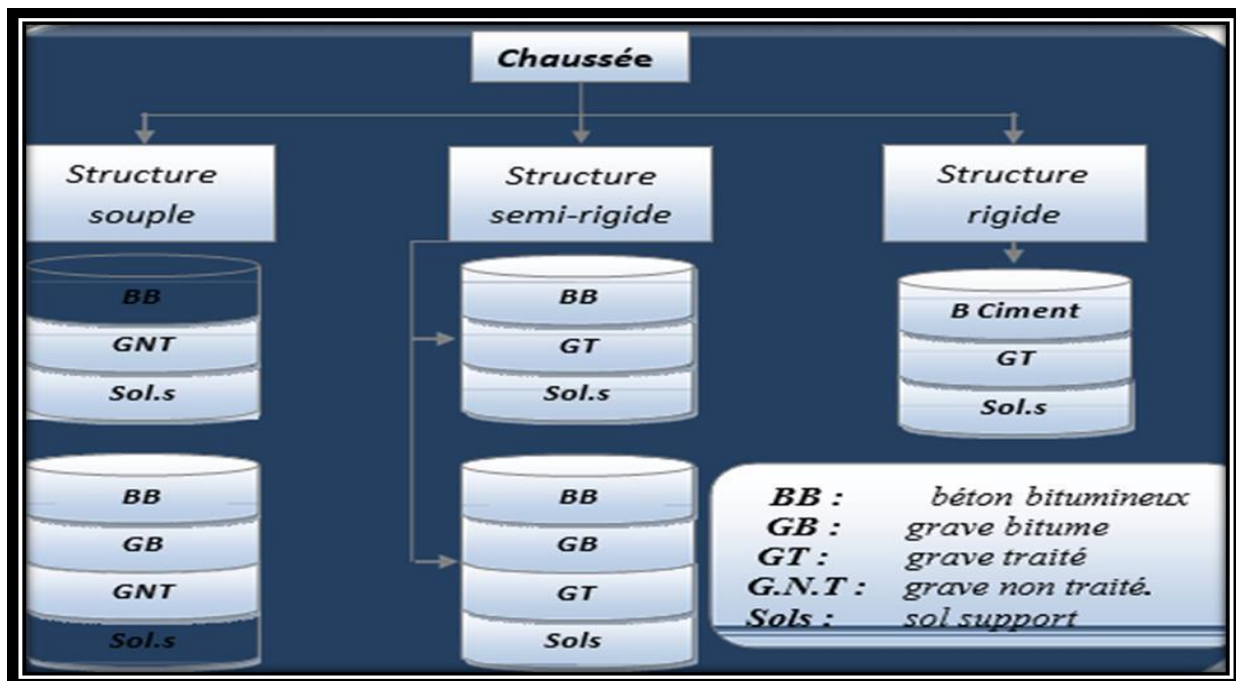


Figure IV.2: types de chaussées

### IV .3- Les chaussées semi- rigides :

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). Dans le cas d'un. Chaussée neuve.

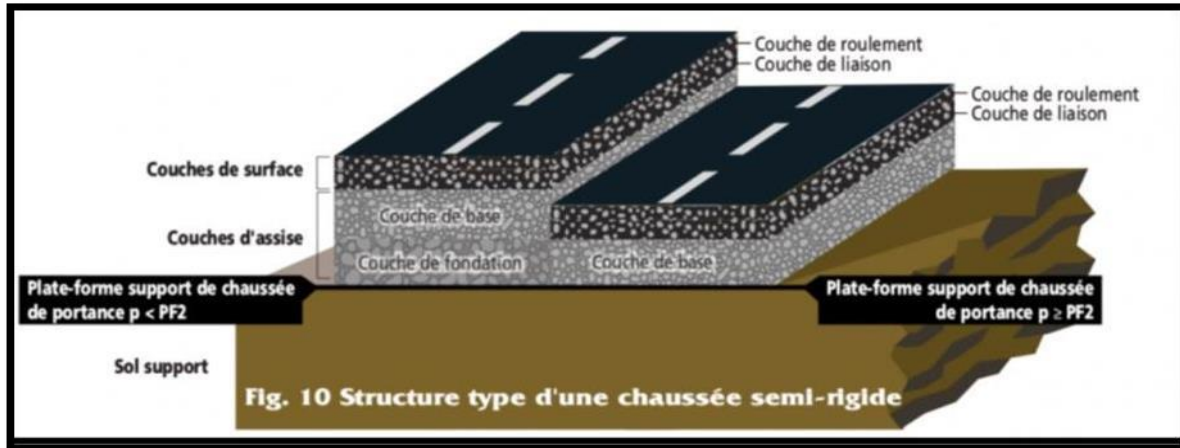


Figure IV.3: Structure type d'une chaussée semi – souple

### IV .4- Les chaussées rigides :

Elle est constituée d'une dalle de béton, éventuellement armée (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) reposant sur une couche de fondation qui peut être un grave stabilisé mécaniquement, un grave traité aux hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie (sauf pour les chaussées aéronautiques).

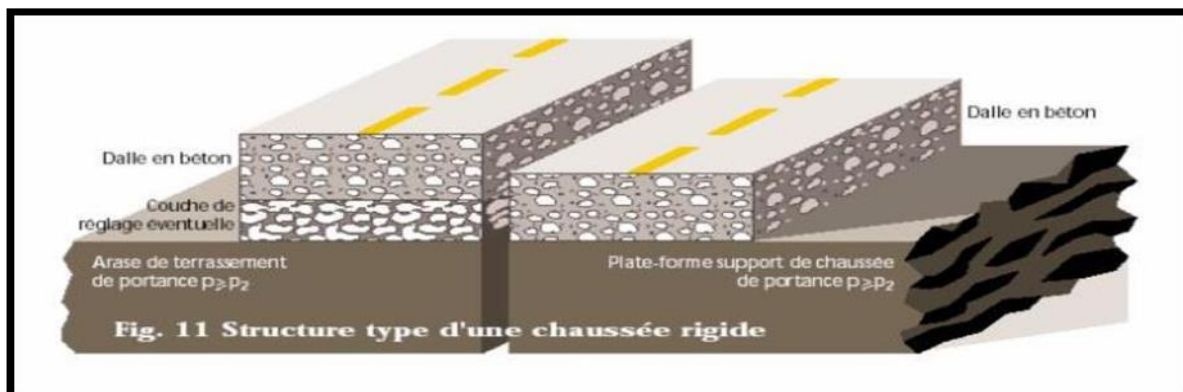


Figure IV.4: Structure type d'une chaussée rigide.

#### **IV .5- Environnement :**

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations, ainsi :

La variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné, et aussi les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support.

Donc, l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, propriétés des matériaux bitumineux et conditionne.

#### **IV 6- Le Sol Support :**

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme.

**Les plates formes sont définies à partir :**

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

#### **IV 7- Matériaux :**

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

#### **IV 8- METHODES DE DIMENSIONNEMENT :**

Nous avons deux grandes familles de méthodes :

- Celle qui utilise la structure de la chaussée à travers un modèle mécanique pour la détermination des contraintes et déformations, cette méthode est dite rationnelle.
  - L'autre qui consiste à observer le comportement sous trafic des chaussées (réelles ou expérimentales) et d'en déduire les règles pratiques du dimensionnement, et c'est la méthode empirique.

Cette dernière contient elle-même les méthodes suivantes :

##### **IV 8.1- Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):**

- C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum

Proctor modifié.

- La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci-après :

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

Avec:

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

- ✓ e: épaisseur.
- ✓ ICBR : 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)

## IV 8.2. Application u projet:

### IV 8.3. Méthode de l'indice CBR

#### 1).Données de l'étude:

- Le trafic à l'année 2022  $TJMA_{2022} = 160$  v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté  $\tau = 4$  %
- Le pourcentage moyen de poids lourds  $P = 45$  %
- L'année de mise en service sera en 2024  $TJMA_{2024} = 320$  v/j
- La durée de vie estimée de 20 ans
- $ICBR = 11$  (La source S.E.T.S)
- $ICBR = 14$  (La source S.E.T.S)
- $ICBR = 18$  (La source S.E.T.S)

#### 2). Détermination

de  $NPL_{2043}$  ( $2024 + 20 = 2044$ )

$TJMA_{2023} = 320$  v/j

$$TH=TH_{2044}=T_{2044}/2(1+4)^2 \Rightarrow 320/2(1+0,04)^2=173 \text{ V/J}$$

$$N = TH_{2044} \times PL\% \rightarrow 173 \times 0.45 = 78 \text{ PL/J/sens}$$

### 3. Calcul de l'épaisseur équivalente :

- 216000T par année
- $216000/365 = 592 \text{ T/ par jour}$
- $592/320 = 1,85 \text{ T/pour le véhicule}$

$$TJMA_{2024} \text{ } 320 \Rightarrow 320 \times 1,85 \times 365 = 216080T$$

$$320 \times 365 \times 0.625 = 2001341 \text{ t/ans} \geq 100000 \text{ t/ans}$$

$$E_{\text{équi}} = [100 + \sqrt{P} (75 + 50 \log (N/10))] / (ICBR+5)$$

$$\text{Pour : } ICBR = 11$$

Avec P : charge maximale

$$ea = [100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log (78/10))] / (11 + 5)$$

$$ea=25$$

$$eb = [100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log (78/10))] / (14 + 5)$$

$$eb=21$$

$$ec = [100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log (78/10))] / (18 + 5)$$

$$ec=18$$

On choisi L'épaisseur totale :  $ea=30$

$$eb=24$$

$$ec=20$$

### 4. Détermination de l'épaisseur réelle :

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée, il faut résoudre l'équation suivante :

$$E_{eq} = C_1 \times e_1 + C_2 \times e_2 + C_3 \times e_3$$

Alors :

$$ea = a1 \times e1 + a2 \times e2 + a3 \times e3 = 40 \text{ cm}$$

$$eb = a1 \times e1 + a2 \times e2 + a3 \times e3 = 35 \text{ cm}$$

$$ec = a1 \times e1 + a2 \times e2 + a3 \times e3 = 30 \text{ cm}$$

$$ea \text{ \{ couche de roulement en Beton Bitumieux(BB) = } a1 \times e1 = 8 \times 2 = 16 \text{ cm}$$

$$ea \text{ \{ couche de Base en (GNT) = } a2 \times e2 = 25 \times 1,5 = 37,5 \text{ cm}$$

$$ea \text{ \{ couche de Fondation en (Tuf) = } a3 \times e3 = 20 \times 1 = 20 \text{ cm}$$

$$eb \text{ \{ couche de roulement en Beton Bitumieux(BB) = } a1 \times e1 = 8 \times 2 = 16 \text{ cm}$$

$$eb \text{ \{ couche de Base en (GNT) = } a2 \times e2 = 23 \times 1,5 = 34,5 \text{ cm}$$

$$eb \text{ \{ couche de Fondation en (Tuf) = } a3 \times e3 = 18 \times 1 = 18 \text{ cm}$$

$$ec \text{ \{ couche de roulement en Beton Bitumieux(BB) = } a1 \times e1 = 8 \times 2 = 16 \text{ cm}$$

$$ec \text{ \{ couche de Base en (GNT) = } a2 \times e2 = 21 \times 1,5 = 31,5 \text{ cm}$$

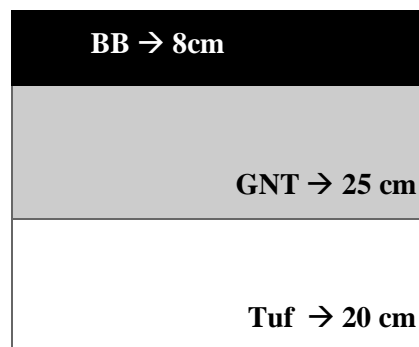
$$ec \text{ \{ couche de Fondation en (Tuf) = } a3 \times e3 = 16 \times 1 = 16 \text{ cm}$$

$$ea = 8 \times 2 + 25 \times 1,5 + 20 \times 1 = 73,5 \text{ cm}$$

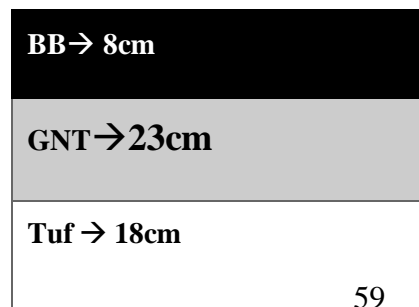
$$eb = 8 \times 2 + 23 \times 1,5 + 18 \times 1 = 68,5 \text{ cm}$$

$$ec = 8 \times 2 + 21 \times 1,5 + 16 \times 1 = 63,5 \text{ cm}$$

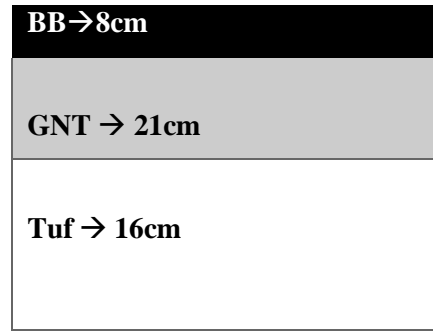
ea →



eb →



ec →



**Figure IV.5: La structure de chaussée sur la méthode C.B. R**

### **IV.9. Méthode de catalogue des chaussées Neuves :**

Les paramètres utilisés dans la méthode du catalogue des chaussées sont : trafic, sol support, environnement et zone climatique.

#### **IV.9.1. Détermination du type de réseaux principaux :**

$TJMA_{2022} = 78 \text{ v/j} > 1500 \text{ v/j}$ . Alors selon le **Tableau IV.1** le réseau principal est **RP2**.

**Tableau IV.1 Classification des réseaux principaux**

Réseau principal	Trafic (véhicules/jour)
RP1	>1500
RP2	<1500

#### **IV.9.2-Détermination de la classe de trafic :**

Réparation transversale de trafic Chaussée unidirectionnel à deux voies : 90% DU TRAFIC PL sur la voie lente de droite.

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.

$$TPL = 78 \times 0.9 = 7,8 \text{ PL/j/sens}$$

Trafic poids lourds : TPL est compris entre 1500 et 3000

**Donc** : la classe de trafic est : TPL1

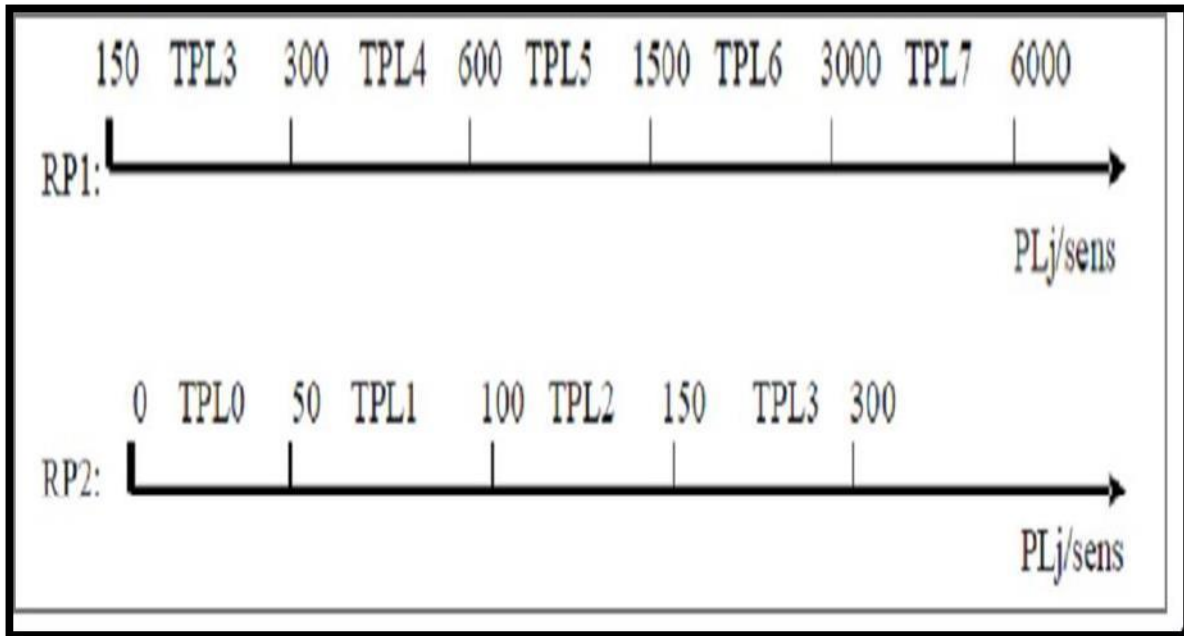


Figure IV. 6: Classe de trafic.

### IV.9.3-Détermination de la portance du sol-support de chaussée :

#### a-Détermination de la classe du sol :

$$\text{ICBR} = 20 \rightarrow \text{ICBR} (10 - 25)$$

Donc : selon le **Tableau IV.2** le sol est classe sur la classe S2.

**Tableau IV.2: Classement de sol en fonction de l'indice de CBR**

Classe du sol (Si)	Indice CBR
S4	<5
S3	5-10
S2	<b>10-25</b>
S1	25-40
S0	>40

## IV.10. Détermination de la classe du sol :

### b) Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :

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 IV .3**, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

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

$$E \text{ (MPa)} = 5 \cdot \text{ICBR} = 5 \times 20 = 100 \text{ MPa}$$

Alors on a la Classes de Sol est **S2**

**Tableau IV. 3: Exprimé les classe de sol en fonction de la déflexion**

Classe de sol - support	S3	S2	S1	S0
E (MPa)	25-50	50-150	125-200	>200

### IV.10.1. Le sol support:

Les sols support sont, en général, classés selon leur portance, elle même fonction de L'indice CBR.

Ce dernier est, en principe, mesuré à la teneur en eau d'équilibre à long terme du sol support. Si ce dernier facteur n'est pas connu, on prendra comme paramètres une teneur en eau égale à la limite de plasticité et densité sèche égale à 95 % de la densité à l'O.P.M.

**Tableau IV. 4: L'importance de sol en fonction de l'indice de CBR**

Portance	1	2	3	4
CBR	<3	3 à 6	6 à 10	10 à 20

### IV.10. 2.les zones climatiques :

Les zones climatiques de l'Algérie sont mentionnées dans le tableau suivant :

**Tableau. IV.5 : Zones climatiques de pluviométrie.**

Zone climatique	Pluviométrie (mm/ans)	Climat	Teq(C°)	Région
I	>600	Trés humide	20	Nord
II	350-600	Humide	20	Nord,Hauts plateaux
III	100-350	Semi-aride	25	Hauts plateaux
IV	<100	Aride	30	Sud

### IV.10.3. Surclassement du sol:

Si le sol a une faible portance, il faut le surclasser en ajoutant une couche de forme en matériaux non traité.

**Tableau. IV.6: Sur classement avec couche de forme en matériau non traité.**

Classe de portance desol terrassé (Si)	Matériaux de couche deForme	Epaisseur de la couche de forme	Classe de portance sesol support visée (Sj)
<S4	Matériaux Non traités	50cm (en 2couche)	S3
S4	Matériaux Non traités	35cm	S3
S4	Matériaux Non traités	60cm (en 2couche)	S2
S3	Matériaux Non traités	40cm (en 2couche)	S2
S3	Matériaux Non traités	70cm (en 2couche)	S1

### IV.11. Choix de dimensionnement :

Nous sommes dans le réseau principal (RP2), la zone climatique II, durée de vie de 20ans, taux d'accroissement (4%), portance de sol (S2) et une classe de trafic (TPL1).

$$80\text{MPa} \leq 100 \text{MPa} \leq 120 \text{MPa}$$

Danc, nous obtenons ce qui suit:

- Couche de Roulement BB = 8 cm
- Couche de base GNT = 25 cm
- Couche de fondation Tuf = 20 cm

# **CONCLUSION GENERALE**

### CONCLUSION GENERALE

Ce mémoire de fin d'étude a été, pour moi en tant qu'étudiant, une occasion d'approcher des professionnels du domaine des travaux publics, qui tous, ont été pour moi d'un très grand apport, notamment en ce qui concerne les thèmes directement liés à la conception d'un meilleur tracé routier et des approches méthodiques des phases d'étude.

Comme tout ouvrage digne de ce nom, une grande route moderne doit être conçue et réalisée de façon à donner à l'utilisateur et au voisin une impression d'harmonie, d'équilibre et de beauté.

On peut dire que pour une étude de route, trois points principaux sont à prendre en compte (la conception, l'économie et la qualité).

L'objectif de mon travail, est l'étude d'un tronçon de la route Chemin de wilaya CW124 de longueur a 425 m En fonction de la situation et l'importance de la route et du relief du site, le tronçon étudié est classé dans la catégorie C4 et l'environnement E3.

Dans la présente étude, on a commencé par déterminer une géométrie capable d'absorber et de supporter le trafic actuel et futur. On a choisi un profil en travers de Deux voies de 7 m de largeur, 2m d'accotement. Le corps de chaussée est constitué de :

- **une couche de fondation en Tuf d'épaisseur : 20 cm ;**
- **une couche de base en GNT d'épaisseur : 25cm ;**
- **une couche de roulement en BB d'épaisseur : 8cm.**

Une fois le tracé en plan a été déterminé, on a établi les profils en travers relatifs au tronçon de route étudié. Enfin, le tracé établi nous a permis de calculer le volume des terres (La cubature). Les volumes ainsi obtenus sont : en déblai  $V_d = 791,9 \text{ m}^3$  et en remblai  $V_r = 9409,2 \text{ m}^3$ .

Je tiens à signaler que, dans notre démarche d'étude, on a essayé de respecter toutes les contraintes et les normes existantes que nous ne pouvons pas négliger et j'ai pris en considération, toutes les conditions nécessaires, telles que le confort et la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement.

Il était pour moi, d'une part, l'occasion de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine, et d'autre part, d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics.

De plus, cette étude a été, pour moi, une occasion d'approfondir mes connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence, les logiciels de AuPISTE, Covadis Et l'AUTO CAD.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ✓ DTP – Laghouat. Rapport du projet de dédoublement Décembre 2017
- ✓ K. Boukricha Mohamed Amine, « ÉTUDE D'UN TRONÇON DE ROUTE « LAGHOUAT-AFLOU » DÉDOUBLEMENT DE LA RN23 (DU PK 285 AU PK 290) », Pour l'obtention du diplôme d'INGENIEUR.
- ✓ M. Mohammed et O. AbdEllatif, « Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN 01 entre le commun Bouzbayar et le cheffe lieu de Laghouat (du PK 516 au PK 522) », Mémoire De FIN D'étude Pour l'obtention du diplôme de Master, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, 2016.
- ✓ K. Mustapha, « ETUDE DE DEDOUBLEMENT ROUTIER DE LA RN47 SUR 08km ENTRE la ville d'ELBAYADH et centre universitaire », Pour L'obtention du diplôme d'INGENIEUR D'ETAT en Génie civil Option : V.O.A, UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN, 2014.
- ✓ Etude GEOTECHNIQUE « Renforcement de la route reliant Aflou et El-Gicha sur 29 km» les éléments du projet routier Ameer harfouche Doctorat en VOA.2021
- ✓ GOOGLE EARTH. Consulté le 07/05/2023.
- ✓ M Mekhademi Imane et Chelaouchi hadj Mustapha Etude du contournement de route d'évitement entre liant la RN23 ET RN47 - côté sud de la ville d'Aflou
- ✓ LCPC; SETRA. Guide Technique de l'Assainissement Routier, (SETRA – 2006). P188
- ✓ Stéra. Guide technique, comprendre les principaux paramètres de conception
- ✓ Etude Technique D'un Raccordement Routier Reliant Les Deux Localites Oudjlida a Boudjlida Wilaya De Tlemcen Sur 1km 574m
- ✓ Nadir et B. Nasreddine, « Etude de la route reliant Robbah-Hassi Messoued sur 48 Km du PK 60 au PK 108 lot N°01 du PK 60 au PK 76 sur 16 Km », Pour l'Obtention du Diplôme MASTER 2 : E.C.B.R, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, 2017.
- ✓ Sauterey et G. Joeffroy, Dimensionnement des chaussées. Paris: Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1991.
- ✓ Catalogue de DIMENSIONNEMENT des Chaussées Neuves Fascicule 1,3. Ministère des Travaux Public Direction des Routes, 2001.
- ✓ [LCPC - SETRA, Guide Technique de l'Assainissement Routier. SETRA, 2006.
- ✓ LCPC -SETRA, Guide Technique de l'Assainissement Routier et protection de la ressource en eau. 2009.

# **ANNEXES**

## Profil En Long Projet

### Axe : Axe

Table courante : ARP Relief Difficile 2 voies

Nom	Elts Caractéristiques		Longueur	Points de Contacts	
	Pente / Rayon			Abcisse	Altitude
Pente 1	Pente	-3.05 %	95.261	0+000.000	105.463
Parabole 1	Rayon	1500.000 m	53.494	0+095.261	102.554
	Sommet Absc.	0+141.062 m			
	Sommet Alt.	101.855 m			
Pente 2	Pente	0.51 %	52.354	0+148.754	101.875
Parabole 2	Rayon	1000.000 m	54.893	0+201.109	102.143
	Sommet Absc.	0+195.980 m			
	Sommet Alt.	102.130 m			
Pente 3	Pente	6.00 %	168.998	0+256.002	103.931
				0+425.000	114.075
Longueur totale de l'axe 425.000 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 425.392 mètre(s)					

## Axe En Plan

### Axe : Axe

Table courante : ARP Relief Difficile 2 voies

Nom	Elts Caractéristiques			Longueur	Points de Contacts		
	Paramètres				Abcisse	X	Y
Arc 1	Rayon	-120.000 m	38.306	0+000.000	1191.119	1900.036	
	Centre X	1178.568 m					
	Centre Y	2019.378 m					
Droite 1	Gisement	313.65gr	6.724	0+038.306	1153.033	1902.127	
Clothoïde 1	Paramètre	-54.772	25.000	0+045.030	1146.463	1903.557	
Arc 2	Rayon	-120.000 m	84.479	0+070.030	1122.247	1909.719	
	Centre X	1159.836 m					
	Centre Y	2023.680 m					
Clothoïde 2	Paramètre	54.772	25.000	0+154.509	1057.420	1961.142	
Droite 2	Gisement	371.73gr	28.195	0+179.509	1045.909	1983.320	
Clothoïde 3	Paramètre	-69.282	20.000	0+207.704	1033.796	2008.781	
Arc 3	Rayon	-240.000 m	60.534	0+227.704	1025.457	2026.958	
	Centre X	1246.290 m					
	Centre Y	2120.941 m					
Clothoïde 4	Paramètre	69.282	20.000	0+288.238	1008.990	2085.042	
Droite 3	Gisement	393.09gr	116.762	0+308.238	1006.549	2104.891	
				0+425.000	993.907	2220.967	
Longueur totale de l'axe 425.000 mètre(s)							


**Axe : Axe**

Table courante : ARP Relief Difficile 2 voies

Num.	Abscisse	Côté Gauche				Côté Droit			
		Assiette	X	Y	Cote	Assiette	X	Y	Cote
P1	0+000.000	9.393	1192.101	1890.695	105.854	7.053	1190.381	1907.051	104.494
P2	0+025.000	9.555	1165.176	1890.517	104.999	6.919	1166.879	1906.903	103.822
P3	0+050.000	8.757	1139.709	1896.073	103.903	7.268	1143.184	1911.716	102.859
P4	0+075.000	6.819	1115.158	1904.992	102.531	7.531	1120.213	1918.421	101.978
P5	0+100.000	6.581	1091.704	1916.999	101.709	7.011	1099.019	1928.454	101.494
P6	0+125.000	8.968	1069.439	1931.695	100.230	9.412	1082.322	1944.804	102.129
P7	0+150.000	14.118	1048.077	1949.533	97.600	7.537	1066.121	1961.505	100.674
P8	0+162.486	0.000	1053.467	1968.069	98.323	0.000	1053.467	1968.069	98.323
P9	0+175.000	0.000	1047.850	1979.251	96.058	0.000	1047.850	1979.251	96.058
P10	0+200.000	0.000	1037.106	2001.824	95.687	0.000	1037.106	2001.824	95.687
P11	0+221.431	0.000	1027.981	2021.215	98.025	0.000	1027.981	2021.215	98.025
P12	0+225.000	15.387	1012.435	2018.302	97.615	15.179	1040.432	2030.566	97.543
P13	0+250.000	12.045	1006.218	2044.181	100.325	10.616	1027.802	2051.082	100.863
P14	0+275.000	8.795	1002.720	2070.222	105.040	11.302	1022.395	2074.319	102.002
P15	0+300.000	11.313	996.222	2095.400	103.673	8.521	1015.924	2097.686	104.894
P16	0+325.000	9.938	994.855	2120.479	105.686	9.993	1014.668	2122.637	105.659
P17	0+350.000	8.082	993.993	2145.533	108.115	8.717	1010.693	2147.352	107.797
P18	0+375.000	8.194	991.174	2170.374	110.466	7.784	1007.059	2172.104	109.764
P19	0+400.000	8.943	987.723	2195.146	112.466	8.287	1004.852	2197.011	112.028
P20	0+425.000	9.011	984.949	2219.991	114.011	9.107	1002.961	2221.953	114.076

**Profils En Travers****Axe : Axe**

Table courante : ARP Relief Difficile 2 voies &lt; 6m

Convention de signe des dévers : 

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente long.
									Gauche	Droite	
P1	0+000.000	Arc 1	Pente 1	105.463	105.463	393.33	1191.119	1900.036	-3.22	-3.22	-3.05
P2	0+025.000	Arc 1	Pente 1	104.616	104.699	6.59	1166.164	1900.021	2.50	-2.50	-3.05
P3	0+050.000	Clothoïde 1	Pente 1	103.755	103.936	13.91	1141.608	1904.622	-3.22	-3.22	-3.05
P4	0+075.000	Arc 2	Pente 1	102.592	103.173	22.92	1117.560	1911.373	-2.80	-2.82	-3.05
P5	0+100.000	Arc 2	Parabole 1	100.980	102.417	36.18	1095.246	1922.545	2.50	-2.50	-2.74
P6	0+125.000	Arc 2	Parabole 1	99.278	101.941	49.45	1075.725	1938.091	-2.94	-2.94	-1.07
P7	0+150.000	Arc 2	Pente 2	100.654	101.881	62.71	1059.841	1957.339	-3.10	-3.10	0.51
P8	0+162.486	Clothoïde 2	Pente 2	98.323	101.945	68.66	1053.467	1968.069	-2.50	-2.50	0.51
P9	0+175.000	Clothoïde 2	Pente 2	96.058	102.009	71.52	1047.850	1979.251	2.50	-2.50	0.51
P10	0+200.000	Droite 2	Pente 2	95.687	102.137	71.73	1037.106	2001.824	2.50	-2.50	0.51
P11	0+221.431	Clothoïde 3	Parabole 2	98.025	102.454	72.98	1027.981	2021.215	-2.50	-2.52	2.55
P12	0+225.000	Clothoïde 3	Parabole 2	98.495	102.551	73.72	1026.529	2024.476	-2.50	-2.53	2.90
P13	0+250.000	Arc 3	Parabole 2	99.777	103.589	80.30	1017.691	2047.849	-2.53	-2.53	5.40
P14	0+275.000	Arc 3	Pente 3	105.666	105.072	86.93	1011.330	2072.015	-2.53	-2.53	6.00
P15	0+300.000	Clothoïde 4	Pente 3	105.819	106.572	92.64	1007.460	2096.704	-2.50	-2.50	6.00
P16	0+325.000	Droite 3	Pente 3	105.545	108.073	93.09	1004.734	2121.555	2.50	-2.50	6.00
P17	0+350.000	Droite 3	Pente 3	107.934	109.573	93.09	1002.027	2146.408	2.50	-2.50	6.00
P18	0+375.000	Droite 3	Pente 3	110.231	111.074	93.09	999.321	2171.261	2.50	-2.50	6.00
P19	0+400.000	Droite 3	Pente 3	112.325	112.574	93.09	996.614	2196.114	2.50	-2.50	6.00
P20	0+425.000	Droite 3	Pente 3	114.075	114.075	93.09	993.907	2220.967	2.50	-2.50	6.00

## Cubatures Déblai Remblai

### Axe : Axe

Table courante : ARP Relief Difficile 2 voies

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P1	0+000.000	12.500	5.51	0.55	71.1	6.5	71.1	6.5
P2	0+025.000	25.000	5.73	0.61	148.7	14.6	219.8	21.2
P3	0+050.000	25.000	2.32	1.05	58.6	26.0	278.4	47.1
P4	0+075.000	25.000	0.00	5.69	0.0	141.0	278.4	188.2
P5	0+100.000	25.000	0.00	12.79	0.0	319.1	278.4	507.3
P6	0+125.000	25.000	1.37	25.81	32.0	652.3	310.4	1159.5
P7	0+150.000	18.743	0.00	43.73	0.0	850.8	310.4	2010.4
P8	0+162.486	12.500	0.00	33.27	0.0	416.1	310.4	2426.4
P9	0+175.000	18.757	0.00	32.48	0.0	609.2	310.4	3035.6
P10	0+200.000	23.215	0.00	32.48	0.0	753.9	310.4	3789.6
P11	0+221.431	12.500	0.00	33.26	0.0	415.9	310.4	4205.4
P12	0+225.000	14.285	0.00	92.30	0.0	1323.5	310.4	5528.9
P13	0+250.000	25.000	0.00	64.17	0.0	1609.3	310.4	7138.2
P14	0+275.000	25.000	12.10	9.66	306.9	234.4	617.3	7372.6
P15	0+300.000	25.000	0.00	21.46	0.0	540.5	617.3	7913.1
P16	0+325.000	25.000	0.00	34.92	0.0	873.0	617.3	8786.1
P17	0+350.000	25.000	0.00	18.35	0.0	458.9	617.3	9245.0
P18	0+375.000	25.000	0.21	6.48	5.2	162.0	622.5	9406.9
P19	0+400.000	25.000	3.44	0.06	86.1	1.4	708.6	9408.4
P20	0+425.000	12.500	6.66	0.06	83.2	0.8	791.9	9409.2

## Cubatures Matériaux : Utilisation

### Axe : Axe

Table courante : ARP Relief Difficile 2 voies

### ACCOTEMENT

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Gauche		Droite		Total
			Surface partielle	Volume partiel	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
P1	0+000.000	12.500	0.65	8.4	0.65	7.8	16.2
P2	0+025.000	25.000	0.65	16.9	0.65	15.6	48.7
P3	0+050.000	25.000	0.65	16.4	0.65	16.1	81.2
P4	0+075.000	25.000	0.65	16.9	0.65	15.6	113.6
P5	0+100.000	25.000	0.65	16.9	0.65	15.6	146.1
P6	0+125.000	25.000	0.65	16.9	0.65	15.6	178.6
P7	0+150.000	18.743	0.65	12.7	0.65	11.7	202.9
P8	0+162.486	12.500	0.68	8.7	0.68	8.2	219.8
P9	0+175.000	18.757	0.68	12.7	0.68	12.6	245.2
P10	0+200.000	23.215	0.68	15.7	0.68	15.7	276.6
P11	0+221.431	12.500	0.68	8.5	0.68	8.4	293.5
P12	0+225.000	14.285	0.65	9.5	0.65	9.1	312.0
P13	0+250.000	25.000	0.65	16.6	0.65	15.9	344.5
P14	0+275.000	25.000	0.65	16.6	0.65	15.9	376.9
P15	0+300.000	25.000	0.65	16.4	0.65	16.1	409.4
P16	0+325.000	25.000	0.65	16.2	0.65	16.2	441.9
P17	0+350.000	25.000	0.65	16.2	0.65	16.2	474.4
P18	0+375.000	25.000	0.65	16.2	0.65	16.2	506.8
P19	0+400.000	25.000	0.65	16.2	0.65	16.2	539.3
P20	0+425.000	12.500	0.65	8.1	0.65	8.1	555.5

### C-BASE (GNT)

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Gauche		Droite		Total
			Surface partielle	Volume partiel	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
P1	0+000.000	12.500	0.98	12.4	0.94	11.5	23.9
P2	0+025.000	25.000	0.94	23.9	0.94	23.1	70.9
P3	0+050.000	25.000	0.98	24.5	0.94	23.3	118.7
P4	0+075.000	25.000	0.97	24.7	0.94	23.1	166.5
P5	0+100.000	25.000	0.94	23.9	0.94	23.1	213.5
P6	0+125.000	25.000	0.97	24.7	0.94	23.1	261.3
P7	0+150.000	18.743	0.97	18.6	0.94	17.3	297.1
P8	0+162.486	12.500	0.95	12.0	0.92	11.4	320.5
P9	0+175.000	18.757	0.92	17.3	0.92	17.2	355.0
P10	0+200.000	23.215	0.92	21.4	0.92	21.4	397.7
P11	0+221.431	12.500	0.95	11.9	0.92	11.5	421.1
P12	0+225.000	14.285	0.97	14.0	0.94	13.3	448.4
P13	0+250.000	25.000	0.97	24.5	0.94	23.3	496.2
P14	0+275.000	25.000	0.97	24.5	0.94	23.3	543.9
P15	0+300.000	25.000	0.97	24.4	0.94	23.4	591.7
P16	0+325.000	25.000	0.94	23.5	0.94	23.5	638.7
P17	0+350.000	25.000	0.94	23.5	0.94	23.5	685.7
P18	0+375.000	25.000	0.94	23.5	0.94	23.5	732.7
P19	0+400.000	25.000	0.94	23.5	0.94	23.5	779.7
P20	0+425.000	12.500	0.94	11.8	0.94	11.8	803.2

### C.ROULEMENT (BB)

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Gauche		Droite		Total
			Surface partielle	Volume partiel	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
P1	0+000.000	12.500	0.29	3.6	0.28	3.4	7.1
P2	0+025.000	25.000	0.28	7.1	0.28	6.9	21.1
P3	0+050.000	25.000	0.29	7.2	0.28	6.9	35.2
P4	0+075.000	25.000	0.29	7.3	0.28	6.9	49.4
P5	0+100.000	25.000	0.28	7.1	0.28	6.9	63.4
P6	0+125.000	25.000	0.29	7.3	0.28	6.9	77.5
P7	0+150.000	18.743	0.29	5.5	0.28	5.2	88.2
P8	0+162.486	12.500	0.28	3.5	0.28	3.5	95.2
P9	0+175.000	18.757	0.28	5.3	0.28	5.2	105.7
P10	0+200.000	23.215	0.28	6.5	0.28	6.5	118.7
P11	0+221.431	12.500	0.28	3.5	0.28	3.5	125.7
P12	0+225.000	14.285	0.29	4.1	0.28	4.0	133.8
P13	0+250.000	25.000	0.29	7.2	0.28	6.9	147.9
P14	0+275.000	25.000	0.29	7.2	0.28	6.9	162.1
P15	0+300.000	25.000	0.29	7.2	0.28	7.0	176.2
P16	0+325.000	25.000	0.28	7.0	0.28	7.0	190.2
P17	0+350.000	25.000	0.28	7.0	0.28	7.0	204.2
P18	0+375.000	25.000	0.28	7.0	0.28	7.0	218.2
P19	0+400.000	25.000	0.28	7.0	0.28	7.0	232.2
P20	0+425.000	12.500	0.28	3.5	0.28	3.5	239.2

### C-FONDATION (Tuf)

Num.	Abscisse	Lg Ap.	Gauche		Droite		Total
			Surface partielle	Volume partiel	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
P1	0+000.000	12.500	1.26	16.2	1.24	15.1	31.2
P2	0+025.000	25.000	1.24	31.8	1.24	30.2	93.2
P3	0+050.000	25.000	1.26	31.7	1.24	30.7	155.6
P4	0+075.000	25.000	1.26	32.2	1.24	30.2	218.1
P5	0+100.000	25.000	1.24	31.8	1.24	30.2	280.1
P6	0+125.000	25.000	1.26	32.3	1.24	30.1	342.5
P7	0+150.000	18.743	1.26	24.2	1.24	22.6	389.3
P8	0+162.486	12.500	1.26	16.0	1.24	15.2	420.5
P9	0+175.000	18.757	1.24	23.3	1.24	23.2	467.0
P10	0+200.000	23.215	1.24	28.8	1.24	28.8	524.6
P11	0+221.431	12.500	1.26	15.8	1.24	15.4	555.8
P12	0+225.000	14.285	1.26	18.2	1.24	17.5	591.5
P13	0+250.000	25.000	1.26	31.8	1.24	30.6	653.9
P14	0+275.000	25.000	1.26	31.8	1.24	30.6	716.3
P15	0+300.000	25.000	1.26	31.6	1.24	30.8	778.8
P16	0+325.000	25.000	1.24	31.0	1.24	31.0	840.7
P17	0+350.000	25.000	1.24	31.0	1.24	31.0	902.7
P18	0+375.000	25.000	1.24	31.0	1.24	31.0	964.7
P19	0+400.000	25.000	1.24	31.0	1.24	31.0	1026.7

P20	0+425.000	12.500	1.24	15.5	1.24	15.5	1057.7
-----	-----------	--------	------	------	------	------	--------

### Récapitulatif des Cubatures des Matériaux (Gulden)

**Axe : Axe**

Table courante : ARP Relief Difficile 2 voies

Matériau	Volume cumulé
ACCOTEMENT	555.5
REMBLAI	9409.2
DEBLAI	791.9
DECAPAGE	555.5
C-ROULEMENT (BB)	239.2
C-BASE (GNT)	803.2
C.FONDATION (Tuf)	1057.7

## Cubatures Matériaux : Profils

### Axe : Axe

Table courante : ARP Relief Difficile 2 voies

### Profil P1, Abscisse : 0.000 m, Longueur d'application : 12.500 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.30	16.2	16.2
C-BASE (GNT)	1.91	23.9	23.9
C.ROULEMENT (BB)	0.57	7.1	7.1
FONDATION	2.50	31.2	31.2

### Profil P2, Abscisse : 25.000 m, Longueur d'application : 25.000 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.30	32.5	48.7
C-BASE (GNT)	1.88	47.0	70.9
C.ROULEMENT (BB)	0.56	14.0	21.1
FONDATION	2.48	62.0	93.2

### Profil P3, Abscisse : 50.000 m, Longueur d'application : 25.000 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.30	32.5	81.2
C-BASE (GNT)	1.91	47.8	118.7
C.ROULEMENT (BB)	0.57	14.2	35.2
FONDATION	2.50	62.4	155.6

### Profil P4, Abscisse : 75.000 m, Longueur d'application : 25.000 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.30	32.5	113.6
C-BASE (GNT)	1.91	47.8	166.5
C.ROULEMENT (BB)	0.57	14.2	49.4
FONDATION	2.50	62.4	218.1

### Profil P5, Abscisse : 100.000 m, Longueur d'application : 25.000 m

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.30	32.5	146.1
C-BASE (GNT)	1.88	47.0	213.5
C.ROULEMENT (BB)	0.56	14.0	63.4
FONDATION	2.48	62.0	280.1

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.30	32.5	178.6
C-BASE (GNT)	1.91	47.8	261.3
C.ROULEMENT (BB)	0.57	14.2	77.5
FONDATION	2.50	62.4	342.5

**Profil P7, Abscisse : 150.000 m, Longueur d'application : 18.743 m**

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.30	24.3	202.9
C-BASE (GNT)	1.91	35.8	297.1
C.ROULEMENT (BB)	0.57	10.6	88.2
FONDATION	2.50	46.8	389.3

**Profil P8, Abscisse : 162.486 m, Longueur d'application : 12.500 m**

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.35	16.9	219.8
C-BASE (GNT)	1.87	23.4	320.5
C.ROULEMENT (BB)	0.56	7.0	95.2
FONDATION	2.50	31.2	420.5

**Profil P9, Abscisse : 175.000 m, Longueur d'application : 18.757 m**

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.35	25.4	245.2
C-BASE (GNT)	1.84	34.5	355.0
C.ROULEMENT (BB)	0.56	10.5	105.7
FONDATION	2.48	46.5	467.0

**Profil P10, Abscisse : 200.000 m, Longueur d'application : 23.215 m**

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.35	31.4	276.6
C-BASE (GNT)	1.84	42.7	397.7
C.ROULEMENT (BB)	0.56	13.0	118.7
FONDATION	2.48	57.6	524.6

**Profil P11, Abscisse : 221.431 m, Longueur d'application : 12.500 m**

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.35	16.9	293.5
C-BASE (GNT)	1.87	23.4	421.1
C.ROULEMENT (BB)	0.56	7.0	125.7
FONDATION	2.50	31.2	555.8

**Profil P12, Abscisse : 225.000 m, Longueur d'application : 14.285 m**

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.30	18.6	312.0
C-BASE (GNT)	1.91	27.3	448.4
C.ROULEMENT (BB)	0.57	8.1	133.8
FONDATION	2.50	35.7	591.5

**Profil P13, Abscisse : 250.000 m, Longueur d'application : 25.000 m**

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.30	32.5	344.5
C-BASE (GNT)	1.91	47.8	496.2
C.ROULEMENT (BB)	0.57	14.2	147.9
FONDATION	2.50	62.4	653.9

**Profil P14, Abscisse : 275.000 m, Longueur d'application : 25.000 m**

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.30	32.5	376.9
C-BASE (GNT)	1.91	47.8	543.9
C.ROULEMENT (BB)	0.57	14.2	162.1
FONDATION	2.50	62.4	716.3

**Profil P15, Abscisse : 300.000 m, Longueur d'application : 25.000 m**

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.30	32.5	409.4
C-BASE (GNT)	1.91	47.8	591.7
C.ROULEMENT (BB)	0.57	14.2	176.2
FONDATION	2.50	62.4	778.8

**Profil P16, Abscisse : 325.000 m, Longueur d'application : 25.000 m**

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.30	32.5	441.9
C-BASE (GNT)	1.88	47.0	638.7
C.ROULEMENT (BB)	0.56	14.0	190.2
FONDATION	2.48	62.0	840.7

**Profil P17, Abscisse : 350.000 m, Longueur d'application : 25.000 m**

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.30	32.5	474.4
C-BASE (GNT)	1.88	47.0	685.7
C.ROULEMENT (BB)	0.56	14.0	204.2
FONDATION	2.48	62.0	902.7

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.30	32.5	506.8
C-BASE (GNT)	1.88	47.0	732.7
C.ROULEMENT (BB)	0.56	14.0	218.2
FONDATION	2.48	62.0	964.7

**Profil P19. Abscisse : 400.000 m. Longueur d'application : 25.000 m**

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.30	32.5	539.3
C-BASE (GNT)	1.88	47.0	779.7
C.ROULEMENT (BB)	0.56	14.0	232.2
FONDATION	2.48	62.0	1026.7

**Profil P20. Abscisse : 425.000 m. Longueur d'application : 12.500 m**

Matériau	Surface partielle	Volume partiel	Volume cumulé
ACCOTEMENT	1.30	16.2	555.5
C-BASE (GNT)	1.88	23.5	803.2
C.ROULEMENT (BB)	0.56	7.0	239.2
FONDATION	2.48	31.0	1057.7