



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



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTÉ : GÉNIE CIVIL ET ARCHITECTURE

DÉPARTEMENT : GÉNIE CIVIL

MÉMOIRE DE MASTER

Présenté par : Boukricha Mohamed Amine

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE

FILIERE : TRAVAUX PUBLIC

OPTION : VOIES ET OUVRAGES D'ART

Thème

**ÉTUDE D'UN TRONÇON DE ROUTE
«LAGHOUAT-AFLOU»
- DÉDOUBLEMENT DE LA RN23 (DU PK 285 AU PK 290) -**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
Ziregue Ahmed	MCB	Président
Merghoub Messaouda	MAA	Examinatrice
Hadjoudja Mourad	MCA	Encadreur
Mellal Rachid	Ingénieure	Co-encadreur

Promotion : septembre - 2020

عنوان المذكرة : دراسة ازدواجية مقطع الطريق الوطني 23 عند النقطة الكيلومترية (285-290)

اللقب والإسم: بوكريشة محمد امين **المؤطر:** حجوجة مراد

ملخص: في هذه المذكرة ندرس اشكالية مطروحة بالنسبة للطريق الوطني رقم 23 وذلك بالتركيز على الجزء المحصور بين النقطة الكيلومترية 285 و 290 على طول 5 كلم. تتمثل هذه الاشكالية في ان سعة الطريق اصبحت لا تكفي لضمان حركة السير للتدفق المتزايد , اضافة الى سوء المخطط الهندسي للطريق في بعض المناطق مما نتج عنه حوادث سير مميتة.

لأجل تدارك هذه الوضعية انتهجنا اجراء ازدواجية للطريق المذكور , مع التاكيد على تصحيح كل النقاط السوداء بالموصفات والهيكلية التالية : هوامش الطريق بعرض 3.5م, عرض الطريق 7م, السرعة المرجعية 120كلم/سا. **كلمات مفتاحية:** طريق سريع, الازدواجية, حركة المرور, السرعة المرجعية, المسار على المخطط , المقطع الطولي , المقطع العرضي .

Memory title : Study of a stretch duplication of the RN23 (of Pk 285 to Pk 290).

Name and First name : Boukricha Mohamed Amine **Directed by :** Hadjoudja Mourad

Abstract : This project of end of study studied a raised problem concerning the national road RN23 exactly in PK 285 to PK 290 on 5 km. The problem is the insufficiency of the capacity of this road to ensure the circulation of the high traffic in the last years as well as the bad geometric shape of the road in certain regions.

So, to solve this problem, we decided to make a splitting on this road, having the following characteristic: with 7 m, the shoulders of 3 m, and speed of reference $V_r = 120\text{km/h}$.

Key words: Highway, duplication the way, traffic, the speed of reference, plan plot, profile lengthwise, profile across, Cubicles, sizing floor drive, development of cross.

Titre du mémoire : Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN23 (du Pk 285 au Pk 290).

Nom et Prénom : Boukricha Mohamed Amine **Encadreur:** Hadjoudja Mourad

Résumé : Ce projet de fin d'étude a pour problématique l'amélioration de la route nationale RN23 afin de réduire le nombre énorme des accidents sur PK 285 au PK 290 sur 5 km.

Cette amélioration est justifiée par l'insuffisance de la capacité de la route actuelle qui ne pourrait satisfaire les besoins des usagers et par la mauvaise forme géométrique du tracé sur certains tronçons.

Pour résoudre, donc, ce problème, nous avons décidé de faire un dédoublement de voies sur cette route, avec de meilleures caractéristiques, telles que : une largeur de 7m, des accotements de 3.5m, une vitesse de référence $V_r=120\text{km/h}$.

Mots clés : AutoRoute, dédoublement de vois, trafic, la vitesse de référence, tracé en plan, profil en long, profil en travers, cubatures, dimensionnement des chaussé, aménagement de croisement.

DÉDICACES

Je remercie ALLAH tout puissant de m'avoir motivé à réaliser ce modeste travail

Je dédie Ce modeste travail à:

*Ma très chère mère et mon père pour leurs sacrifices, sans
jamais oublier*

Mes très cher frères et sœurs.

*À tous mes amis d'enfance et du Long parcours scolaire et Universitaire
Merci à tous ceux qui ont aidé de loin ou près à réaliser ce mémoire*

Tous ceux qui m'aiment et que j'aime

Boukricha Mohamed Amine



Remerciement

*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
M^r Mourad Hadjoudja et de **M^r Mellal Rachid** pour toute l'assistance
efficace La disponibilité et les précieux conseils permettent de faire ce travail.*

*Je remercie les membres du jury **M^r Ziregue Ahmed** et **M^{me} Merghoub Messaouda**,
trouvent ici l'expression de nos profonds respects pour avoir pris la peine d'examiner notre
mémoire.*

*Je remercie **M^r Bederina Madani** pour tous les efforts qui m'ont aidé à
accomplir ce travail.*

*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 et S.E.T.S.

*Définissez les informations qui nous sont fournies et coopérez
Offrir de l'aide.*



TABLE DES MATIERES

RESUME

DÉDICACES

REMERCIEMENT

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

NOTATIONS ET SYMBOLES

INTRODUCTION GENERALE 1

CHAPITER- I. PRESENTATION DU PROJET ET DONNEES DE BASE..... 2

I .1- PRESENTATION GENERALE..... 2

I.1.1- PRESENTATION DE LA WILAYA DE LAGHOUAT..... 2

I.1.2 - INFRASTRUCTURE ROUTIERE 2

I.1.3 - PRESENTATION DU PROJET 3

I.1.4- SITUATION GEOGRAPHIQUE 4

I.1.5- DESCRIPTION GENERALE DE L'ETAT INITIAL DU PROJET 5

I.1.6- PROBLEMATIQUE 6

I.1.7- OBJECTIF DE L'ETUDE..... 6

I.1.8- ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE 6

I.1.8.1. Dénivelée cumulée moyenne 7

I.1.8.2. Sinuosité moyenne 7

I.1.9- CATEGORIE DE LA ROUTE 9

I.1.10- VITESSE DE REFERENCE..... 10

I.1.11- PARAMETRES PHYSIQUE..... 11

I.1.12. APPLICATION AU PROJET 12

I .2- ETUDE DU TRAFIC..... 13

I.2.1- GENERALITES..... 13

I.2.2- L'ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS 13

I.2.3-LA MESURE DES TRAFICS	13
I.2.3.1- comptages	13
I.2.3.2- Enquêtes origine destination	14
I.2.4- DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS	15
I.2.4.1 -Trafic normal.....	15
I.2.4.2- Trafic dévié	15
I.2.4.3- Trafic induit.....	16
I.2.4.4) Trafic total	16
I.2.5- CALCUL DE LA CAPACITE	16
I.2.5.1- Calcul du (TJMA) horizon	16
I.2.5.2- Calcul des trafics effectifs	16
I.2.5.3- Débit de pointe horaire normal	17
I.2.5.4- Débit horaire admissible.....	17
I.2.5.5- Calcul du nombre des voies	18
I.2.6- APPLICATION AU PROJET	18
I.2.5.1- Projection future du projet.....	19
I.2.5.2- Calcul du trafic effectif	19
I.2.5.3-Débit de pointe horaire normale	19
I.2.5.4-Débit admissible	19
I.2.5.5-Le nombre des voies	19
I.2.5.6- Résultats de calcul.....	20
I.2.5.7-Calcul de l'année de saturation	20
I.2.7- CONCLUSION.....	20
CHAPITER- II. ETUDE GEOMETRIQUE DE LA ROUTE	21
II.1 -INTRODUCTION	21
II.2-TRACE EN PLAN	21
II.2.1-REGLES A RESPECTER DANS LE CHOIX DU TRACE EN PLAN.....	21
II.2.2-ELEMENTS DU TRACE EN PLAN	22
II.2.2.1-ALIGNEMENT	22
II.2.2.2-ARC DE CERCLE.....	23

II.2.2.3- LES COURBES DE RACCORDEMENT	26
II.2.3-NOTION DE DEVERS.....	28
II.2.3.1-Devers en alignement	28
II.2.3.2-Devers en courbe	28
II.2.3.3-Rayon de courbure.....	29
II.2.3.4-Calcul des devers.....	29
II.2.3.5-Raccordement de devers.....	29
II.2.4-CHOIX DU TRACE	30
II.2.5-PARAMETRES FONDAMENTAUX (B40)	30
II.2.5-CALCUL DE L'AXE MANUELLEMENT	31
II.2.5.1-Exemple de calcul du tracé en plan :.....	31
II.3. PROFIL EN LONG.....	35
II.3.1- DEFINITION	35
II.3.2- RÈGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DU PROFIL EN LONG	35
II.3.3- COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG	35
II.3.4- DECLIVITES	36
II.3.4.a) Déclivité minimum	36
II.3.4.b) Déclivité maximum	36
II.3.5- RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG.....	37
II.3.5.a) Raccordements convexes (angle saillant) :	37
II.3.5.b) Raccordements concaves (angle rentrant) :	38
II.3.6- CARACTERISTIQUE DES RAYONS VERTICAUX.....	39
II.3.7- DETERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG	39
II.3.7.1-Détermination de la position du point de rencontre (s) :.....	40
II.3.7.2-Calcul de la tangente :.....	40
II.3.7.3-Projection horizontale de la longueur de raccordement	41
II.3.7.4-Calcul de la flèche	41
II.3.7.5-Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe	41
II.3.7.5- Calcul des coordonnées du sommet de la courbe	41
II.3.8-EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG	42

II.4-PROFIL EN TRAVERS	45
II.4.1 –DEFINITION.....	45
II.4.2- ELÉMENTS DU PROFIL EN TRAVERS	45
II.4.3- CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS	47
II.4.3.1- Le profil en travers type.....	47
II.4.3.2- Le profil en travers courant	47
II.4.4- APPLICATION AU PROJET	47
II.5-CUBATURES	48
II.5.1 – INTRODUCTION	48
II.5.2-DEFINITION	48
II.5.3- METHODES DE CALCUL DES CUBATURES	48
II.5.3.1 La formule de SARRAUS :.....	49
II.5.3.2-Méthode de GULDEN :.....	50
II.5.4- CALCUL DES CUBATURES DE TERRASSEMENT	50
II.6- CONCLUSION.....	50
CHAPITER- III.ETUDE GEOTECHNIQUE DE LA ROUTE	51
III.1-ETUDE GEOTECHNIQUE.....	51
III.1.1- INTRODUCTION	51
III.1.2- OBJECTIFS PRINCIPAUX D’UNE ETUDE GEOTECHNIQUE.....	51
III.1.3-LES DIFFERENTS ESSAIS AU LABORATOIRE	51
III.1.3.1-Analyse granulométrique.....	51
III.1.3.2-Equivalent de sable	52
III.1.3.4- Limitesd’Atterberg	53
III.1.3.5- Essai PROCTOR.....	54
III.1.3.6-essai C.B.R (California Bearing Ratio).....	55
III.1.3.7-Essai Los Angeles	56
III.1.3.8-Essai Micro-Deval	57
III.1.4-LES DIFFERENTS ESSAIS « IN- SITU ».....	57
III.1.5-CONDITION D’UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS.....	58
III.2 –DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEES	59

III.2.1- INTRODUCTION	59
III.2.2- DEFINITION DE LA CHAUSSEE	59
III.2.3- DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEES	59
III.2.3.1-Chaussée souple	59
III.2.3.2-Chaussée semi-rigide	59
III.2.3.3-Chaussée rigide	60
III.2.4- LES DIFFERENTES COUCHES DE CHAUSSEE.....	60
III.2.5-DIFFERENTS FACTEURS DETERMINANTS POUR LE DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEES.....	61
III.2.5.1-Trafic	61
III.2.5.2-Environnement	62
III.2.5.3-Sol support	62
III.2.5.4-Matériaux	62
III.2.6-METHODES DE DIMENSIONNEMENT	62
III.2.7-CHOIX DE LA METHODE DE DIMENSIONNEMENT	63
III.2.7.1-Méthode C.B.R	63
III.2.7.2-Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	64
III.2.8) APPLICATION AU PROJET	68
III.2.9- CONCLUSION	72
CHAPITER- IV.ASSAINISSEMENT.....	73
IV -ASSAINISSEMENT	73
IV.1 - INTRODUCTION	73
IV.2 - OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT.....	73
IV.3 - ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSEE.....	73
IV.4 - QUELQUES DEFINITIONS.....	74
IV.4.1 - Fossé de pied du talus de déblai	74
IV.4.2- Fossé de crête de déblai	74
IV.4.3- Fossé de pied du talus de remblai	74
IV.4.4-Drain	75
IV.4.5-Descentes d'eau	75

IV.5- DEFINITIONS DES TERMES HYDRAULIQUE.....	75
IV.5.1-Bassin versant	75
IV.5.2-Collecteur principal (canalisation)	75
IV.5.3-Chambre de visite (cheminée).....	75
IV.5.4-Sacs	75
IV.5.5-Regards	75
IV.6- LES OUVRAGES DES ECOULEMENTS DES EAUX	75
IV.6.1-Passages submersibles.....	76
IV.6.2-Fossés.....	76
IV.6.3-Les dalots	76
IV.7- APPLICATION A NOTRE PROJET	76
IV.8-TABLEAU RECAPITULATIF DES OUVRAGES COURANTS	77
IV.9- CONCLUSION	77
CHAPITER- V.SIGNALISATION ROUTIERE	78
V-signalisation routiere	78
V.1-INTRODUCTION	78
V.2- L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE	78
V.3- CATEGORIE DE SIGNALISATION	78
V.4- REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION	78
V.5- TYPES DE SIGNALISATION.....	78
V.5.1-Signalisation verticale	78
V.5.2-Signalisations horizontales.....	79
V.6-APPLICATION AU PROJET	82
V.7-CONCLUSION	83
CONCLUSION GENERALE	84
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXE	

LISTE DES FIGURES

CHAPITER-I

Figure I.1 : Infrastructure Routière sur la wilaya.....	3
Figure I.2 : Situation du projet.....	4
Figure I.3 : La dénivelée cumulée moyenne h/L	7
Figure I.4 : Sinuosité	8
Figure I.5 : Classification des routes en Algérie.	9
Figure I.6 : Schéma explicatif d'une Coupe transversale de la chaussée prévue.....	20

CHAPITER-II

Figure II.1 : Tracé en plan d'une route.	21
Figure II.2 : Stabilité du véhicule en courbe..	23
Figure II.3 : Elément de la Clothoïde.	27
Figure II.4 : Visibilité en raccordement convexes.....	38
Figure II.5 : Visibilité en raccordement concaves.....	38
Figure II.6 : Courbe du profil en long.	40
Figure II.7 : exemple de courbe convexe.....	42
Figure II.8 : exemple de courbe concave.	43
Figure II.9 : Eléments constitutifs du profil en travers type.....	45
Figure II.10 : surface de déblai et remblai.....	48
Figure II.11 : Méthode de la moyenne des aires.	49
Figure II.12 : La méthode linéaire et Méthode GULDEN.....	50

CHAPITER-III

Figure III .1 : Schématisation de la colonne de tamis.....	52
Figure III .2 : Schématisation de l'appareil de Casagrande.....	53
Figure III .3 : Essai Proctor.....	54
Figure III .4 : Exemple du courbe normal et modifie.....	55
Figure III .5 : Schéma récapitulatif des différentes structures de chaussée.....	60
Figure III .6 : Coupe transversale type d'une chaussée souple.	61
Figure III .7 : Classe de trafic.	66
Figure III .8: La structure de notre chaussée selon la méthode C.B.R..	69

CHAPTER-IV

Figure VI .1 : Présentation les éléments de l'assainissement de chaussée.....	74
Figure VI .2 : Détails des fossés trapézoïdaux en terre.....	76

CHAPTER-V

Figure V .1 : Types de modulation.....	80
Figure V .2 : Flèche de rabattement.....	81
Figure V .3 : Flèche de sélection.	81
Figure V .4 : Signalisation de carrefour.....	82
Figure V .5 : Signalisation vertical type A.....	82
Figure V .6 : Signalisation vertical type c.....	83
Figure V .7 : Signalisation vertical type e.....	83

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITER-I

Tableau I.1: Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne	7
Tableau I.2: Classification de la sinuosité moyenne	8
Tableau I.3: Environnement en fonction du relief et de la sinuosité	8
Tableau I.4: donne Vvl et Vpl en fonction de la Catégorie et l'Environnement selon B40.....	10
Tableau I.5: Coefficients de frottement longitudinal.....	11
Tableau I.6: Coefficients de frottement transversal.....	11
Tableau I.7: Coefficient d'équivalence P.....	17
Tableau I.8: Coefficient lié à l'environnement.	17
Tableau I.9: Coefficient de réduction de capacité.	17
Tableau I.10: Valeur de la capacité théorique.	18
Tableau I.11: Récapitulatif des résultats du calcul.	19

CHAPITER-II

Tableau II.1: Rayons en plan et devers associés.	25
Tableau II.2: Paramètres fondamentaux.	30
Tableau II.3 .coordonnees de rayon.....	31
Tableau II.4: Variation de la pente maximale en fonction de la vitesse de base.....	36
Tableau II.5: Caractéristique des rayons verticaux.	39

CHAPITER-III

Tableau III .1: Interprétation d'essai CBR.....	56
Tableau III .2: Interprétation du LA.....	57
Tableau III .3: Caractéristiques des granulats par le MDE.....	57
Tableau III .4: Coefficient d'équivalence.....	64
Tableau III .5: Structure disponible dans les catalogues.....	65
Tableau III .6: Classes de portance des sols Si.....	66
Tableau III .7: Classes de portance de sol-suppots.	66
Tableau III .8: Sur classement avec couche de forme en matériau non traité.....	67
Tableau III .9: Zones climatiques de pluviométrie.....	67
Tableau III .10: les couches de corps chaussé par la méthode C.B.R.....	69
Tableau III .11: Classe de sol en fonction de portance de sol.....	71
Tableau III .12: Résumé les deux méthodes.....	72

CHAPITER-IV

Tableau IV .1: Les ouvrages busé existants pour ce tronçon.....	77
---	----

CHAPITER-V

Tableau V .1: Caractéristiques des lignes discontinues.....	80
---	----

NOTATIONS ET SYMBOLES

A/

A : Facteur d'agressivité.

C/

C : Facteur de cumul.

C_{th} : Capacité théorique par voie qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

D/

d_{min} : Dévers minimale.

d_{max} : Dévers maximal.

D_{min} : Distance, appelée longueur de gauchissement.

d₀ : Distance de freinage (m).

d₁ : Distance d'arrêt (m).

d_m : Distance de visibilité de dépassement minimale (m).

d_n : Distance de visibilité de dépassement normale (m).

d_{md} : Distance de visibilité de manoeuvre de dépassement (m).

d_s : Distances de sécurité entre deux véhicules (m).

E/

e: Epaisseur équivalente.

E : Module de Yong.

F/

f_t: Coefficient de frottement transversal.

f_l : Coefficient de frottement longitudinal.

f'' :L'accélération centrifuge résiduelle.

G/

g : L'accélération de gravite.

H/

h : Dénivelée cumulée totale.

h₀ : Hauteur de l'oeil (m).

h₁ : Hauteur de l'obstacle (m).

I /

I_P : L'indice de plasticité.
 i_{min} : Déclivité minimum.
 i_{max} : Déclivité maximum.
 I_{CBR} : Indice CBR (sol support).

K /

K_1 : Coefficient lié à l'environnement.
 K_2 : Coefficient de réduction de capacité.

L /

l_i : La longueur de dénivelée (rampes ou pentes).
 L_s : La longueur sinueuse.
 L_R : Longueur de rayon $\leq 200m$.
 L_{AB} : Longueurs totales de l'itinéraire.
 L_{min} : Longueur minimale d'alignement.
 L_{max} : Longueur maximale d'alignement.
 L : Longueur de raccordement.
 l : Largeur de la chaussée.
Log: Logarithme décimal.

N /

n : Nombre d'année à partir de l'année d'origine.
 N : Désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide.

P /

P_i : La dénivelée.
 P : Coefficient d'équivalence pour le poids lourds.

Q /

Q : Débit de pointe horaire (UVP).
 Q_{adm} : Débit horaire admissible.

R /

R_{hm} : Rayon horizontal minimal absolu.
 R_{hn} : Rayon horizontal minimal normal.
 R_{hd} : Rayon au dévers minimal.
 R_{nd} : Rayon minimal non déversé.

R : Rayon de courbure.
R_v : Rayon vertical (m).

S/

S : Coefficient de dissymétrie.
S_r : La surlargeur.

T/

T_n : Le trafic à l'année n.
T₀ : Le trafic à l'arrivée pour origine.
T_{JMAh} : Trafic journalier moyen à l'année n.
T_{JMA0} : Trafic journalier moyen à l'année 0.
T_{eff} : Trafic effectif à l'année horizon en (UVP).
t_p : Temps de perception réaction (s).
T_H : Trafics prévus pour une durée de vie.

V/

V_B : La vitesse de base.
V_r : La vitesse de référence.
V : Le volume compris entre les deux profils en travers.
VD : Volume de déblais.
VR : Volume de remblai.

W/

W_L : Limite de liquidité.
W_P : Limite de plasticité.

Z/

Z : Le pourcentage moyen de poids lourds.

AUTRES CARACTERES

σ : La sinuosité moyenne.
τ : Taux de croissance.
ω : Teneur en eau au moment de l'essai donnant n coups.
Δd : Variation de dévers en (%).

Introduction Générale

INTRODUCTION GÉNÉRAL

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^{ème} 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.

C'est dans ce contexte que cette étude a été entreprise. Il s'agit du dédoublement de la route nationale N°23 qui a été imposé suite à l'augmentation considérable du trafic due à l'importance des activités commerciales et sociales de la région, ainsi qu'à l'enregistrement de nombreux accidents graves sur cette route, ces dernières années.

D'où l'importance de la présente étude, qui consiste à faire la conception du dédoublement d'un tronçon routier de la route nationale N°23 reliant la wilaya de Mostaganem et la wilaya de Laghouat. Ce tronçon de route s'étend du PK 285+000 au PK 290+00, sur une longueur de 5 km,.

Pour réaliser la conception de ce projet, on va utiliser les logiciels "PISTE05", "COVADIS" et "AutoCAD 2007".

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 l'étude du trafic;
- ✓ 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 l'étude géotechnique et le dimensionnement du corps de la chaussée;
- ✓ le quatrième chapitre est consacré à l'étude de l'Assainissement ;
- ✓ Le cinquième chapitre est signalisation.

Le travail est clôturé, enfin, par une conclusion générale.

Chapitre I :

Présentation Du Projet

I.1- PRESENTATION GENERALE

I.1.1- PRESENTATION DE LA WILAYA DE LAGHOUAT

La Wilaya de Laghouat est située au sud centre du pays, elle est limitée géographiquement par :

- Au nord par la wilaya de Djelfa
- A l'Est par la wilaya de Djelfa
- A l'Ouest par les wilayas de Tiaret et El Bayadh
- Au Sud par la wilaya de Ghardaïa

Conformément à la dernière organisation territoriale du pays, la wilaya de Laghouat regroupe actuellement 10 Daïras et 24 Communes.

La wilaya compte une population de 501145 habitants (Estimation 2009) avec une superficie totale de 25052 km², soit une densité de : 20,00 Hab. /km².

I.1.2 - INFRASTRUCTURE ROUTIERE

La wilaya de Laghouat contient 1310 km de routes se répartissant comme suit (figure I.1):

- 403 km de routes nationales.
- 394 km de chemins de wilaya.
- 513 km de chemins de commune [1].

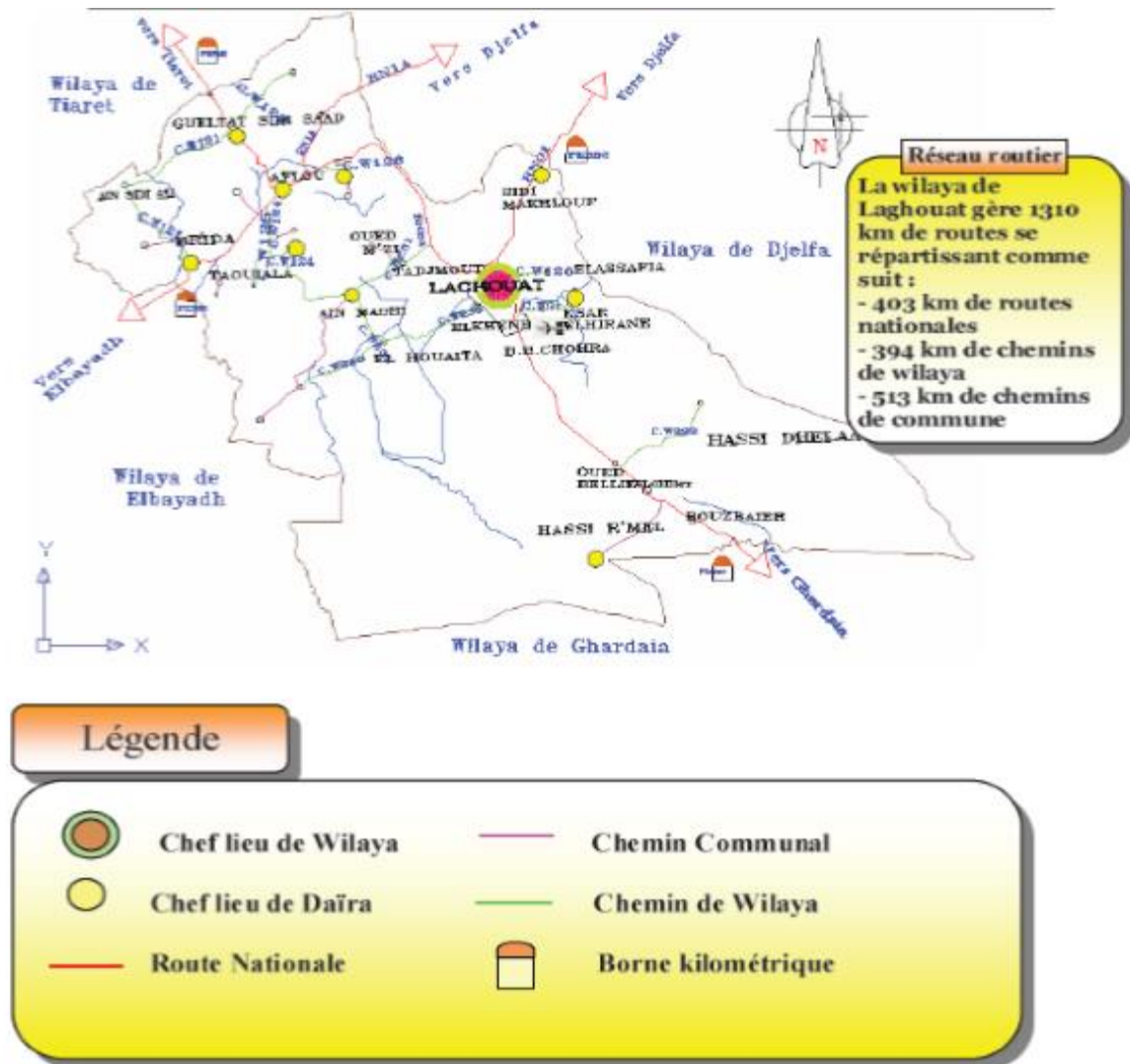


Figure I.1: Infrastructure Routière sur la wilaya

I.1.3 - PRESENTATION DU PROJET

Le présent projet d'étude s'introduit dans le cadre de la réalisation de la double voie express « Laghouat –Aflou » sur un linéaire globale de 155 km, à partir de Hassiane Eddib en passant par Aflou vers Laghouat (Figure I.2).

Le projet de dédoublement de la RN23 s'étale sur 160 km, comme il a été présenté par l'administration et subdivisé en lots tels que :

- lot N°01 : entre PK 398+000 au PK 368+000 sur 30 KM (Carrefour RN01 – RN23 et El Hadjeb).
- lot N°02 : entre PK 368+000 au PK 351+000 sur 17KM (El Hadjeb – Msekka).
- lot N°03 : entre PK 351+000 au PK 337+000 sur 14KM (Msekka – carrefour Ain Chouhada).
- lot N°04: entre PK 337+000 au PK 316+000 sur 21KM(carrefour Ain Chohada– carrefour Ain Osman) .

- lot N°05 :entre PK 316+000 au PK 303+000 sur 13KM (carfr Ain Osman – carrefour RN 01 A - RN23) .
- lot N°06 :entre PK 303+000 au PK 292+000 sur 11KM(Extension du contournement d'Aflou).
- **lot N°07 : entre PK 292+000 au PK 267+000 sur 25KM (Carrefour Sidi Ogba – Guelta Sidi Saad) .**
- lot N°08 : entre PK 267+000 au PK 243+000 sur 24 (Guelta Sidi Saad – HassianeEddib) .

Notre étude, n'est en effet qu'un tronçon de celui-ci qui est limitée par les **PK285 et PK 290**.



Figure I.2: Situation du projet [2]

I.1.4- SITUATION GEOGRAPHIQUE

Sur le plan naturel, elle est constituée de deux zones :

1- La zone de l'Atlas Saharien caractérisée par des altitudes allant de 1.000 à 1.700 m avec des pentes de 12,5 à 25 %. Cette zone se trouve au Nord Ouest de la Wilaya (région d'Aflou et Brida). Elle est constituée de vieux massifs forestiers d'une superficie de : 47.095 ha, de

nappes alfatières couvrant une superficie de 315.125 ha ainsi que de pacages et parcours d'une superficie de 1.531.766 ha.

2- La zone des Hauts Plateaux et de Plateaux Sahariens caractérisée par des altitudes allant de 700 à 1.000 m et des pentes de 0 à 3 %. Cette zone est constituée de vastes étendues steppiques d'une superficie de 1.900.000 ha dont une grande partie a été dégradée sous l'effet des sécheresses prolongées.

- ❖ Le climat : Découlant du relief, le climat est de type continental au Nord-Ouest avec une pluviométrie variant de 300 à 400 mm, des chutes de neige et des gelées blanches. Dans la région des Hauts Plateaux, le climat est de type saharien et aride. La pluviométrie varie entre 150 mm au Centre et 50 mm au Sud. Les hivers sont caractérisés par des gelées blanches et les étés par une forte chaleur accompagnée de vents de sable [3].
- ❖ Hydrographie : Les ressources en eaux superficielles sont localisées dans l'Atlas Saharien leur faible importance est liée à l'irrégularité du régime pluviométrique et à la forte évaporation. Les principaux Oued sont : Oued M'zi, Oued Touil et Oued Medsous.
- ❖ Pluviométrie Les précipitations moyennes enregistrées font ressortir une pluviométrie moyenne annuelle de 219,8 mm durant l'année 2008-2009 et 154 mm durant la période 98-09.
- ❖ Températures Elles varient entre 42C° pour les mois chauds de l'été (juillet, août) à -4C° pour les plus froids (décembre et janvier).

I.1.5- DESCRIPTION GENERALE DE L'ETAT INITIAL DU PROJET

Ce projet a été réalisé à l'époque coloniale et avec les moyens traditionnels disponibles à ce moment-là, ce qui a affecté négativement la qualité du service. Au début des années soixante dix, il y avait eu certains renouvellements dans certains tronçons, mais cette route posait toujours des problèmes pour la circulation routière.

À partir de 2005, certaines sections ont été renforcées par une carrière moderne (GNT (Grave non traité), GB (Grave bitume), BB (Béton bitumineux)) avec la mise en place de certaines installations techniques, mais la plupart des sections de cette route sont restées inchangées (présence d'obstacles dangereux, manque de visibilité et sections inondées dans l'eau). Sur cette base, la Direction des Travaux Publics a réalisé une étude de duplication de cet axe, avec l'accent du bureau des études sur la correction de toutes les déficiences existantes et supprimer tous les points noirs pour en faire une route de haute service (vitesse = 120 km/h).

I.1.6- PROBLEMATIQUE

Les structures de chaussées en place non renouvelées à ce jour représentent une grande majorité du réseau qui supporte l'intense trafic actuel, c'est ce qui a poussé à mener des études de modernisation et de réhabilitation des chaussées dégradées selon l'intensité et l'importance du trafic supporté.

De plus, avec l'accroissement du nombre de véhicules, la circulation routière connaît de plus en plus des problèmes d'ordre topologique que posent les axes routiers à fortes densités de circulation automobiles. Par conséquent, il faut mettre l'accent sur des études récentes qui corrigent toutes les déficiences existantes et suppriment tous les points noirs imposent.

L'amélioration donc, des conditions de circulation et du confort de l'utilisateur sur le réseau routier national résulte pour une grande partie de l'aménagement et la réhabilitation.

Pour la RN23, on note également :

- L'augmentation du nombre d'accidents au niveau de la RN23 ;
- La présence d'un grand nombre de poids lourds.

I.1.7- OBJECTIF DE L'ETUDE

L'objectif principal de la présente étude consiste à améliorer le niveau de service de la route existante par la réhabilitation, et la modernisation de la RN 23 pour:

- ✓ Réduire le nombre d'accidents.
- ✓ Augmentation de la capacité de la route
- ✓ Augmenter le niveau de service et de sécurité des usagers.
- ✓ Amélioration du système de drainage.
- ✓ choisir les variantes qui répondent effectivement aux critères Economique, confort et Environnement.
- ✓ la réduction des temps de parcours.

I.1.8- ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE

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

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

I.1.8.1. Dénivelée cumulée moyenne h/L :

La somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire et la dénivelée cumulée totale [4].

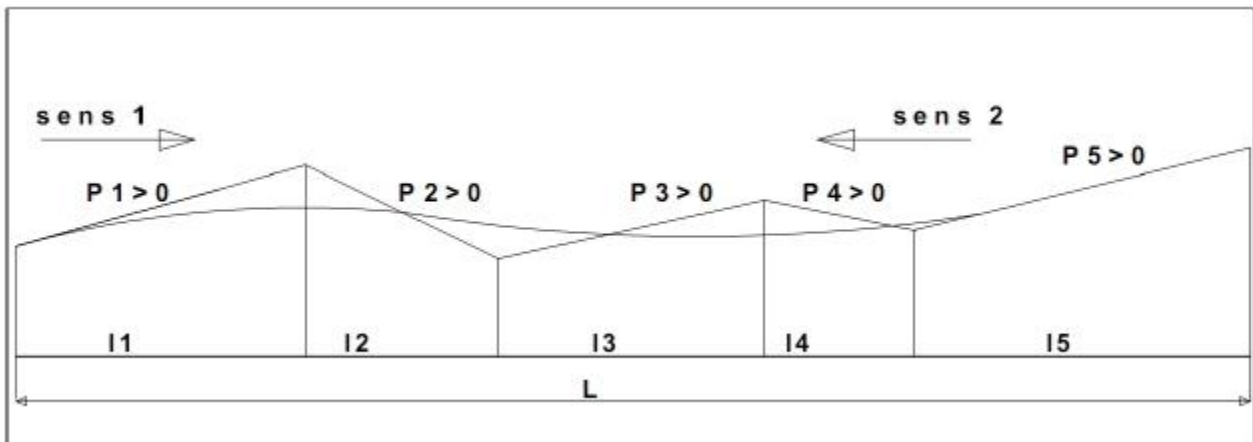


Figure I.3 : La dénivelée cumulée moyenne h/L .

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

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

$$\text{et : } h = h_1 + h_2 \quad \text{Eq I.3}$$

Le rapport de la dénivelée cumulée totale h à la longueur de l'itinéraire permet de mesurer la variation longitudinale du relief (Figure I.3).

Selon la valeur de la dénivelée cumulée moyenne, le relief peut être classé comme montré sur le tableau I.1.

Tableau I.1 : Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne

N° de code	classification	La dénivelée cumulée moyenne h/L
1	Terrain plat	$h/L \leq 1,5\%$
2	Terrain vallonné	$1.5\% < h/L \leq 4\%$
3	Terrain montagneux	$4\% < h/L$

I.1.8.2. Sinuosité moyenne $\phi = L_s / L$:

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 e n plan inférieur ou égale à 200 m, comme décrit dans la Figure I.4 et extraire les valeurs dans le (Tableau I.2) [5].

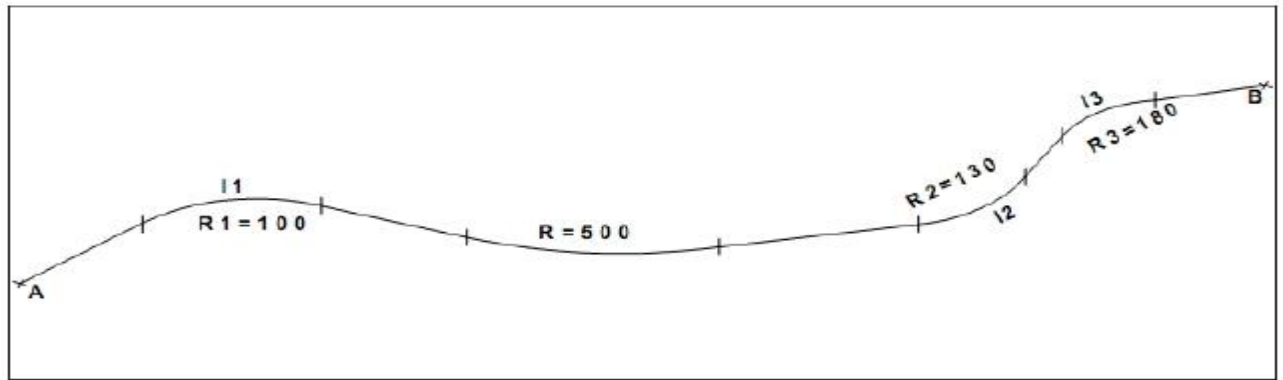


Figure I.4: Sinuosité.

$$\varphi = L_s / L \quad \text{Avec : } L_s = \sum L_{R \leq 200} \quad \text{Eq I.4}$$

L_s : la longueur sinueuse.

L_R : longueur de la coube de rayon ≤ 200 .

$L = L_{AB}$ (longueurs totales de l'itinéraire).

Tableau I.2 : Classification de la sinuosité moyenne

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

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.3):

Tableau I.3 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité

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

I.1.9- CATEGORIE DE LA ROUTE

L'ensemble des itinéraires de l'ALGERIE peut être classé en cinq catégories fonctionnelles, correspondant aux finalités économiques et administratives assignées par la politique d'aménagement du territoire (Figure I.5) :

Catégorie 1 : Liaisons entre les grands centres économiques.

Catégorie 2 : Liaisons entre les centres d'industrie de transformation .

Catégorie 3 : Liaisons des chefs-lieux de daïra et de wilaya .

Catégorie 4 : Liaisons des centres de vie .

Catégorie 5 : Routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

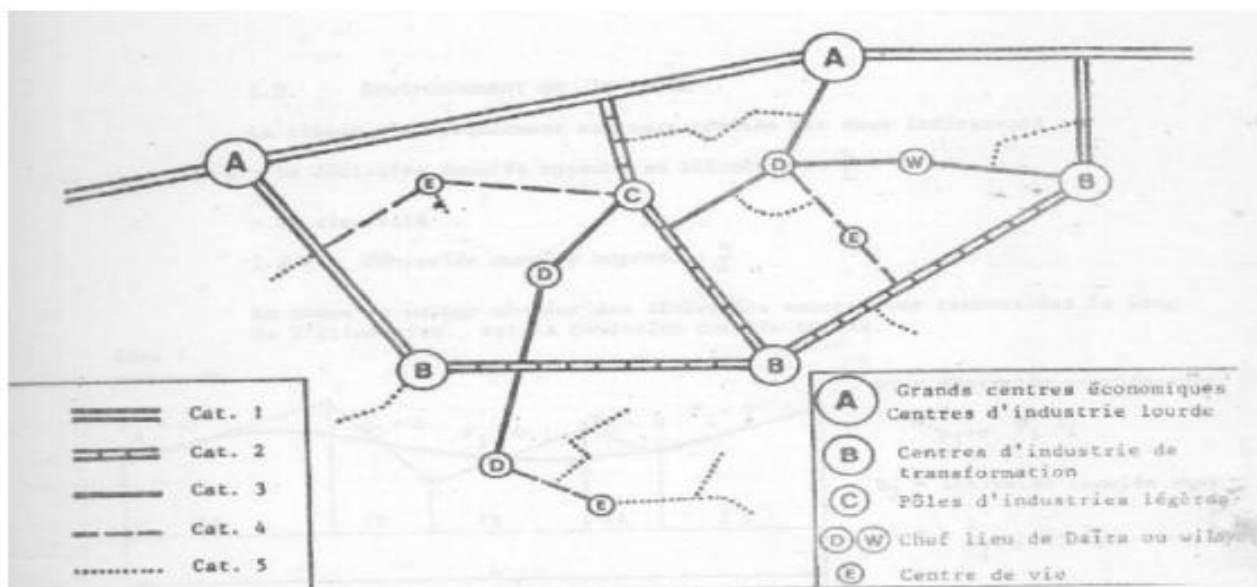


Figure I.5 : Classification des routes en Algérie.

I.1.10- VITESSE DE REFERENCE

La vitesse de référence des véhicules légers « Vvl » d'une section de route est la vitesse qui permet de définir les caractéristiques minimales d'aménagement de ses points particuliers. Le respect des conditions liées à cette vitesse minimale permet de garantir l'homogénéité.

La vitesse de référence des poids lourds « Vpl » d'une section de route est la vitesse qui permet de définir les caractéristiques limites des rampes, le choix de la vitesse de référence dépend de :

- ❖ Type de route.
- ❖ Importance de liaison assurée.
- ❖ Topographie du terrain.
- ❖ Condition économiques d'exécution et d'exploitation.

Le tableau I.4 donne V_{vl} et V_{pl} en fonction de la Catégorie et l'Environnement selon B40.

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

I.1.11- PARAMETRES PHYSIQUE

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

a) Temps de perception – (réaction):

Le temps de perception (réaction) est le temps nécessaire pour la mise en oeuvre 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 V

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 (F_L) :

Le coefficient de frottement longitudinal admissible est variable avec la vitesse

(Tableau.I.5)

Il est utilisé pour définir les valeurs minimales de la distance théorique de freinage.

Tableau. I.5 : Coefficients de frottement longitudinal(B40)

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

c) Coefficient de frottement transversal (F_T)

Le coefficient de frottement transversal (F_T) variant avec la vitesse est utilisée pour déterminer le rayon en tracé en plan associé à un dévers donné ou inversement(**Tableau. I.6**) .

Les expériences menées par les techniciens de pneumatique, montrent que le coefficient du virage décroît lorsque la vitesse croît.

Tableau. I.6 : Coefficients de frottement transversal(B40)

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

I.1.12. APPLICATION AU PROJET

- **Catégorie:** puisque notre projet relie des centres économiques et d'industries lourdes importants (Laghout-Mostaganem), notre route est classée en **Catégorie (01)**.

- **Dénivelée cumulée moyenne**

Le tracé que nous avons effectué donne :

$$h1 = \text{dénivelée cumulée sens 1 : } h1 = \sum P_i * l_i \quad P_i > 0$$

$$h1 = 3.78 \times 77.51 + 3.83 \times 1414.16 + 1.53 \times 1471.05 = 7959.9 \text{ m}$$

$$h2 = \text{dénivelée cumulée sens 2 : } h2 = - \sum p_i * l_i \quad P_i < 0$$

$$h2 = 1.36 \times 85.65 + 1.08 \times 134.38 = 261.61 \text{ m}$$

$$\text{et : } h = h1 + h2$$

$$h = 8221.5 \text{ m}$$

$$h/L = 8221.5 / 5061.79 = 1.62\% \quad (1.5\% < h/L \leq 4\%) \rightarrow \textbf{Terrain vallonné}$$

- **Sinuosité**

$$\varphi = L_s / L$$

Tous les alignements sont raccordés par des courbes de rayon supérieur à 200m.

$$\text{Alors : } L_s = 0$$

$$\varphi = 0 / 5061.79 = 0$$

Alors selon le (Tableau I.2) → **la Sinuosité faible**

- **Type d'environnement**

selon le (Tableau I.3)

Catégorie : 01

Environnement : E2

- **Temps de perception - réaction:**

Catégorie 1 . Environnement E2 :

$$t = 1,8 \text{ s} \quad \text{pour } V > 80 \text{ km/h} \quad (V = 120 \text{ km/h})$$

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

selon le (Tableau I.5) → **FL=0.10**

- **.Coefficient de frottement transversal (FT) :**

selon le (Tableau I.6) → **FT=0.33**

I.2- ETUDE DE TRAFIC

I.2.1- GENERALITES

L'étude de trafic est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructures de transport; elle permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et, au-delà, les caractéristiques à lui donner depuis le nombre de voie jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

Cette conception repose, sur une partie stratégie, planification sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaires pour:

- Apprécier la valeur économique des projets.
- Estimer les coûts d'entretiens.
- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.

I.2.2- L'ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS

L'étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination). Cette étude débute par le recueil des données.

I.2.3- LA MESURE DES TRAFICS

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires:

- Les comptages: permettent de quantifier le trafic.
- Les enquêtes: permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs.

I.2.3.1- comptages

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage:

- Les comptages manuels.
- Les comptages automatiques.

a- Les comptages manuels: Ils sont réalisés par les enquêteurs qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports en commun, Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A) [5].

b- Les comptages automatiques: Ils sont effectués à l'aide d'appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée. On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires:

- Les comptages permanents sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes: réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés.
- Le comptage temporaire: s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

L'inconvénient de cette méthode: est que tous les matériels de comptage actuellement utilisés ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds [6].

I.2.3.2- Enquêtes origine destination

Il est plus souvent opportun de compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux. On peut recourir en fonction du besoin, à diverse méthodes, lorsque l'enquête est effectuée sur tous les accès à une zone prédéterminée (une agglomération entière, une ville ou seulement un quartier) on parle d'enquête cordon.

Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic inter zonaux, en définissant leur origine et destination. Il existe plusieurs types d'enquêtes:

a- Les enquêtes papillons ou distributions de cartes

Le principe consiste à délimiter le secteur d'enquête et à définir les différentes entrées et sorties, un agent colle un papillon sur le pare-brise de chaque véhicule (ou on distribue une carte automobiliste), sachant que ces papillons sont différents à chaque entrée, un autre agent identifie l'origine des véhicules en repérant les papillons ou en récupérant les cartes.

Les avantages de la méthode: sont la rapidité de l'exploitation et la possibilité de pouvoir se faire de jour comme de nuit.

Les inconvénients de la méthode: c'est que l'enquête ne permet pas de connaître l'origine et la destination exacte des véhicules, mais seulement les points d'entrées et de sortie du secteur étudié.

b- Relevé des plaques minéralogiques

On relève, par enregistrement sur un magnétophone, en différents points (à choisir avec soin) du réseau, les numéros minéralogiques des véhicules ou au moins une (de l'ordre de quatre chiffres ou lettres). La comparaison de l'ensemble des relevés permet d'avoir une idée des flux [5].

Cette méthode permet d'avoir des résultats sans aucune gêne de la circulation, par contre, le relevé des numéros est sujet à un risque d'erreur non négligeable.

Les inconvénients sont :

- le manque d'exhaustivité (on ne peut identifier la totalité des véhicules);
- les erreurs de lecture fréquentes qui faussent partiellement les résultats;
- un dépouillement fastidieux.

c- Interview des conducteurs

Cette méthode est lourde et coûteuse mais donne des renseignements précis, on arrête (avec l'aide des forces de gendarmerie pour assurer la sécurité) un échantillon de véhicules en différents points du réseau et on questionne (pendant un temps très court qui ne doit pas dépasser quelques minutes sous peines d'irriter l'utilisateur) l'automobiliste pour recueillir les données souhaitées :(origine, motif, fréquence et durée, trajet utilisé).

Ces informations s'ajoutent à celles que l'enquêteur peut relever directement telles que le type de véhicule [6].

d- Les enquêteurs à domicile - enquête ménage

Un échantillon de ménages sélectionné à partir d'un fichier fait l'objet d'un interview à son domicile par une personne qualifiée, le temps n'étant plus limité comme dans le cas des interviews le long des routes, on peut poser un grand nombre de questions et obtenir de nombreux renseignements, en général, ce type d'enquête n'est pas limité à l'étude d'un projet particulier, mais porte sur l'ensemble des déplacements des ménages dans une agglomération[5].

I.2.4- DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS

On distingue quatre types de trafic:

I.2.4.1 -Trafic normal

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

I.2.4.2- Trafic dévié

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre différents moyens d'atteindre la même destination.

I.2.4.3- Trafic induit

C'est le trafic qui résulte de:

- Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
- D'une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

I.2.4.4) Trafic total

C'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévie [7].

I.2.5- CALCUL DE LA CAPACITE

• Définition de la capacité

La capacité est le nombre de véhicules qui peuvent raisonnablement passer par une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques et de Circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminée. La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

I.2.5.1- Calcul du (TJMA) horizon

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

$$TJMA_h = TJMA_o (1+\tau)^n \quad \text{Eq I.5}$$

- **TJMA_h**: le trafic à l'année horizon.
- **TJMA_o**: le trafic à l'année de référence.
- **n** : nombre d'année.
- **τ**: taux d'accroissement du trafic (%).

I.2.5.2- Calcul des trafics effectifs

C'est le trafic par unité de véhicule, il est déterminé en fonction du type de route et de l'environnement [4].

$$T_{eff} = [(1 - Z) + PZ]. TJMA_h \quad \text{Eq I.6}$$

- **T_{eff}**: trafic effectif à l'horizon en (UVP/J)
- **Z** : pourcentage de poids lourds (%).
- **P**: coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route (nombres de voies et de l'environnement).

Le tableau si dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence « P » pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristique de notre route.

Tableau I.7: Coefficient d'équivalence P [4] (B40).

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-16
Route étroite	3-6	6-12	16-24

I.2.5.3- Débit de pointe horaire normal

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il est exprimé en unité de véhicule particulier (uvp) et donné par la formule suivante :

$$Q = (1/n) \cdot T_{\text{eff}} \quad \text{Eq I.7}$$

- Q : débit de pointe horaire.
- n : nombre d'heure, (en général n=8 heures).
- T_{eff} : trafic effectif.

I.2.5.4- Débit horaire admissible

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

$$Q_{\text{adm}} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}} \quad \text{Eq I.8}$$

- K₁ : coefficient lié à l'environnement.
 - K₂ : coefficient de réduction de capacité.
 - C_{th} : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.
- Avec :

➤ Valeurs de K₁. (Tableau I.8)

Tableau I.8: Coefficient lié à l'environnement [4] (B40).

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
K ₁	0,75	0,85	0,9 à 0,95

➤ Valeurs de K₂. (Tableau I.9)

Tableau I. 9 : Coefficient de réduction de capacité [4] (B40) .

	Catégorie				
Environnement	1	2	3	4	5
E ₁	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E ₂	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E ₃	0,91	0,95	0,97	0,98	0,98

➤ **Valeurs de capacité théorique** (Tableau I.10)

Tableau I.10 : Valeur de la capacité théorique [4] (B40) .

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

I.2.5.5- Calcul du nombre des voies

- **Cas D'une Chaussée Bidirectionnelle [4] :**

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

- **Cas D'une Chaussée unidirectionnelle :**

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport [4] :

$$n = S \cdot Q / Q_{adm}$$

Eq I.9

Avec :

- S : coefficient de dissymétrie en général égal à 2/3
- Q_{adm} : débit admissible par voie.

I.2.6- APPLICATION AU PROJET

Données de trafic dans notre projet

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par la DTP de Laghouat qui sont les suivants :

- Le trafic à l'année 2016 $TJMA_{2016} = 5763$ (v/j).
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 4\%$.
- La vitesse de base sur le tracé $V_B = 120$ (km/h).
- Le pourcentage de poids lourds $PL = 25\%$.
- L'année de mise en service sera en 2021.
- La durée de vie estimée est de 20 ans.

I.2.5.1- Projection future du projet

L'année de mise en service (2021).

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

- $TJMA_h$: le trafic à l'année horizon (année de mise en service 2021).
- $TJMA_0$: le trafic à l'année de référence (origine 2016).

$$TJMA_{2021} = 5763 \cdot (1 + 0,04)^5 = 7012 \text{ (v /j)}.$$

Donc : $TJMA_{2021} = 7012$ (v /j).

Trafic a l'année (2041) pour une durée de vie de 20 ans.

$TJMA_{2041} = 7012 \cdot (1 + 0,04)^{20} = 15\,364$ (v /j).

Donc : $TJMA_{2041} = 15\,364$ (v /j).

I.2.5.2- Calcul du trafic effectif

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

- **P**:coefficient d'équivalence pour le poids lourds. Pour une route de bonnes caractéristiques et un environnement E_2 , on a **P = 6t**.
- **Z** :pourcentage de poids lourds est égale à 25 (%).

$T_{eff\,2016} = [(1 - 0,25) + (6 \times 0,25)] \times 7012 = 15778$ (uvp /j).

Donc : $T_{eff\,2016} = 15778$ (unv /j).

$T_{eff\,2041} = [(1 - 0,25) + (6 \times 0,25)] \times 15361 = 34562$ (uvp /j).

Donc : $T_{eff\,2041} = 34562$ (unv /j).

I.2.5.3-Débit de pointe horaire normale

$Q = (1/n) \cdot T_{eff}$

Avec : **(1/n)** : coefficient de pointe horaire pris est égale à 0,12.

$Q_{2016} = 0,12 \times 15788 = 1893$ (uvp/h) donc: $Q_{2016} = 1893$ (uvp/h).

$Q_{2041} = 0,12 \times 34562 = 4147$ (uvp/h) donc: $Q_{2041} = 4147$ (uvp/h).

I.2.5.4-Débit admissible

Le débit que supporte une section donnée :

$$Q_{adm} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th}$$

- **K₁** : coefficient correcteur pris égal à 0.85 pour E_2 .
- **K₂** : coefficient correcteur pris égal à 0.99 pour environnement (E_2) et catégorie (C_1).
- **C_{th}** : capacité effective par voie.

D'après B40 on adopte pour l'évitement un profil à 2 chaussées séparées.

On prend $C_{th} = 1500$ (uvp/h).

$Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 2000 = 1683$ (uvp/h)

Donc: $Q_{adm} = 1683$ (uvp/h).

I.2.5.5-Le nombre des voies

On a : $n = S \cdot Q/Q_{adm} = (2/3) \times (4147/1683) = 1.61$

On prend : **n = 2 voies /sens**

I.2.5.6- Résultats de calcul

Tableau I.11: Récapitulatif des résultats du calcul.

$TJMA_{2021}$ (v /j)	$TJMA_{2041}$ (v /j)	$T_{eff\,2041}$ (uvp/h)	Q_{2016} (uvp/h)	Q_{2041} (uvp/h)	N° des Voies Par sens
7012	15 364	34562	1893	4147	2

I.2.5.7-Calcul de l'année de saturation

On a :

$$T_{eff2016}=15778 \text{ (uvp/j)}.$$

$$Q_{2016}= 1893 \text{ (uvp/j)}.$$

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

$$Q_{\text{Saturation}}= 4 \times 1262= 5048 \text{ (uvp/j)}.$$

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

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

$$n = \log (5048 / 1893) / \log (1+0,04) = 25\text{ans}.$$

Donc l'année de saturation = 2016+25=2041

I.2.7- CONCLUSION

D'après les résultats on conclue que ce tronçon de la RN23 nécessite un dédoublement immédiat De 2x2 voies de 3,5 m de largeur avec des accotements de 3m dans chaque coté pour supporter le Trafic dans les prochaines années (**Figure I.6**).

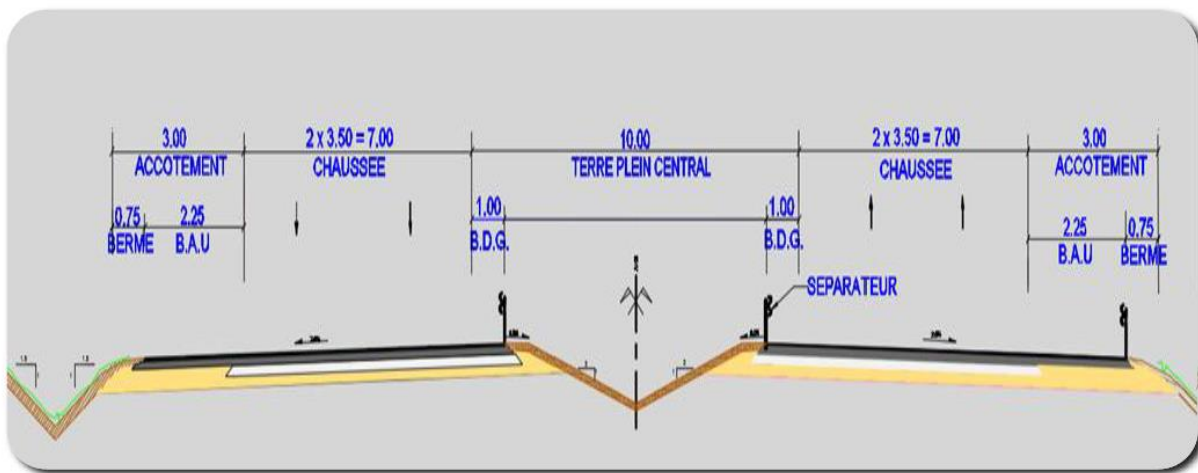


Figure I.6 : Schéma explicatif d'une Coupe transversale de la chaussée prévue.

Chapitre II :

ETUDE GEOMETRIQUE DE LA ROUTE

II.1- INTRODUCTION

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long visent, d'une part à assurer des conditions de confort relativement homogènes le long d'un axe routier et adaptées à chaque catégorie de route, en fixant notamment des caractéristiques minimales; elles visent, d'autre part, à garantir de bonnes conditions de sécurité, au moyen notamment de principes d'enchaînement des différents éléments du tracé et de principes relatifs à la visibilité.

II.2-TRACE EN PLAN

Le tracé en plan est une succession des droites reliées par des liaisons courbes. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau.

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement [4].

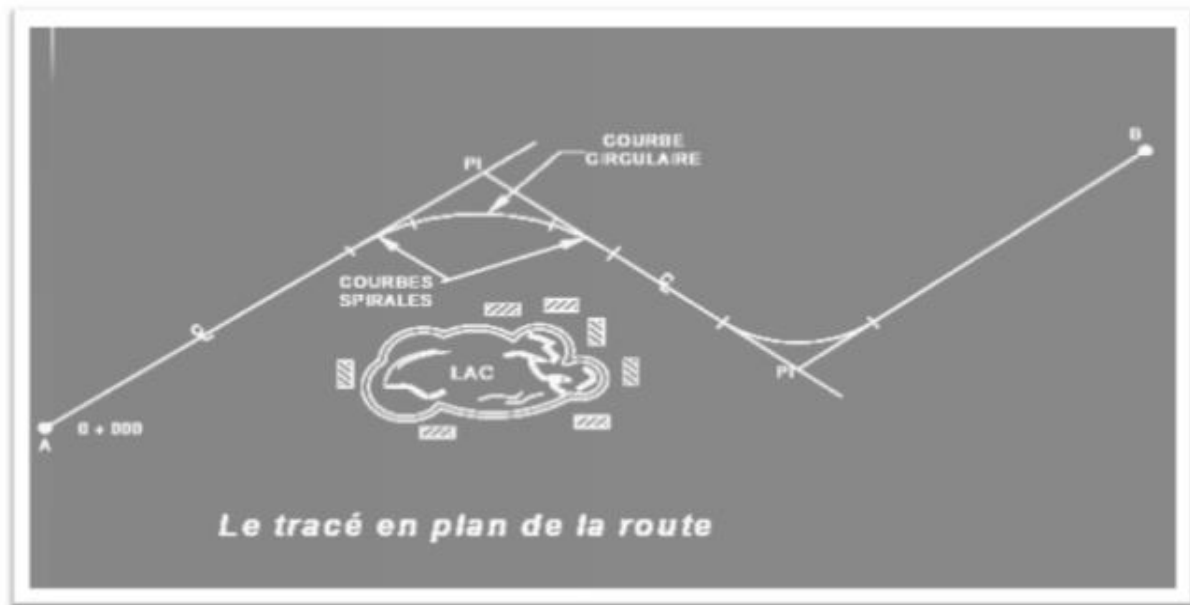


Figure II-1 :tracé en plan d'une route

II.2.1-REGLES A RESPECTER DANS LE CHOIX DU TRACE EN PLAN

- ✓ L'adaptation du tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- ✓ Eviter de passer, si possible, sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- ✓ Se raccorder au réseau routier existant.

- ✓ Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts, et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biaux.
- ✓ Remplacer deux cercles voisins de même sens et de rayons différents par un cercle unique.
- ✓ Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques (présence de failles ou des matériaux pressantant des caractéristiques très médiocres).
- ✓ Il faut toujours appliquer les rayons supérieurs au rayon minimal normal.
- ✓ Eviter les très longs alignements droits [4].

II.2.2-ELEMENTS DU TRACE EN PLAN

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

-  Des droites (alignements).
-  Des arcs de cercle.
-  Des courbes de raccordement(CR) de courbure progressives[4].

II.2.2.1-ALIGNEMENT

Pendant longtemps on a préféré le tracé rectiligne parce qu'il est le plus court, mais maintenant les longs alignements sont à proscrire, pour les raisons suivantes :

- l'éblouissement causé par les phares (conduite de nuit).
- La mauvaise adaptation de la route au paysage.
- Non esthétique.
- Ça encourage les vitesses excessives.
- **Règles à vérifier pour la longueur des alignements**

Une longueur minimale d'alignement L_{min} devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant **cinq (5) secondes** à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle[4].

$$L_{min} = 5 \times \frac{V_B}{3.6} \quad V_B: \text{vitesse de base en } km/h \quad \text{Eq II.1}$$

Une longueur maximale L_{max} est prise égale à la distance parcourue pendant **soixante (60) secondes**[5].

$$L_{max} = 60 \times \frac{V_B}{3.6} \quad V_B: \text{vitesse de base en } km/h \quad \text{Eq II.2}$$

II.2.2.2-ARC DE CERCLE

Deux alignements droits de directions différentes sont reliés par une courbe. Notre rôle est d'assurer une transition confortable et sécurisante d'un usager passant d'un alignement droit à un autre.

Pour cela, il y a lieu de choisir un rayon de la courbe assurant cette condition. Dans ce cas, trois éléments interviennent pour limiter la courbure :

- La stabilité des véhicules sous l'effet de l'accélération centrifuge.
- La visibilité dans les courbes.

On essaye de choisir les plus grands rayons possibles en évitant de descendre au-dessous du rayon minimum préconisé [4].

II.2.2.2.1- Stabilité en courbe :

Dans un virage un véhicule subit l'effet de la force centrifuge 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 [6].

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

$$RHm = \frac{v_B^2}{127.(f_t + d)} \quad \text{Eq II.3}$$

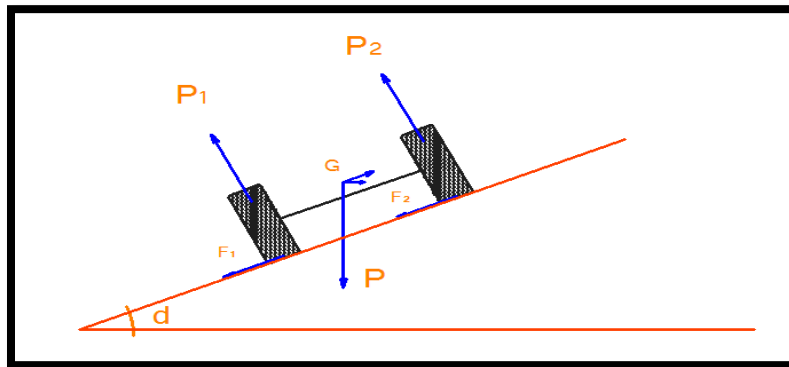


Figure II-2 : Stabilité du véhicule en courbe.

NB :

- « d » ne doit pas être trop grand (risque de glissement à faible vitesse par temps pluvieux ou verglas);
- « d » ne doit pas être trop faible pour assurer un bon écoulement des eaux.

Ceci nous conduit à la série de couples (R, d).

Au devers maximum correspond le rayon minimum absolu RHm avec :

- dmax = 6% pour les catégories (1– 2) ;
- dmax = 8% pour les catégories (3 – 4) ;
- dmax = 9% pour la catégorie 5.

Conséquences

Rayon horizontal minimal absolu :

Il est défini comme étant le rayon au devers minimum [4] :

$$RHm = \frac{V_r^2}{127 \cdot (ft + d_{max})} \quad \text{Eq II.4}$$

ft: coefficient de frottement transversal.

Vr: vitesse de référence du véhicule.

d_{max}: dévers maximal.

Rayon minimal normal :

Le rayon minimal normal (RHn) doit permettre à des véhicules dépassant V_r de 20 (km/h) de rouler en sécurité [4].

$$RHn = \frac{(V_r + 20)^2}{127 \cdot (ft + d_{max})} \quad \text{Eq II.5}$$

Rayon au dévers minimal :

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse Vr serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit[4].

Dévers associé dmin = 2.5%.

$$RHd = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{min}} \quad \text{Eq II.6}$$

Rayon minimal non déversé :

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le devers est négatif pour l'un des sens de circulation[4].

le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (RHnd).

Pour: Cat 1-2

$$RHnd = \frac{V_B^2}{127 \times 0,035} \quad \text{Eq II.7}$$

Pour : Cat 3-4-5

$$RHnd = \frac{V_B^2}{127.(f'' - 0,03)} \quad \text{Eq II.8}$$

Avec :

$f'' = 0.07$ cat 3

$f'' = 0.075$ cat 4 -5

Pour notre projet situé dans un environnement (E_2), et classé en catégorie 1 (C_1) avec une vitesse de base de 120(km/h), le règlement (B40) préconise les rayons suivants :
(voir le tableau)

Tableau -II-1 Rayons en plan et devers associés (E2- C1).

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse (km/h)	V_B	120
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	650
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5%)	1000
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5%)	2200
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5%)	3200

II.2.2.2- 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.2.2.2.3-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 [8] :

$$S = L^2 / 2R \quad \text{Eq II.9}$$

- L : longueur du véhicule (empattement +saillie avant: valeur moyenne L = 7-8m) ;
- R : rayon de l'axe de la route.

II.2.2.3- LES COURBES DE RACCORDEMENT

Le fait que le tracé soit constitué d'alignement et d'arc circulaires ne suffit pas, il faut donc prévoir des raccordements à courbure progressif, qui permettent d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires et ça pour assurer :

- La stabilité transversale du véhicule.
- Le confort des passagers du véhicule.
- La transition de la forme de la chaussée.
- Un tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

II.2.2.3.1-Type de courbes de raccordement

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée, on a retenu les trois courbes suivantes :

- ✚ Parabole cubique;
- ✚ Lemniscate;
- ✚ Clothoïde.

✚ 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).

✚ 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.

✚ 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 s'annule. La courbure de la Clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

Parcourue à vitesse constante, la Clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

Expression mathématique de la Clothoïde :

Courbure K linéairement proportionnellement à la longueur curviligne.

$$K = C.L$$

$$\text{On pose: } 1/C = A^2 \Rightarrow L.R = A^2$$

Eq II.10

Eléments de la Clothoïde:

- R : rayon de cercle.
- L : longueur de la branche de Clothoïde.
- A : paramètre de la Clothoïde.
- KA : origine de la Clothoïde.
- KE : extrémité de la Clothoïde.
- ΔR : ripage.

- τ : angle des tangentes.
- **TC** : tangente courte.
- **TL** : tangente longue.
- s : angle polaire.
- S_L : corde KE – KA.
- **M** : centre du cercle d'abscisse X_M .
- X_M : abscisse du centre du cercle de M à partir de KA.
- Y_M : ordonnée du centre du cercle M à partir de KA.

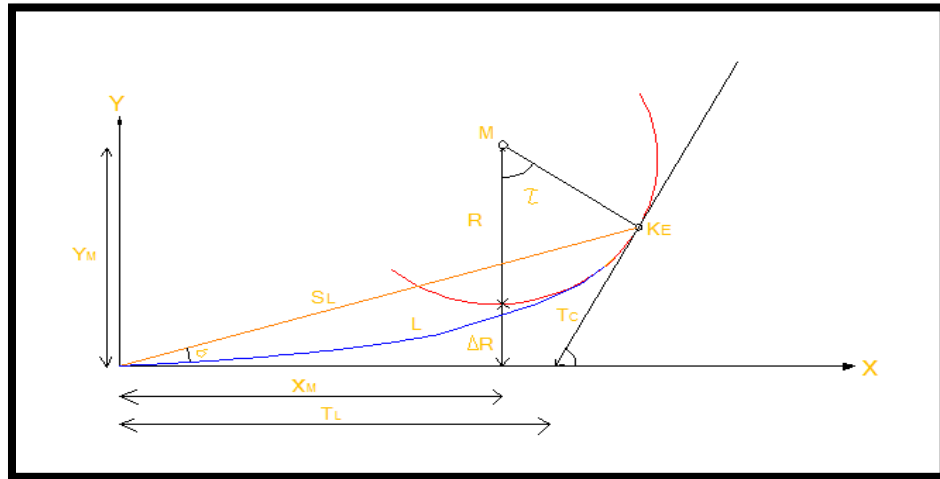


Figure-II-3 : Elément de la Clothoïde.

Le choix d'une Clothoïde doit respecter les conditions suivantes :

- **Condition optique :**

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

$$R > A \geq R/3$$

Eq II.11

Règle générale (B40):

- $R \leq 1500\text{m}$ $\Rightarrow \Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0,5 m) $L = \sqrt{24.R.\Delta R}$
- $1500 < R \leq 5000\text{m}$ $\Rightarrow L \geq R/9$.
- $R > 5000\text{m}$ $\Rightarrow \Delta R = 2,5\text{m}$ $L = 7,75 \sqrt{R}$

- **Condition de confort dynamique :**

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

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

Eq II.12

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

- **Condition de gauchissement :**

La demi chaussée extérieure au virage est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule. Le raccordement doit assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers.

A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de tel sorte que $\Delta p < 0,5/V_B$.

$$L \geq l \cdot \Delta d \cdot V_B$$

Eq II.13

- L : longueur de raccordement.
- l : largeur de la chaussée.
- Δd : variation de dévers.

Remarque

La vérification des deux conditions de gauchissement et au confort dynamique, peut se faire à l'aide d'une seule condition qui sert à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation par unité de temps, du dévers de la demi-chaussée extérieure au virage. Cette variation est limitée à 2%.

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

Eq II.14

II.2.3-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.2.3.1-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 : $d_{min} = 2.5\%$ [4].

II.2.3.2-Devers en courbe

En courbe permet de [4]:

- 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.2.3.3-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.2.3.4-Calcul des devers

Dans les alignements droits et dans les courbes de $R \geq RH_{nd}$, le devers est égal à 2.5% et pour les courbes de rayon $R < RH_{nd}$, un calcul de devers peut être fait par l'interpolation en « 1/R » [8].

$$RH_m < R < RH_n \text{ on a: } \frac{\frac{d - d_{(RH_m)}}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RH_m}}}{\frac{d_{(RH_n)} - d_{(RH_m)}}{\frac{1}{RH_n} - \frac{1}{RH_m}}} d = \frac{(d_{(RH_n)} - d_{(RH_m)})}{\frac{1}{RH_n} - \frac{1}{RH_m}} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RH_m} \right) + d_{(RH_m)}$$

$$RH_n < R < RH_d \text{ on a: } \frac{\frac{d - d_{(RH_n)}}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RH_n}}}{\frac{d_{(RH_d)} - d_{(RH_n)}}{\frac{1}{RH_d} - \frac{1}{RH_n}}} d = \frac{(d_{(RH_d)} - d_{(RH_n)})}{\frac{1}{RH_d} - \frac{1}{RH_n}} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RH_n} \right) + d_{(RH_n)}$$

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

II.2.3.5-Raccordement des devers

En alignement droit les devers sont de type unique et ont des valeurs constantes (2.5%), en courbe ils ont des valeurs supérieures (de 3 à 7%). Le raccordement des alignements droits aux courbes se fait par des Clothoïdes [8] :

- ❖ 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 D_{min} , appelée longueur de gauchissement.

$$D_{min} = \frac{5 \times \Delta d \times V_r}{36}$$

Eq II.15

- ❖ 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.2.4-CHOIX DU TRACE

Après avoir pris connaissance du rapport géologique et géotechnique, ainsi que les normes, nous allons présenter ci-dessous les idées générales qui nous guident à établir un tracé :

- chercher le plus court chemin;
- donner les plus grandes courbes en plan et en profil en long, afin de permettre une circulation rapide;
- ne pas avoir peur de sacrifier la longueur de la route à la sécurité;
- garder toujours la fondation de la route au dessus de la nappe phréatique.

Norme:

1. éviter les longs alignements droits et les remplacer par des courbes de grands rayons, le pourcentage des alignements droits est limité entre 40% et 60% de la longueur totale du tracé;
2. se raccorder au réseau routier existant;
3. respecter les normes B40 si possible.

II.2.5-PARAMETRES FONDAMENTAUX (B40) :

Pour le cas de notre projet la vitesse de base est de 120 km/h ; le tableau suivant illustre l'ensemble de la caractéristique des différents éléments.

Tableau -II-2.Paramètres fondamentaux.

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse de base (km/h)	V_B	120
Divers minimale (%)	d_{min}	2.5
Divers maximale (%)	d_{max}	7
Temps de perception réaction (s)	T_{pr}	1.8
Coefficient de Frottement longitudinal	f_l	0.1
Coefficient de Frottement transversal	f_t	0.33
Distance de freinage (m)	d_0	175
Distance d'arrêt (m)	d_1	235
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	d_m	550
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	d_n	800
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	d_{md}	425
Distances de sécurité entre deux véhicules (m)	d	68

II.2.5-CALCUL DE L'AXE MANUELLEMENT

Le calcul de l'axe est l'opération par lesquelles toute étude d'un projet routier doit commencer, elle consiste à calculer l'axe de la route, point par point, du début de projet jusqu'à la fin de celui-ci en déterminant les coordonnées de ces points et les gisements des directions.

Le calcul de l'axe se fait à partir d'un point fixe dont on connaît ces coordonnées; il doit suivre les étapes suivantes :

- Calcul des gisements ;
- Calcul l'angle γ entre les alignements ;
- Calcul de la tangente **T** ;
- Calcul de la corde polaire **S_L** ;
- Vérification de non- chevauchement ;
- Calcul de l'arc en cercle ;
- Calcul des coordonnées de points particuliers ;
- Calcul de kilométrage des points particuliers.

II.2.5.1-Exemple de calcul du tracé en plan :

Pour illustrer notre travail de calcul d'axe, il nous semble qu'il est intéressant de détailler au moins un calcul d'une liaison de notre axe.

Raccordement avec Clothoïde

Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé sont comme suit:

Tableau -II-3.coordonnees de rayon

V_B =120km/h	x(m)	Y(m)	R₁(m)
S₁ (P₁)	721520.235	3979989.028	2000
S₂ (P₂)	722220.161	3979554.968	
S₃ (P₃)	722425.660	3979421.644	

Détermination de A :

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

Détermination de L :

1. Condition de confort optique :

$$R/3 < A < R$$

$$\Rightarrow 2000/3 < A < 2000$$

$$\Rightarrow 666.7 < A < 2000$$

Pour les rayons compris entre 1000m et 2000m

On prend $\Delta R = 1m$

- $L = \frac{R}{9}$

$$L = 2000/9 = 222\text{m}$$

On prend $L = 222\text{m}$

2. Condition de confort dynamique

$$R_{Hn} < R < R_{Hd}$$

$$1000 < 2000 < 2200$$

$$\Delta d = d + 2.5$$

$$d = d_{\min} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}} \right) \frac{d_{\min} - d_{RHN}}{\frac{1}{R_{Hd}} - \frac{1}{R_{HN}}} \Rightarrow d = 2.5\%$$

$$\Delta d = 2.5 - 2.5 = 0$$

- $L = \frac{v_f^2}{18} \left(\frac{v_f^2}{127 \times R} - \Delta d \right)$

$$L = 213\text{m}$$

On prend $L = 215\text{m}$

3. Condition de gauchissement

$$\Delta d = 2.96\% + 2.5\% = 5.46\%$$

- $L = \frac{5 \times \Delta d \times v_f}{36}$

$$L = 5 \times 5.46 \times 120 / 36 = 91\text{m}$$

donc on aura: $L \geq 222\text{m}$

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

$$A = \sqrt{L \cdot R} = 667$$

❖ Calcul de ΔR :

$$\Delta R = \frac{L^2}{24 \times R} = \frac{222^2}{24 \times 2000} \Rightarrow$$

$$\Delta R = 1.02\text{m}$$

On prend $\Delta R = 1\text{m}$

❖ 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.

$$G_{S1}^{S2} = \arctg\left(\frac{|\Delta x|}{|\Delta y|}\right) \Rightarrow G_{S1}^{S2} = \arctg\left(\frac{|722220.161 - 721520.235|}{|3979554.968 - 3979989.028|}\right)$$

$$G_{S1}^{S2} = 58.14\text{gr}$$

$$G_{S2}^{S3} = \arctg\left(\frac{|\Delta x|}{|\Delta y|}\right) \Rightarrow G_{S2}^{S3} = \arctg\left(\frac{|722425.660 - 722220.161|}{|3979421.644 - 3979554.968|}\right)$$

$$G_{S2}^{S3} = 57.01\text{ gr}$$

❖ Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{S1}^{S2} - G_{S2}^{S3}| = 1.13\text{ gr} \Rightarrow \gamma = 1.13\text{gr}$$

❖ Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2 \cdot R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{222}{2 \cdot 2000} \times \frac{200}{\pi} = 3.53\text{ gr} \Rightarrow \tau = 3.53\text{ gr}$$

❖ Vérification de non chevauchement :

$$\tau = 3.53\text{ gr}$$

$$\gamma/2 = 1.13/2 = 0.565\text{gr} \text{ D'où : } \gamma/2 < \tau \Rightarrow$$

Pas de chevauchement

❖ Calcul des distances :

$$\overline{s1 s2} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{(1217.22)^2 + (77.177)^2} = 823.6\text{m}$$

$$\overline{s2 s3} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = \sqrt{(432.7192)^2 + (594.332)^2} = 244.78\text{m}$$

❖ Calcule de l'abscisse du centre du cercle :

$$X_m = \frac{A^2}{2 \cdot R} = \frac{L}{2} = 111\text{m}$$

❖ Abscisse de KE :

$$x = L \left(1 - \frac{L}{40 \cdot R^2}\right) = 222\text{m}$$

❖ Origine de KE :

$$Y = \frac{L^2}{6 \cdot R} = 4.1\text{m}$$

❖ **Calcule de la tangente :**

$$T = X_m + (R + \Delta R) \operatorname{tg}\left(\frac{Y}{2}\right), \text{ On a: } L/R = 0.11$$

$$\text{Donc : } T = 111 + (2000+1) \cdot \operatorname{tg}(0.56) = 130.56\text{m}$$

❖ **Calcul des Coordonnées SL :**

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{(222)^2 + (4.1)^2} = 222.03\text{m}.$$

❖ **Calcul de σ :**

$$\sigma = \operatorname{arctg}\left(\frac{y}{x}\right) = \operatorname{arctg}\left(\frac{4.1}{222}\right) = 1.06\text{gr}.$$

❖ **Calcul de l'arc :**

$$\alpha = |\gamma - 2\tau| = |1.13 - 7.06| = 5.93\text{gr}.$$

$$K_{E1}K_{E2} = \frac{R \cdot \pi \cdot \alpha}{200} = \frac{2000 \times \pi \times 5.93}{200} = 186.202.$$

❖ **Calcul des coordonnées des points singuliers :**

•

$$X_{KA1} = X_{S1} + (\overline{s1 s2} - T) \sin(G_{S1}^{S2}) = 722108.86\text{m}.$$

$$Y_{KA1} = Y_{S1} + (\overline{s1 s2} - T) \cos(G_{S1}^{S2}) = 3980349.4\text{m}.$$

•

$$X_{KA2} = X_{S2} + T \sin(G_{S2}^{S3}) = 722328.52\text{m}.$$

$$Y_{KA2} = Y_{S2} + T \cos(G_{S2}^{S3}) = 3979615.46\text{m}.$$

•

$$X_{KE1} = X_{KA1} + SL \sin(G_{S1}^{S2} - \sigma) = 763493.44\text{m}.$$

$$Y_{KE1} = Y_{KA1} + SL \cos(G_{S1}^{S2} - \sigma) = 4007142.78\text{m}.$$

•

$$X_{KE2} = X_{KA2} - SL \sin(G_{S2}^{S3} + \sigma) = 680487.18\text{m}.$$

$$Y_{KE2} = Y_{KA2} - SL \cos(G_{S2}^{S3} + \sigma) = 3953541.11\text{m}.$$

II.3. PROFIL EN LONG

II.3.1- 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.3.2- 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.3.3- COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET 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.3.4- DECLIVITES

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente !) et de confort (puissance des véhicules en rampe).

Autrement dit la déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

II.3.4.a) Déclivité minimum

La stagnation des eaux sur une chaussée étant très préjudiciable à sa conversation et à la sécurité, donc il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieure à 0.5 %, pour éviter la stagnation des eaux.

II.3.4.b) Déclivité maximum

Il est recommandable d'éviter la déclivité maximum qui dépend de :

- Condition d'adhérence.
- Vitesse minimum de PL.
- Condition économique.

La pente maximum du projet sera inférieure ou égale à ($i_{max} = 4\%$) dans le franchissement de la côtière.

Nota :

Selon le B-40 on a :

Tableau II.4.Variation de la pente maximale en fonction de la vitesse de base

V_r Km/h	40	60	80	100	120	140
I_{max} %	8	7	6	5	4	4

II.3.5- RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG

Deux déclivités de sens contraires doivent se raccorder en profil en long par une courbe. Le rayon de raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort des usagers et la visibilité satisfaisante.

Et on distingue deux types de raccordements :

II.3.5.a) Raccordements convexes (angle saillant) :

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

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

✓ Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à « $g/40$ (cat 1-2) et $g/30$ (cat 3-4-5) », le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

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

D'où :

$$R_v = 0,3 V_B^2 \quad (\text{cat 1-2})$$

Eq II.16

✓ Condition de visibilité :

Une considération essentielle pour la détermination du profil en long est l'obtention d'une visibilité satisfaisante.

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 par la formule suivante :

$$R_v \geq \frac{d^2}{2(h_a + h_g + 2 \times \sqrt{h_a h_g})} \approx 0.27 d^2$$

Eq II.17

d : Distance de visibilité nécessaire (m)

h_a : Hauteur de l'œil au dessus de la chaussée = 1.10 m

h_g : Hauteur de l'obstacle = 1.20 m

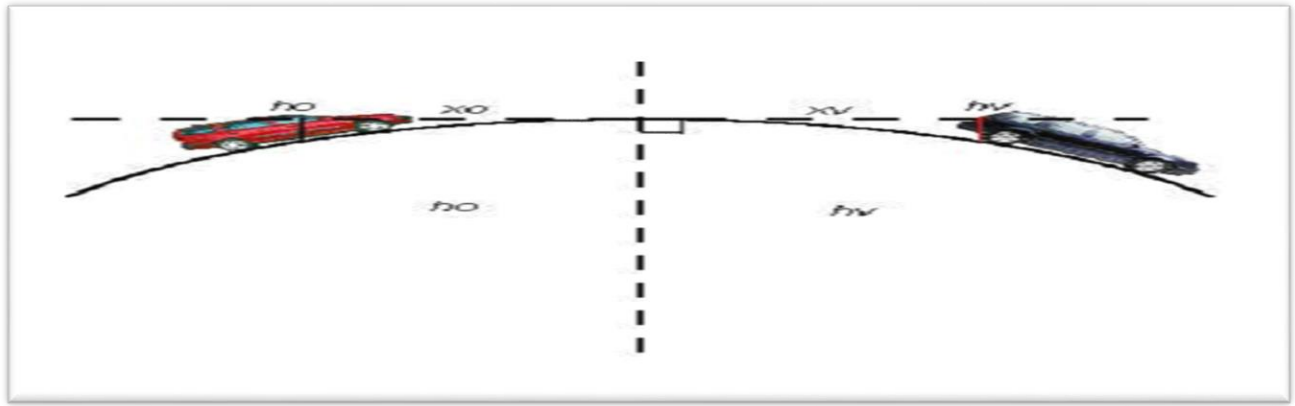


Figure II.4 : Visibilité en raccordement convexes

II.3.5.b) Raccordements concaves (angle rentrant) :

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

Eq II.18

$$R'_V = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.035d_1)}$$

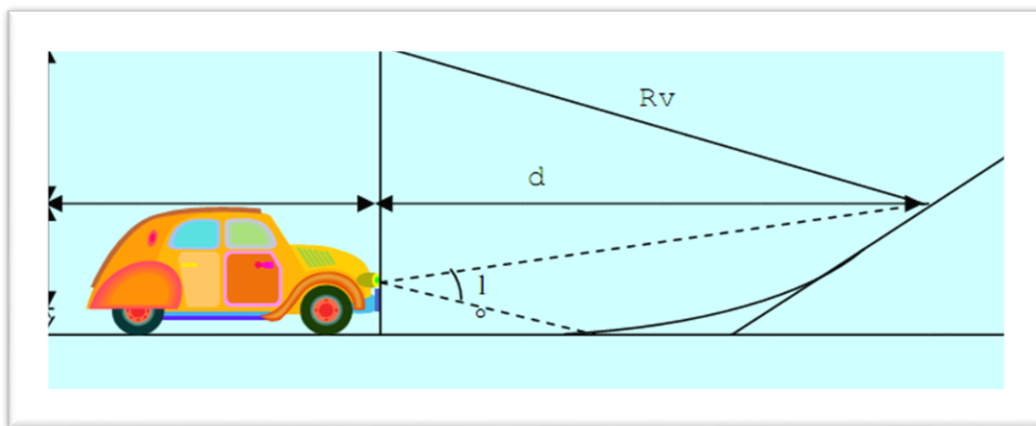


Figure II.5: Visibilité en raccordement concaves

II.3.6- CARACTERISTIQUE DES RAYONS VERTICAUX**Tableau II.5: Caractéristique des rayons verticaux [4].**

Catégorie		C1
Environnement		E1
Vitesse (km/h)		120
Rayon en angle saillant  RV	Route bidirectionnelle (2x2voies)	
	Rvm2 (minimal absolu) en m	12000
	RVN2 (minimal normal) en m	18000
Rayon en angle rentrant  RV	Route bidirectionnelle (2x2voies)	
	Rvm2 (minimal absolu) en m	4200
	RVN2 (minimal normal) en m	6000
Déclivité maximale I _{max} (%)		4%

II.3.7- DETERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG

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

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

À l'équation de la parabole :

$$X^2 - 2 RY = 0 \rightarrow Y = X^2 / 2 R$$

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

- Déterminer les coordonnées (abscisse, altitude) les points A, D.
- Déterminer la pente P_1 de la droite (AS).
- Déterminer la pente P_2 de la droite (DS).
- Déterminer le rayon R.

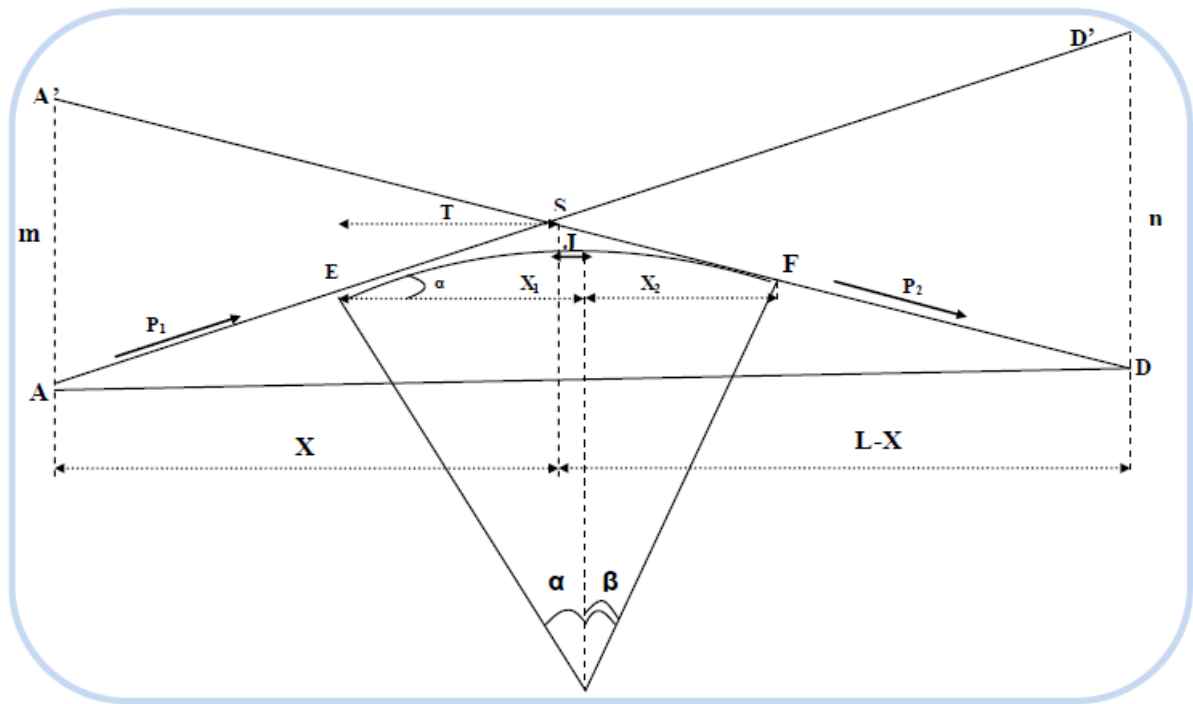


Figure II.6 : Courbe du profil en long

II.3.7.1-Détermination de la position du point de rencontre (s) :

$$Z_{A'} = Z_A + L \cdot P_2 \quad , \quad m = Z_{A'} - Z_A$$

$$Z_{D'} = Z_D + L \cdot P_1 \quad , \quad n = Z_{D'} - Z_D$$

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

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

$$S \left\{ \begin{array}{l} X_S = x + x_A \\ Z_S = P_1 \cdot x + z_A \end{array} \right.$$

II.3.7.2-Calcul de la tangente :

$$T = \frac{R}{2} |P_1 - P_2| \quad \text{Eq II.19}$$

On prend (+) pour les rampes et (-) pour les pentes.

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

$$E \left\{ \begin{array}{l} X_E = x_S - T \\ Z_E = Z_S - T \cdot P_1 \end{array} \right.$$

$$F \left\{ \begin{array}{l} X_F = x_S + T \\ Z_F = Z_S + T.P_2 \end{array} \right.$$

II.3.7.3-Projection horizontale de la longueur de raccordement

$$LR=2T$$

Eq II.20

II.3.7.4-Calcul de la flèche

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

Eq II.21

II.3.7.5-Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur lacourbe

$$M \left\{ \begin{array}{l} H_M = \frac{X^2}{2R} \\ Z_M = Z_E + X.P_1 - \frac{X^2}{2R} \end{array} \right.$$

II.3.7.5- Calcul des cordonnées du sommet de la courbe

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

$$J \left\{ \begin{array}{l} X_J = X_E + R.P_1 \\ Z_J = Z_E + X_1.P_1 - \frac{X_1^2}{2R} \end{array} \right.$$

$$\begin{array}{l} \text{Avec : } X_1 = R.P_1 \\ X_2 = R.P_2 \end{array}$$

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

II.3.8-EXEMPLE DE CALCUL DE PROFIL EN LONG

II.3.8.1- Cas d'un Raccordements convexes :

R=15000 m

$$A: \begin{cases} S_A = 0.000\text{m} \\ Z_A = 1431.970\text{m} \end{cases}$$

$$S: \begin{cases} S_s = 133.0558m \\ Z_s = 1432.63467m \end{cases}$$

$$D: \begin{cases} S_D = 387.1130m \\ Z_D = 1431.36441m \end{cases}$$

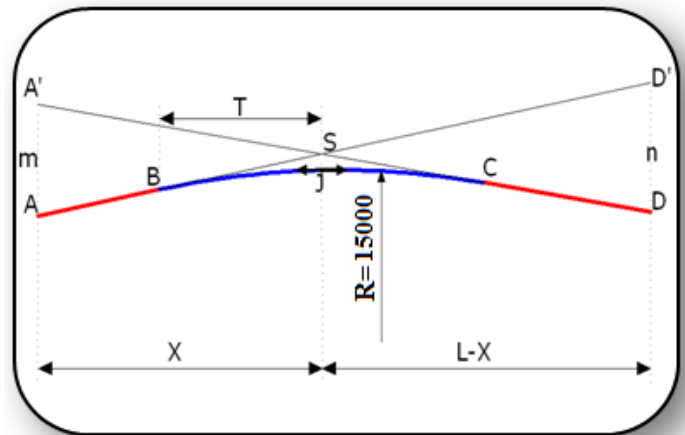


Figure II.7 :exemple de courbe convexe

✓ **Calcul des pentes :**

$$i_1 = |(Z_S - Z_A) / (S_S - S_A)| = |(1432.63467 - 1431.970) / (133.0558 - 0.000)|$$

$$i_1 = 0.5\%$$

$$i_2 = \left| (Z_S - Z_D) / (S_S - S_D) \right| = \left| (1432.63467 - 1431.36441) / (133.0558 - 387.1130) \right|$$

$i_2 = -0.5\%$

✓ Calcul des tangentes :

$$T = (|i_1| + |i_2|) \times R/2 = (|0.5\%| + |-0.5\%|) \times 15000/2 = 75 \text{ m.}$$

✓ Calcul des flèches :

$$H = T^2 / 2R = (75)^2 / (2 \times 15000) = 0.1875.$$

✓ **Calcul des coordonnées des points de tangentes :**

✚ Calcul des coordonnées du point B:

$$\begin{cases} S_B = S_S - T = 133.0558 - 75 = 58.0558 \text{ m.} \\ Z_B = Z_S - T \times |i_1\%| = 1432.63467 - 75 \times |0.5\%| = 1432.26 \text{ m.} \end{cases}$$

➤ Calcul des coordonnées du point C :

$$\begin{cases} S_C = S_S + T = 133.0558 + 75 = 208.0558 \text{ m} \\ Z_C = Z_S - T \times |i_2\%| = 1432.63467 - 75 \times |-0.5\%| = 1432.26 \text{ m.} \end{cases}$$

✓ **Calcul de la longueur de la courbe :**

$$L=2 \times T=2 \times 75=150 \text{ m.} \Rightarrow L=150 \text{ m}$$

II.3.8.2-Cas d'un Raccordements concave :**R= 4000 m**

$$A : \begin{cases} S_A = 7162.2252 \text{ m} \\ Z_A = 1380.26661 \text{ m} \end{cases}$$

$$S : \begin{cases} S_S = 7420.7130 \text{ m} \\ Z_S = 1364.75712 \text{ m} \end{cases}$$

$$D : \begin{cases} S_D = 7653.1394 \text{ m} \\ Z_D = 1358.9465 \text{ m} \end{cases}$$

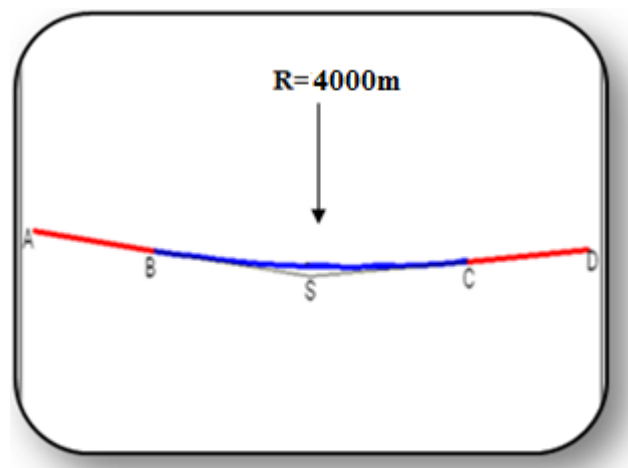


Figure II.8 :exemple de courbe concave

✓ **Calcul des pentes :**

$$i_1 = \left| (Z_S - Z_A) / (S_S - S_A) \right| = \left| (1364.75712 - 1380.26661) / (7420.7130 - 7162.2252) \right| = -6\%.$$

$$i_1 = -6\%$$

$$i_2 = \left| (Z_S - Z_D) / (S_S - S_D) \right| = \left| (1364.75712 - 1358.9465) / (7420.7130 - 7653.1394) \right| = -2.5\%.$$

$$i_2 = -2.5\%$$

✓ **Calcul des tangentes :**

$$T = (|i_1| + |i_2|) \times R / 2 = (|-6\%| + |2.5\%|) \times 4000 / 2 = 70 \text{ m.}$$

✓ **Calcul des flèches :**

$$H = T^2 / 2R = (70)^2 / (2 \times 4000) = 0.613 \text{ m.}$$

✓ **Calcul des coordonnées des points de tangentes :**✚ **Calcul des coordonnées du point B :**

$$\begin{cases} S_B = S_S - T = 7420.7130 - 70 = 7350.713 \text{ m} \\ Z_B = Z_S + T \times |i_1\%| = 1364.75712 + 70 \times |-6\%| = 1368.9571 \text{ m} \end{cases}$$

✚ Calcul des coordonnées du point C :

$$\begin{cases} S_C = S_s + T = 7420.7130 + 70 = 7490.713 \text{ m} \\ Z_C = Z_s - T \times |i_2\%| = 1364.75712 - 70 \times |-2.5\%| = 1363.007 \text{ m} \end{cases}$$

✓ **Calcul de la longueur de la courbe :**

$$L = 2 \times T = 2 \times 70 = 140 \text{ m.} \quad \Rightarrow \quad L = 140 \text{ m}$$

II.4- PROFIL EN TRAVERS

II.4.1 –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 établit tout 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.4.2- ELÉMENTS DU PROFIL EN TRAVERS

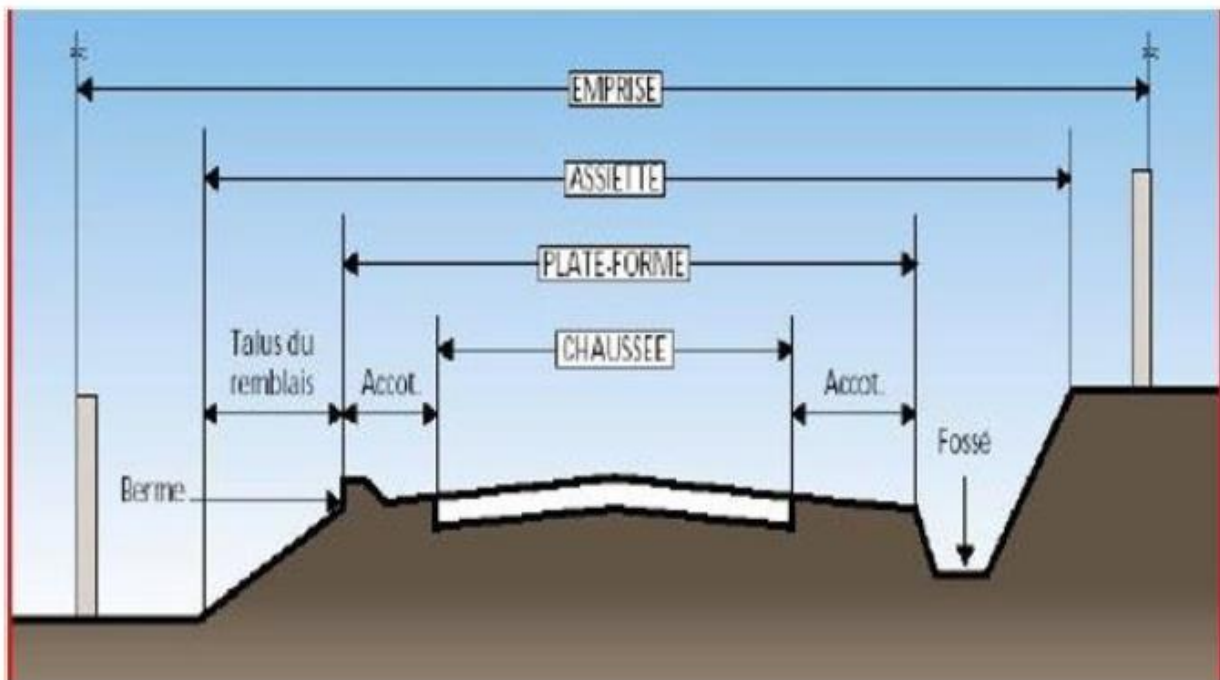


Figure II.9 : Eléments constitutifs du profil en travers type.

- **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 matérielles 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 autre 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

appelée banquette. De nos jours les banquettes sont remplacées par des glissières de sécurité.

- **Descentes de l'eau:** Elles permettent l'évacuation des eaux de ruissellement le long des talus de remblai ou de déblai.

II.4.3- CLASSIFICATION DU PROFIL EN TRAVERS

Ils existent deux types de profil :

- ✓ Profil en travers type.
- ✓ Profil en travers courant.

II.4.3.1- Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou d'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 côte du projet, permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

II.4.3.2- Le profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulières (10, 15, 20,25m...).qui servent à calculer les cubatures.

II.4.4- APPLICATION AU PROJET

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour l'évitement sera composé de deux chaussées unidirectionnelles.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- ✓ deux chaussées de deux voies de 3.5m chacune : $(2 \times 3.5) \times 2 = 14.00\text{m}$.
- ✓ un terre-plein central de 10 m : 10.00m.
- ✓ accotement de 3.00m : $2 \times 3 = 6.00\text{m}$.

II.5- CUBATURES

II.5.1 – 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.5.2-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.5.3- 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 simplifie 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.

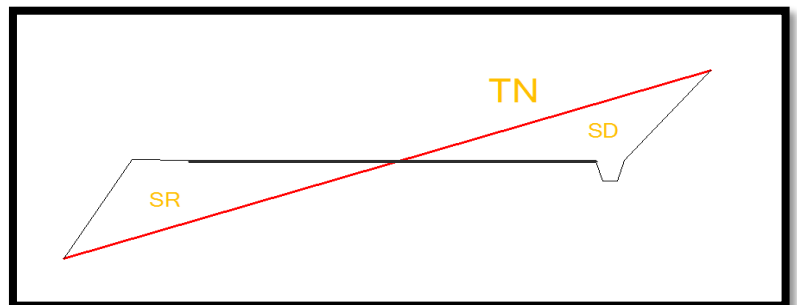


Figure II-10 : surface de déblai et remblai.

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 Naturelle;
- **SD** : Surface Déblai;
- **SR** : Surface Remblai.

II.5.3.1 La formule de SARRAUS :

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

$$V = \frac{L}{6} (S_1 + S_2 + 4 \times S_{MOY}) \quad \text{Eq II.22}$$

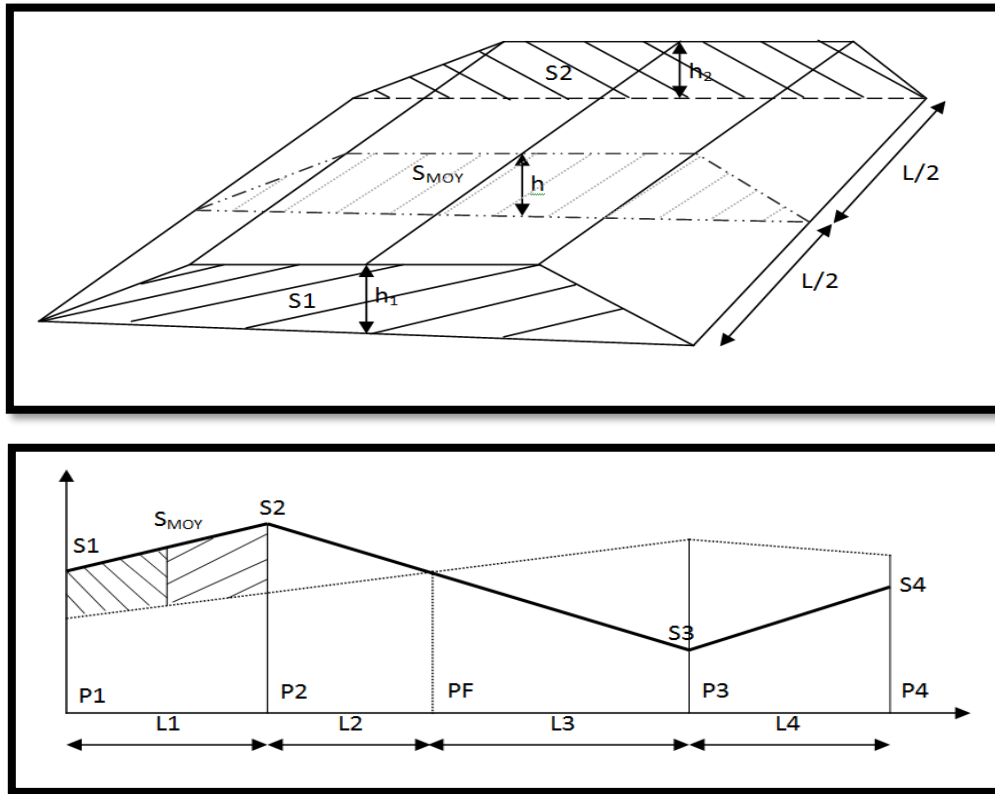


Figure II-11 : Méthode de la moyenne des aires.

- **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 très voisines les deux expressions S_{MOY} et $(S_1+S_2)/2$; Ceci donne :

$$V_i = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1}) \quad \text{Eq II.23}$$

Donc les volumes seront :

$$\begin{aligned} \text{Entre } P1 \text{ et } P2 : \quad V_1 &= \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2) & ; & \quad \text{Entre } P2 \text{ et } PF : \quad V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0) \\ \text{Entre } PF \text{ et } P3 : \quad V_3 &= \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3) & ; & \quad \text{Entre } P3 \text{ et } P4 : \quad V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4) \end{aligned}$$

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

$$V = \frac{L_1}{2} S_1 + \frac{L_1+L_2}{2} S_2 + \frac{L_2+L_3}{2} \times 0 + \frac{L_3+L_4}{2} S_3 + \frac{L_4}{2} S_4$$

II.5.3 .2-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.

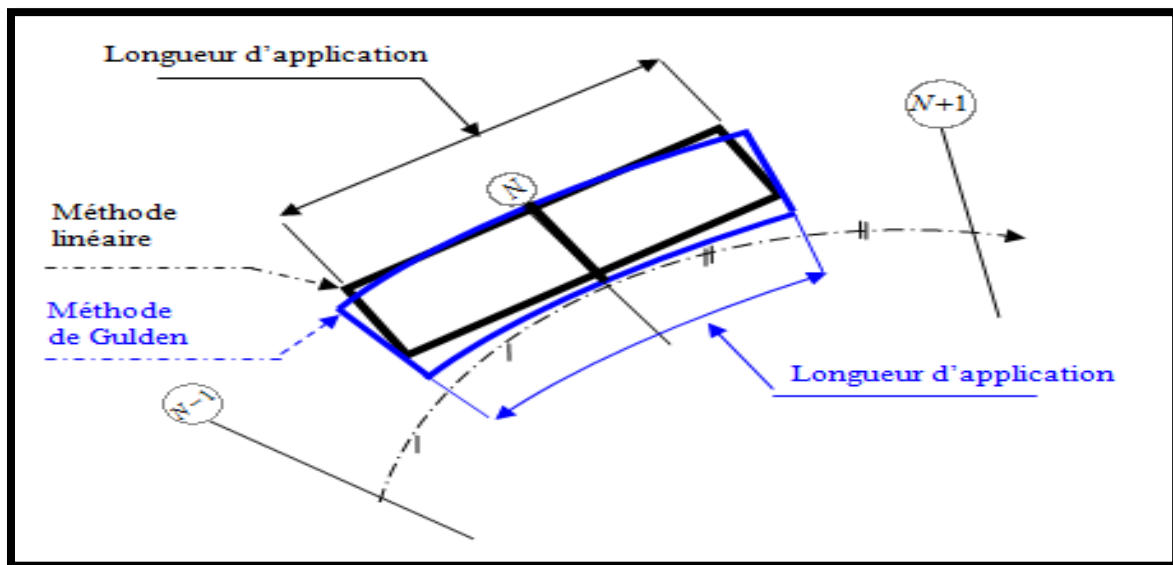


Figure II.12 : La méthode linéaire et Méthode GULDEN

II.5.3 .3-Méthode linéaire :

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

II.5.4- 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: $VD = 291077m^3$.

-Le volume de remblai est de: $VR = 95430m^3$.

II.6- CONCLUSION

Dans cette partie d'étude, on s'est essentiellement intéressé à l'étude géométrique du tronçon de la route sur la base les 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 PISTE et l'AUTOCAD.

Chapitre III :

Etude géotechnique de la route

III.1- ETUDE GEOTECHNIQUE

III.1.1- INTRODUCTION

Les études géotechniques sont nécessaires pour mesurer dès l'avant projet sommaire, l'incident des choix de profil en long et d'une manière générale du tracé en terme de coût. On peut dire aussi que la géotechnique est une science empirique qui se fait en partie sur les données recueillies lors d'essais en laboratoire et sur terrain.

L'étude géotechnique du site s'est basée essentiellement sur la description géomorphologique et lithologique, l'interprétation des mouvements gravitaires et l'estimation des tassements, le recensement des gîtes à matériaux et en fin le dimensionnement de la chaussée [9].

III.1.2- OBJECTIFS PRINCIPAUX D'UNE ETUDE GEOTECHNIQUE

L'étude géotechnique a pour but :

- ✓ au stade des études, de bien définir le projet : optimisation du mouvement des terres, dimensionnement du corps de chaussée, choix des matériaux, etc.
- ✓ au stade de l'exécution, de réaliser les travaux avec le minimum d'aléas possibles : choix des moyens et des matériels adaptés à la nature des sols rencontrés et méthode d'exécution.

III.1.3-LES DIFFERENTS ESSAIS AU LABORATOIRE

Les essais réalisés en laboratoire sont[10]:

- ✓ Analyse granulométrique;
- ✓ Equivalent de sable;
- ✓ Limites d'Atterberg;
- ✓ Essai PROCTOR;
- ✓ Essai CBR;
- ✓ Essai Los Angeles;
- ✓ Essai Micro Deval.

Le calcul de l'épaisseur des chaussées souples nécessitera des prélèvements destinés à des essais CBR en laboratoire.

Les essais seront faits à différentes teneurs en eau et énergies de compactage, afin d'apprécier la stabilité du sol aux accidents lors des terrassements, ces essais seront précédés d'essai PROCTOR.

III.1.3.1-Analyse granulométrique

C'est un essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leurs dimensions ou grosseurs.

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique; cette analyse se fait, en général, par un tamisage [11].

Suivant la dimension des particules, les dénominations suivantes ont été adoptées :

$d < 2\mu\text{m}$	—————→	argile
$2\mu\text{m} \leq d < 20\mu\text{m}$	—————→	limon

$20\mu\text{m} \leq d < 200\mu\text{m}$	—————→	sable fin
$0,2\text{mm} \leq d < 2\text{mm}$	—————→	sable grossier
$2\text{mm} \leq d < 20\text{mm}$	—————→	gravier
$20\text{mm} \leq d < 50\text{mm}$	—————→	cailloux
$d \geq 50\text{mm}$	—————→	blocs

L'analyse granulométrique est réalisée par tamisage pour les particules de dimension Supérieure à $80\mu\text{m}$ et par sédimentométrie pour les « fines » de dimension inférieure à $80\mu\text{m}$.

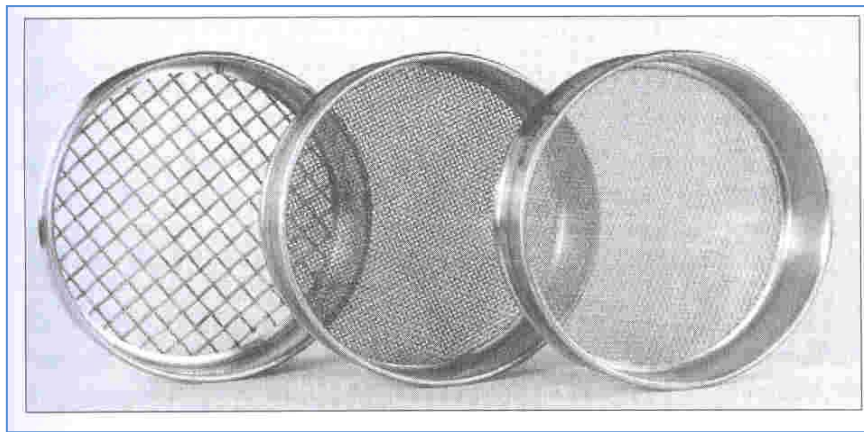


Figure III-1: Schématisation de la colonne de tamis

La courbe granulométrique permet de calculer C_u et C_c dans le but de classer le sol.

$$\left\{ \begin{array}{l} C_c = D_{302} / D_{10} \cdot D_{60} \\ C_u = D_{60} / D_{10} \end{array} \right.$$

C_c : coefficient de courbure;

C_u : coefficient d'informité.

- ✓ Un sol est dit « bien gradué » si $C_u \geq 4$ et $1 \leq C_c < 3$
- ✓ Un sol est dit « à granulométrie uniforme » si $C_u < 2$
- ✓ Un sol est dit « à granulométrie étalée » si $C_u > 2$

III.1.3.2-Equivalent de sable

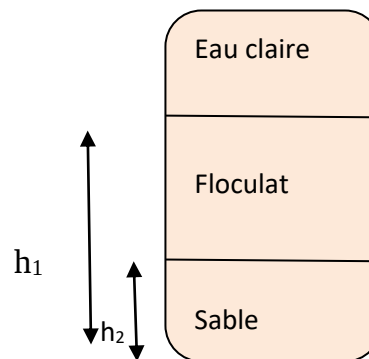
Il est utilisé pour des sols contenant peu d'éléments fins et faiblement plastiques. Il s'effectue sur la fraction inférieure à 2 ou 5 mm. On place un volume donné de l'échantillon dans une éprouvette graduée dans laquelle on verse un mélange d'eau et de solution flocculant destinée à mettre en suspension et à faire gonfler les particules argileuses. Après agitation normalisée, on laisse reposer, puis on mesure la hauteur h_2 du sable et la hauteur h_1 du sommet du flocculat.

On calcule ensuite :

$$ES = 100 \times \frac{h_2}{h_1}$$

ES = 0 : Argile pure.

ES = 40 : Sol peu plastique.



ES = 100 : sable pure.

III.1.3.4- Limites d'Atterberg

Lorsqu'on fait croître progressivement la teneur en eau d'un sol préalablement séché et pulvérisé, il passe d'un état solide ou très consistant à rupture fragile à un état plastique (grandes déformations sans rupture) puis à l'état liquide.



Figure III-2: Schématisation de l'appareil de Casagrande

Les propriétés du sol sont caractérisées par deux seuils de teneur en eau :

a. la limite de liquidité w_L :

Qui marque le passage de l'état quasi liquide à l'état plastique. Elle est mesurée à l'aide de la coupelle de Casagrande dans laquelle on place une certaine quantité de sol à une teneur en eau déterminée.

Une rainure est pratiquée sur toute l'épaisseur du sol. Par des chocs normalisés, on amène la rainure à se refermer. La limite de liquidité est la teneur en eau qui correspond à sa fermeture en 25 chocs.

b. La limite de plasticité w_P :

Qui est la teneur en eau à partir de laquelle le sol commence à s'émietter lorsqu'on le roule en fils de faible diamètre (environ 3 mm).

On définit alors l'indice de plasticité:

$$IP = wL - wP$$

Cet indice est d'autant plus élevé que le matériau est plus « plastique », au sens commun du terme comme du point de vue de son comportement en cours de terrassement.

La classification décrite ci-après distingue les seuils suivants [11]:

$IP < 12$	→	faiblement argileux.
$12 \leq IP < 25$	→	moyennement argileux.
$25 \leq IP < 40$	→	argileux.
$IP \geq 40$	→	très argileux.

III.1.3.5- Essai PROCTOR

L'essai PROCTOR est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau; il a donc pour but de déterminer une teneur en eau afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol prévu pour l'étude, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum PROCTOR »[11].

L'essai est répété plusieurs fois de suite pour des échantillons portés à des teneurs en eau croissantes (4%,6%,10% ,14%).

Deux variantes de l'essai Proctor sont couramment pratiquées.

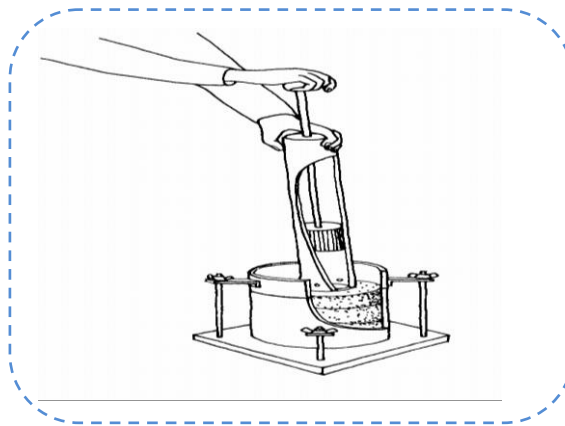


Figure III-3: Essai Proctor

L'essai **Proctor normal** rend assez bien compte des énergies de compactage pratiquées pour les remblais.

Dans l'essai **Proctor modifié**, le compactage est beaucoup plus poussé et correspond aux énergies mises en œuvre pour les couches de forme et les couches de chaussée.

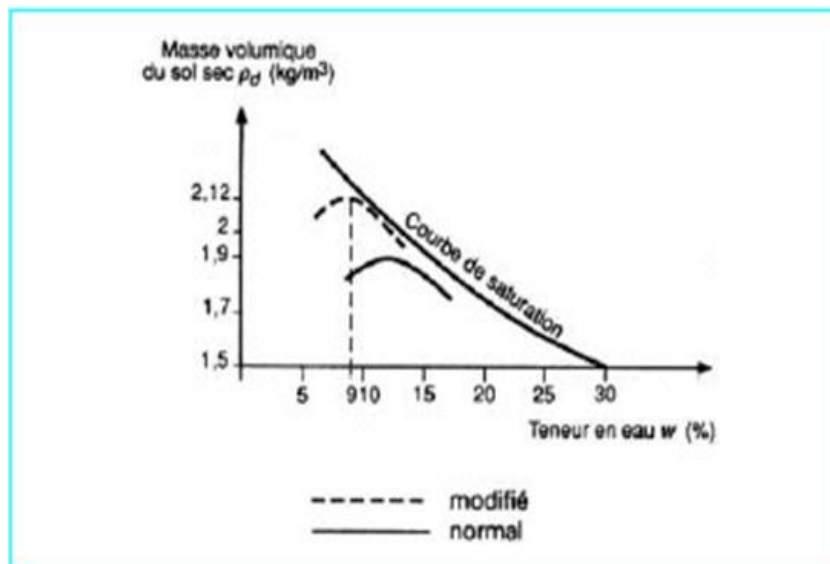


Figure III-4: Exemple du courbe normal et modifie

Ordre de grandeur :

Sur les chantiers de stabilisation, on exige, en général, des densités sèches égales à 90% à 95 % de la densité sèche maximum déterminée à l'essai Proctor.

Exploitation des résultats :

- ✓ Il est très important d'avoir, au moment de compactage, une teneur en eau voisine de la teneur optimum.
- ✓ En période pluvieuse, la teneur en eau du sol naturel est généralement supérieure à la teneur en eau optimum; il faut aérer le sol pour le faire sécher ou attendre une période plus sèche.
- ✓ En période sèche, les rapports d'eau sont importants.

(la teneur en eau optimum varie entre 6 et 12%, selon la nature du sol et l'engin de compactage utilisé).

III.1.3.6-Essai C.B.R (California Bearing Ratio)

a. But de l'essai :

Le but de cet essai est d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner la chaussée et orienter les travaux de terrassements, et déterminer l'indice I_{CBR} [12].

b. Définition :

L'indice CBR (I_{CBR}) exprime en % le rapport entre les pressions produisant, dans le même temps, un enfoncement donné dans le sol étudié, d'une part, et dans un matériau type, d'autre part (grave concassée).

c. Principe de l'essai :

L'indice CBR est déterminé pour des sols à vocation routière de manière purement empirique.

Après avoir compacté le matériau dans les conditions de l'essai Proctor modifié, on lui applique les conditions hydriques prévues :

- ✓ Immersion pendant 4 jours dans l'eau;
- ✓ Immersion pendant 2 jours dans l'eau;
- ✓ Pas d'immersion :essai immédiat.

Le matériau à étudier étant placé dans un moule dans un état donné de densité et de teneur en eau, on applique ensuite une charge voisine de ce que sera la charge de service, puis on le poinçonne par un piston, tout en mesurant les efforts et déplacements résultant.

Tableau. III.1 :Interprétation d'essai CBR

ICBR	Portance du sol
< 3	Mauvaise
3 à 8	Médiocre
8 à 30	Bonne
> 30	Très bonne

III.1.3.7-Essai Los Angeles

Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements réciproques dans la machine dite « Los Angeles ».

L'essai consiste à mesurer la masse P2 d'éléments inférieurs à 1,6 mm, produits par la fragmentation du matériau testé (diamètres compris entre 4 et 50 mm) et que l'on soumet aux chocs de boulets normalisés, dans le cylindre de la machine Los Angeles en 500 rotations.

$$LA = \frac{(P1 - P2)}{P1} \times 100$$

EqIII.1

P1

P1 : c'est la prise d'essai.

P2 : le refus sur le tamis 1.6 mm.

Tableau. III.2 : Interprétation du LA

LA	Appréciation
≤ 15	Très bon à bon
15-20	Bon à moyen
20-30	Moyen à faible
> 30	Médiocre

III.1.3.8-Essai Micro-Deval

L'essai a pour but d'apprécier la résistance à l'usure par frottements réciproques des granulats et leur sensibilité à l'eau.

Il peut être exécuté à sec (c'est-à-dire le MDS) ou sur des matériau imbibés d'eau (c'est-à-dire MDE).

MDS : coefficient Micro-Deval sèche.

MDE : coefficient Micro-Deval à la présence de l'eau.

Tableau. III.3 : Caractéristiques des granulats par le MDE

Valeur MDE	Appréciation
≤ 13	Très bon à bon
13 – 20	Bon à moyen
20 – 25	Moyen à faible
> 25	Médiocre

Actuellement c'est le MDE qui est de plus en plus pratiqué, son intérêt est de caractériser la résistance d'un matériau dans des conditions proches des conditions de service : régions pluvieuses, drainage défectueux, remontés capillaires.

III.1.4-LES DIFFERENTS ESSAIS « IN- SITU »

Les Forages.

- Les méthodes géophysiques.
 - ✓ La prospection sismique.
 - ✓ La prospection électrique.

- Les essais de pénétration.
 - ✓ Le pénétromètre dynamique.
 - ✓ Le standard pénétration statique (SPT).
 - ✓ Le pénétromètre statique.

- **Les forages :**

C'est le seul moyen précis pour reconnaître l'épaisseur et la nature des couches de sols en présence. On y prélève généralement des échantillons de sols remaniés ou intacts pour les besoin d'essai de laboratoire. Les forages permettent aussi de reconnaître le niveau des nappes éventuelles et le suivi de leur niveau à l'aide de tubes piézométriques.

- **Les essais de pénétration :**

Le principe consiste à enfoncer dans le sol un train de tiges muni d'une pointe de pénétration.

- ✓ **Le pénétration statique :**

L'enfoncement est provoqué par une pression continue exercée sur la tête du train de tige. On détermine ainsi, en fonction de la profondeur, la résistance de pointe, l'effort latéral et l'effort total.

- ✓ **Le pénétromètre dynamique :**

L'enfoncement du train de tige est provoqué par la chute d'un mouton tombant d'une hauteur normalisée. On mesure le nombre de coups nécessaire pour obtenir un enfoncement donné (10 cm).

Le standard pénétration test ou SPT : le battage s'exerce sur un tube carottier

L'essai est similaire à l'essai précédent (enfoncement de 15 puis 30 cm).

III.1.5-CONDITION D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS

Les remblais doivent être constitués de matériaux provenant de déblais ou d'emprunts éventuels.

Les matériaux de remblais seront exempts de :

- ✓ Pierre de dimension $> 80\text{mm}$;
- ✓ Matériaux plastique IP $> 20\%$ ou organique;
- ✓ Matériaux gélifs;
- ✓ On évite les sols à forte teneur en argile.

Les remblais seront réglés et soigneusement compactés sur la surface pour laquelle seront exécutés.

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage.

Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

III.2- DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

III.2.1- INTRODUCTION

Le réseau routier joue un rôle vital dans l'économie du pays et l'état de son infrastructure est par conséquent crucial. Si les routes ne sont pas correctement construites ou ne sont pas entretenues en temps opportun elles se dégradent. Le dimensionnement de la chaussée est fonction de la politique de gestion du réseau routier. Cette politique est définie par le maître de l'ouvrage en fonction de la hiérarchisation de son réseau routier.

Le dimensionnement 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.

III.2.2- DEFINITION DE LA CHAUSSEE

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 de couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic [10].

III.2.3- DIFFERENTS TYPES DE CHAUSSEES

Du point de vue constructif, les chaussées peuvent être groupées en trois grandes catégories:

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

III.2.3.1-Chaussée souple

Les chaussées souples sont constituées par des couches superposées de matériaux non susceptibles de résistance notable à la traction [13].

III.2.3.2-Chaussée semi-rigide

On distingue :

- Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,..). La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également. Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.
- Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

III.2.3.3-Chaussée rigide

Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) qui, fléchissant élastiquement sous les charges, transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisée mécaniquement, une grave traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

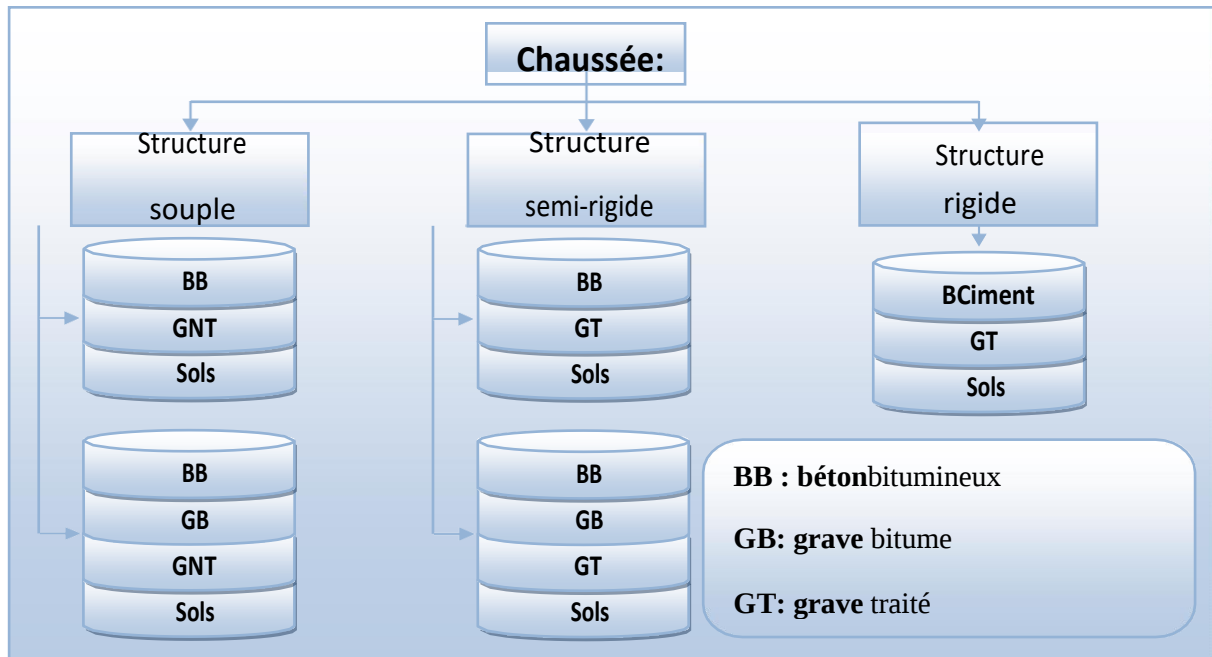


Figure III-5: Schéma récapitulatif des différentes structures de chaussée.

III.2.4- LES DIFFERENTES COUCHES DE CHAUSSEE

Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformable que les couches inférieures.

Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini.

En principe, une chaussée peut avoir en ordre les 03 couches suivantes :

▪ Couche de roulement (surface) :

La couche de surface constituant la chape (couche de surface) 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 usagés.

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[12].

▪ 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 ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm [12].

▪ 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 une bonne unie et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle a le même rôle que celui de la couche de base [14].

▪ 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 [13].

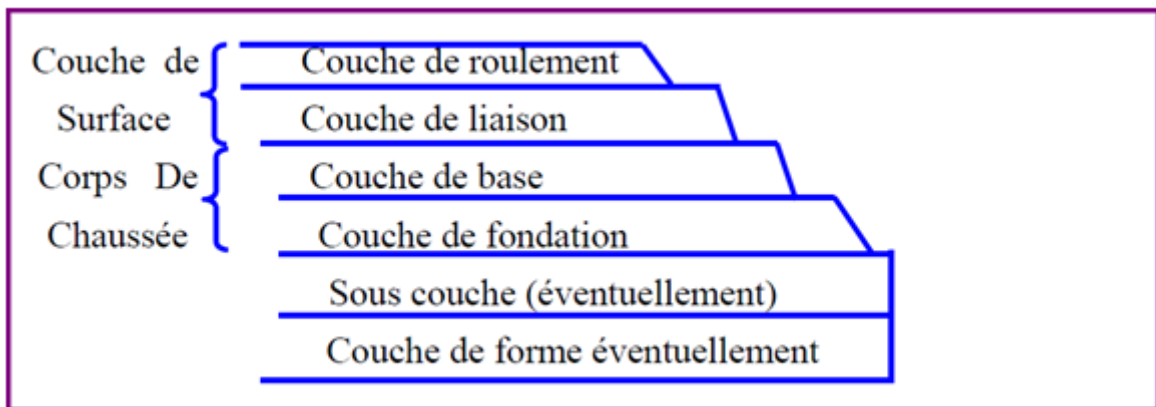


Figure III-6: Coupe transversale type d'une chaussée souple[15].

III.2.5-DIFFERENTS FACTEURS DETERMINANTS POUR LE DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEES

Le nombre des couches, leurs épaisseurs et les matériaux d'exécution, sont conditionnées par plusieurs facteurs parmi les plus importants sont :

III.2.5.1-Trafic

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur à 3.5 tonnes). Il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée.

Il est apparu nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :

Le trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et le comptage sur les voies existantes ; De trafic cumulé sur la période considérée qui est donnée par [15] :

N : trafic cumulé.

$$N = T.A.C$$

EqIII.2

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

C: facteur de cumul.

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

EqIII.3

τ : Taux de croissance du trafic.

P : nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

III.2.5.2-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 [16].

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.

III.2.5.3-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 [17].

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.

III.2.5.4-Matériaux

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds) [18].

III.2.6-METHODES DE DIMENSIONNEMENT

Il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous l'effet de :

- La charge des véhicules;
- La force portante obtenue par les différents essais géotechniques;
- Les caractéristiques mécaniques des matériaux constituant les différentes couches.

➤ Evaluation de l'épaisseur de la chaussée :

Il existe plusieurs méthodes pour l'évaluation d'épaisseur de la chaussée. On distingue deux familles de méthodes :

a) Les méthodes « empiriques » dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées. Parmi ces méthodes on a :

- La méthode C.B.R (California Bearing Ratio);
- La méthode A.A.S.H.O (American Association of State Highway Officials);
- La méthode d'ASPHALT INSTITUTE;
- La méthode L.C.P.C (laboratoire Central des Ponts et Chaussée).

b) Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées. On peut citer :

- Méthode du catalogue des structures établis par SETRA;
- Méthode de catalogue de dimensionnements des chaussées neuves (CTTP).

III.2.7-CHOIX DE LA METHODE DE DIMENSIONNEMENT

La qualité réelle de la chaussée dépend de:

- la disposition constructive adaptée à la chaussée, de bonne condition de drainage de la plate-forme dans les zones bas;
- la qualité des matériaux mis en place;
- Le soin apporté à l'élaboration et à la mise en œuvre des matériaux;
- Peu importe la méthode choisie, c'est la maîtrise qui nous intéresse le plus, c'est pour cela on a choisis les deux méthodes qui sont :

1. Méthode **CBR**;

2. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves du **CTTP**.

Car, ce sont les méthodes les plus répandues en Algérie.

III.2.7.1-Méthode C.B.R

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 sur une épaisseur d'eau moins de 15 cm.

Le CBR retenu finalement est la valeur la plus basse obtenue après immersion de cet échantillon.

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[19]:

$$e = \frac{100 + \sqrt{P(75 + 50 \log \frac{N}{10})}}{I_{CBR} + 5} \quad \text{EqIII.4}$$

Avec:

e : épaisseur équivalente;

I: indice CBR (sol support);

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

TJMA_n : trafic prévu pour une durée de vie de n =20 ans.

P: charge par roue $P = 6.5 \text{ t}$ ($P_{\text{essieu}} = 13 \text{ t}$).

Log: logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

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

EqIII.4

D'où:

- c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence;
- e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

▪ Coefficient d'équivalence :

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

Tableau. III.4 : Coefficient d'équivalence[9].

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobé dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.60

III.2.7.2-Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves

Cette méthode est caractérisée par des hypothèses de base sur les paramètres caractéristiques: (la stratégie de dimensionnement, niveau de service, trafic, caractéristique du sol, climat, matériaux) [20].

L'utilisation du catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement.

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement. En fonction de cela, on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthode rationnelles qui se base sur deux approches :

- Approche théorique;
- Approche empirique.

■ Hiérarchisation du réseau routier national :

Le catalogue contient deux types de réseaux :

- **Le réseau principal noté RP** : il se compose de route reliant :
 - Les chefs-lieux de wilaya;
 - Les ports;
 - Les aéroports et les postes frontaliers;
 - Les principales agglomérations et importante zone industrielles.

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :

- RP1 (T >1500V/J)
- RP2 (T <1500V/J)

➤ **Le réseau secondaire RS :**

Il se compose du reste des routes qui ne sont pas en RP, son linéaire totale de 7.900 km.

■ Choix des structures types par niveau de réseau principal :

Ce choix est fait en relation avec le type réseau retenu (RP1 ou RP2).

Tableau. III.5 : Structure disponible dans les catalogues.

Niveau de réseau	Types du matériau	structures
RP1	MTB(matériaux traités au bitume)	GB/GB,GB/GNT,GB/TUF, GB/SG,GB/AG
	MTLH(matériaux traités au liant hydraulique)	GL/GL,Bcg/GC
RP2	MNT(matériaux non traités)	GNT/GNT,TUF/TUF
	MTB (matériaux traité au bitume)	SB/SG

Avec :**GB** : grave bitume, **GL** : grave-laitier, **Bcg**: béton de ciment goudonné, **GC**: grave ciment, **GNT**: grave non traités, **SG**: sable gypseux, **TUF**: encroûtement calcaire, **AG**: arène granitique, **SB**: sable bitume.

■ Répartition transversale du trafic : on adoptera les valeurs suivantes :

- Chaussée unidirectionnelle à 2 voies : 90% du trafic PL sur la voie lent de droite;
- Chaussée unidirectionnelle à 3 voies : 80% du trafic PL sur la voie lent de droite;
- Chaussée bidirectionnelle à 2 voies : 50% du trafic PL;
- Chaussée bidirectionnelle à 3 voies : 50% du trafic PL.

■ Détermination de la classe de trafic TPLi :

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

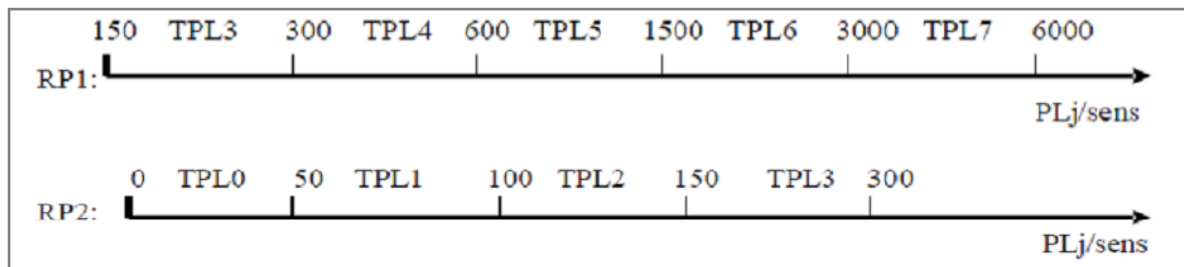


Figure III.7 : Classe de trafic.

■ Détermination de la portance du sol-support de chaussée:

➤ Détermination des classes de portance des sols :

Le sol support est classé par ordre croissant de S4 à S0. Le tableau suivant donne les classes du sol support en fonction de I_{CBR} :

Tableau. III.6 : Classes de portance des sols Si

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

■ Classes de portance du sols-support pour le dimensionnement :

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de portance de sol-supports à savoir : S3, S2, S1 et S0. Les valeurs des modules indiquées sur le tableau ci-dessous, ont été évaluées à partir de la relation empirique suivante :

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

Tableau. III.7 : Classes de portance de sol-supports.

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

▪ 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. III.8 : Sur classement avec couche de forme en matériau non traité.

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériaux de couche de Forme	Epaisseur de la couche de forme	Classe de portance se sol 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

▪ Choix de la couche de roulement:

Toutes les fiches techniques de dimensionnement, excepté celle concernant les chaussées en béton de ciment, font apparaître une couche de roulement. Le choix de la couche de roulement est fait en fonction du niveau de réseau principal comme suit :

- ✓ **RP1:** Couche de roulement en béton bitumineux (BB): Les épaisseurs sont modulées en fonction de la classe de trafic (TPLi) et du type de structure de l'assise de chaussée.
 - 6BB à 8BB pour les structures traitées au bitume (GB/GB, GB/GNT,...).
 - 6BB à 10BB pour la structure GL/GL.
- ✓ **RP2 :** couche de roulement en enduit superficiel (ES) ou enrobé à froid (EF) en fonction du matériau choisi en assise de la chaussée et de la zone climatique correspondante.

▪ les zones climatiques :

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

Tableau. III.9 : Zones climatiques de pluviométrie.

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

III.2.8) APPLICATION AU PROJET

a) Méthode C.B.R:

❖ Données de l'étude:

- ✓ Année de comptage:2016.
- ✓ TJMA₂₀₁₆=5763 v/j.
- ✓ Mise en service:2021.
- ✓ Durée de vie : 20ans.
- ✓ Taux d'accroissement: $\tau = 4\%$.
- ✓ Pourcentage de poids lourds : $P = 25\%$.
- ✓ I_{CBR} = 13 (puits N°1).
- ✓ I_{CBR} = 22 (puits N°4).
- ✓ I_{CBR} = 16 (puits N°2,3,5).
- ✓ TJMA₂₀₂₁ = $5763 \times (1+0.04)^5 = 7012$ v/j.

Détermination de N_{PL2041}: (2021+20=2041)

$$TJMA_{2021} = 7012 \times 0.5 = 3506 \text{ v/j/sens}$$

$$N_{PL2021} = 3506 \times 0.25 = 876 \text{ PL/j/sens}$$

Nombre de Poids lourd après 20 ans

$$\begin{aligned} N_{PL2041} &= N_{PL2021} \times (1 + \tau)^{20} \\ &= 876 \times (1 + 0.04)^{20} \\ &= 1920 \text{ PL/j/sens.} \end{aligned}$$

🚦 Détermination de l'épaisseur équivalente :

$$TMJA_{2021} \times 365 \times 1.5t \geq 100000 \text{ t/ans} \Rightarrow 7012 \times 365 \times 1.5 = 3838522 \text{ t/ans} > 100000 \text{ t/ans}$$

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

$$E_{\text{équi}} = [100 + \sqrt{\frac{13}{2}} (75 + 50 \log (1920/10))] / (13 + 5) = 32.34 \text{ cm, Pour : } I_{\text{CBR}} = 13$$

$$E_{\text{équi}} = [100 + \sqrt{\frac{13}{2}} (75 + 50 \log (1920/10))] / (22 + 5) = 21.56 \text{ cm, Pour : } I_{\text{CBR}} = 22$$

$$E_{\text{équi}} = [100 + \sqrt{\frac{13}{2}} (75 + 50 \log (1920/10))] / (16 + 5) = 27.72 \text{ cm, Pour : } I_{\text{CBR}} = 16$$

Avec P=charge maximale par roue.

On choisi l'épaisseur totale : $E_{\text{équi}} = 40 \text{ cm}$.

Donc l'épaisseur équivalente: $a_1.e_1 + a_2.e_2 + a_3.e_3 = 40 \text{ cm}$.

✚ Choix de la structure :

On propose les épaisseurs de la mise en œuvre comme suite :

$e_1=6\text{cm}$; $e_2=10\text{cm}$;

$e_3=40-(2 \times 6 + 1,5 \times 10)/1 = 13 \text{ cm}$; On prend $e_3=15 \text{ cm}$.

Tableau. III.10: les couches de corps chaussé par la méthode C.B.R.

Structure	Epaisseur réelle	Epaisseur équivalente
BB	6 cm	12 cm
GB	10 cm	15 cm
GNT	15 cm	15 cm
TOTAL	31 cm	42 cm

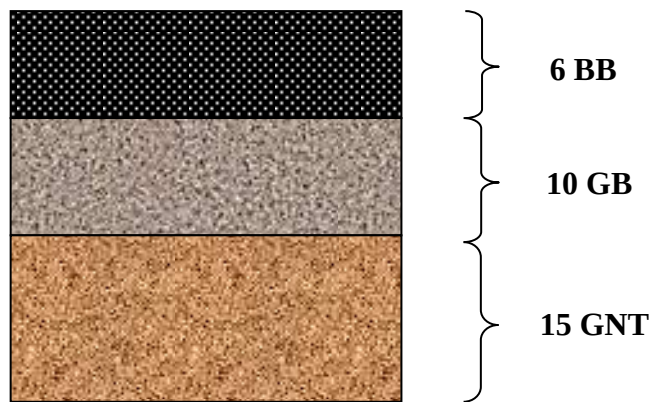


Figure III -8: La structure de notre chaussée selon la méthode C.B.R.

b) La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

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

❖ Démarche du catalogue :

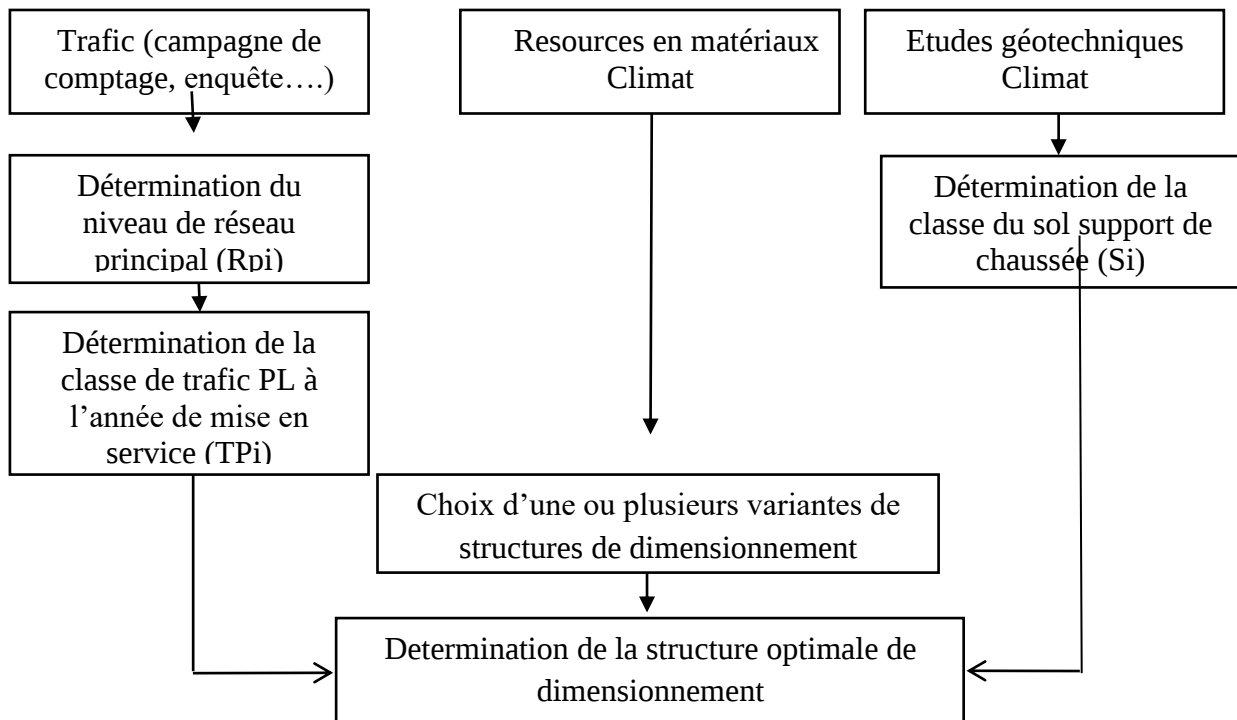


Figure III.9 : organigramme de La méthode

1. Détermination du type de réseaux :

$TJMA_{2021} = 7012 v/j > 1500 v/j \longrightarrow \text{RP1} : \text{Réseau principal de niveau 1}$

2. Classe TPLi pour RP1 :

La classe de trafic (TPLi) est donnée en nombre de poids lourds par jour par sens à l'année de la mise en service.

Chaussée unidirectionnelle à deux voies : 90% DU TRAFIC PL sur la voie lente de droite.

On a : $TPL = 1920 \times 0.9 = 1728 \text{ pl/j/sens}$.

Donc: $1500 < TPLi < 3000 \implies \text{TPL6}$

150 TPL3300 TPL4600 TPL51500 **TPL6** 3000 TPL76000

**3. Présentation des classes de portance des sols :**

D'après le tableau des classes de portance des sols Si, et le résultat de l'essai CBR, (on a $I_{CBR} = 10-25$), notre sol est de classe S2.

4. Détermination de la zone climatique :

La wilaya de laghouat est située géographiquement dans la zone II.

5. Amélioration de la classe du sol support :

D'après le **Tableau III.11** classe de sol en fonction de portance on trouve la structure suivante:

Structure souple **S2** de couche de forme de **40 cm** pour augmenter la portance de sol.

Tableau III .11: Classe de sol en fonction de portance de sol.

Classe portance du sol tassé (Si)	Matériaux de couche de forme	Epaisseur de couche de forme	Classe portance du sol support visée (Sj)
<S4	Matériau non traité	50cm (en 2couche)	S3
S4	Matériau non traité	35cm	S3
S4	Matériau non traité	60cm (en 2couche)	S2
S3	Matériau non traité	40cm (en 2couche)	S2
S3	Matériau non traité	70cm (en 2couche)	S1

6. Choix de dimensionnement :

Nous sommes dans le réseau principal (RP1), la zone climatique III, durée de vie de 20ans, taux d'accroissement (4%), portance de sol (S2) et une classe de trafic (TPL6).

Dans ce cas la structure ne figure pas dans le catalogue des structures (fascicule 3 du catalogue algérien), ce qui va nous mener à utiliser la méthode du catalogue français qui se base sur la nature de la plate forme, et les valeurs de portance du sol et le trafic, on obtient ce qui suit:

Plat forme	TCi	Structure
PF2 ⁺	TC6	8BB + 18GB +20 GNT

- Couche de roulement : BB = 8 cm.
- Couche de base : GB = 18 cm.
- Couche de fondation : GNT = 20 cm.

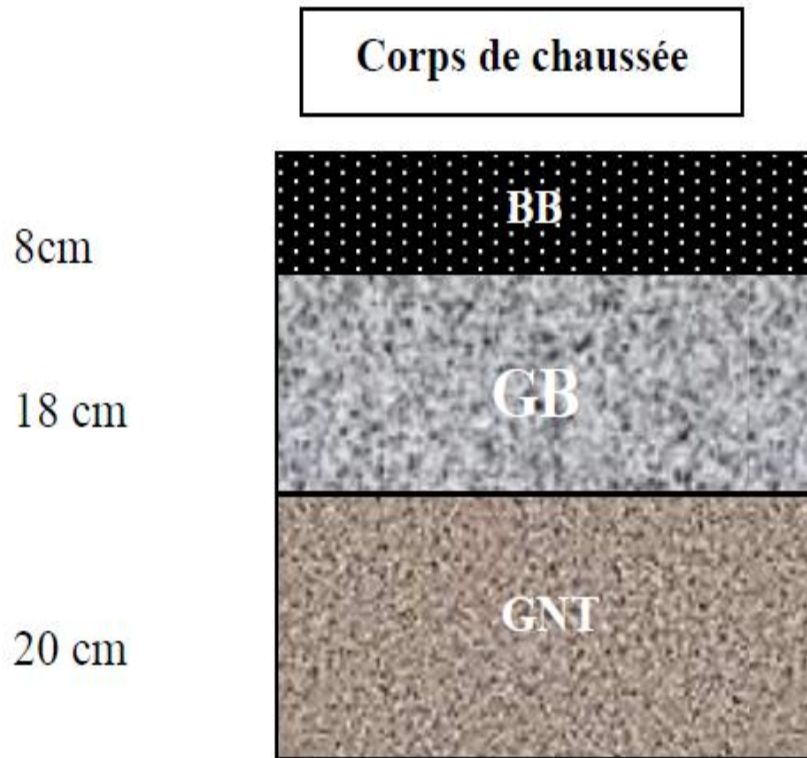


Figure III .10 : La structure de chaussée méthode du catalogue.

L'application des deux méthodes nous donne les résultats suivants (**Tableau III.12**) :

Tableau III .12: Résumé les deux méthodes.

Méthode	Methode	
	CBR	Catalogue
Corps de chaussée	6BB+10GB+15GNT	8BB+18GB+20GNT

III.2.9- CONCLUSION

Les deux méthodes de dimensionnement utilisées pour la détermination de l'épaisseur et la structure des chaussées souples sont empiriques, ce qui explique les différences et les distorsions en matière d'épaisseur. Aussi par souci de stabilité et de sauvegarder un niveau de service acceptable à long terme (pour toute la durée de service), nous optons pour le dimensionnement obtenu par **la méthode de CBR**, et cela pour des raisons de rapidité d'exécutions et d'économie ; notons également que cette méthode est la plus utilisée en Algérie.

Chapitre IV :

assainissement

IV. ASSAINISSEMENT

IV.1 - INTRODUCTION

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires.

L'eau est la première ennemie de la route, car elle pose des grands problèmes, multiples et complexes, sur la chaussée, ce qui met en jeu la sécurité de l'utilisateur (glissance, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par désenrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation.

Les types de dégradation provoquée par les eaux sont engendrés comme suit [9]:

a) Pour les chaussées :

- Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées);
- Désenrobage;
- Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un trafic important).
- Décollement des bords (affouillement des flancs).

b) Pour les talus :

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

Les études hydrauliques inventorieront l'existence de cours d'eau et, d'une manière générale, des écoulements d'eau en surface. Elles détermineront ensuite l'incidence du projet sur ces écoulements et les équipements à prendre en compte pour maintenir ces écoulements.

IV.2 - OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- ✓ Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- ✓ Le maintien de bonne condition de viabilité.
- ✓ Réduction du coût d'entretien.
- ✓ Eviter les problèmes d'érosions.
- ✓ Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de chaussée (danger de ramollissement du terrain sous jacent et effet de gel).
- ✓ Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).

IV.3 - ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSEE

La détermination du débouché à donner aux ouvrages, tels que dalots, ponceaux, ponts, etc., dépend du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations.

Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire [22].

Quand la hauteur du remblai est insuffisante, il est préférable de construire un dalot dont la dalle est en béton armé.

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

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

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

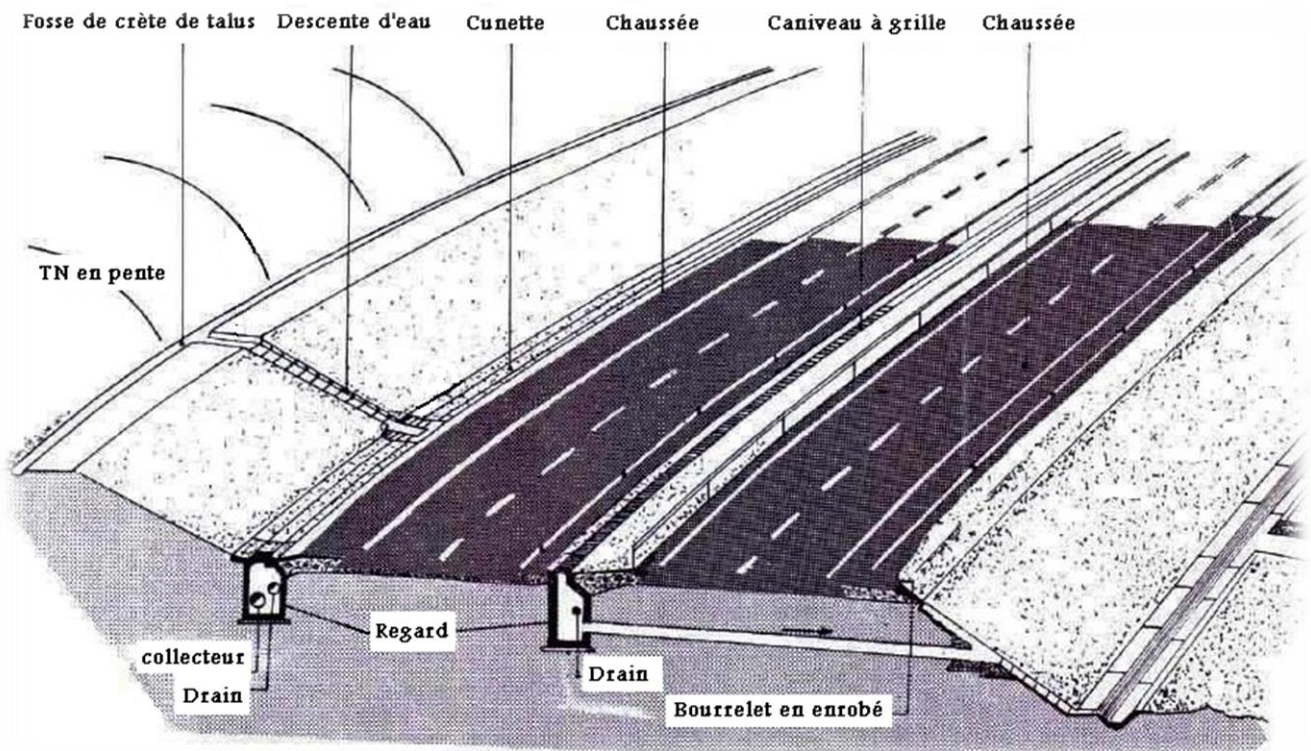


Figure IV.1 : Présentation les éléments de l'assainissement de chaussée.

IV.4 - QUELQUES DEFINITIONS

IV.4.1 - Fossé de pied du talus de déblai

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires. Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale. Ils sont bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 % [23].

IV.4.2- Fossé de crête de déblai

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penchée vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate -forme.

IV.4.3- Fossé de pied du talus de remblai

Le fossé est en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement). Il est prévu lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau.

IV.4.4-Drain

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainante longeant la route. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant dans son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements.

Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet [23].

IV.4.5-Descentes d'eau

Dans les sections de route en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau. Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1%, leur espacement varie entre 30 m et 40 m.

IV.5- DEFINITIONS DES TERMES HYDRAULIQUE

IV.5.1-Bassin versant

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. C'est la surface totale de la zone susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considéré (exutoire) [23].

IV.5.2-Collecteur principal (canalisation)

C'est la conduite principale récoltant les eaux des autres conduites (dites collecteurs secondaires), recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines[23].

IV.5.3-Chambre de visite (cheminée)

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent.

Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m [23].

IV.5.4-Sacs

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles. Les sacs sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraînés, par les eaux superficielles.

IV.5.5-Regards

Ils sont constitués d'un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le rôle est d'assurer pour le réseau des fonctions de raccordement des conduites, de ventilation et d'entretien entre autres et aussi à résister aux charges roulantes et aux poussées des terres.

IV.6- LES OUVRAGES DES ECOULEMENTS DES EAUX

En général, les ouvrages d'évacuations des eaux superficielles ou sous chaussée sont nombreux. Parmi ceux qui ont traversé notre route sont les suivantes [24]:

- les passages submersibles;
- les fossés;
- les dalots;
- les buses.

IV.6.1-Passages submersibles

Les passages submersibles sont des ouvrages qui servent à protéger la chaussée contre les dégradations causées par les eaux, et qui assurent superficiellement l'écoulement des eaux lorsque leur volume est plus important [25].

IV.6.2-Fossés

Ce sont des tranchées creusées en longueur dans le sol et servent à délimiter les terrains ou à l'écoulement de l'eau de ruissellement [25].

IV.6.3-Les dalots

Les dalots ont le même rôle que les buses, ils servent à évacuer les eaux sous chaussée, leurs dimensions aussi varient suivant l'importance de la profondeur du bassin versant, généralement ils sont rectangulaires ou carrés [25].

IV.7- APPLICATION A NOTRE PROJET

- **Les ouvrages fossés:**

Pour l'assainissement longitudinal de la nouvelle double voie, nous avons projeté selon la B40 choisie la forme montrée sur la **Figure VI . 2**.

Ce sont des fossés trapézoïdaux en terre dirigés vers les collecteurs et se situent sur les accotements pour assurer l'écoulement des eaux vers les ouvrages d'assainissement.

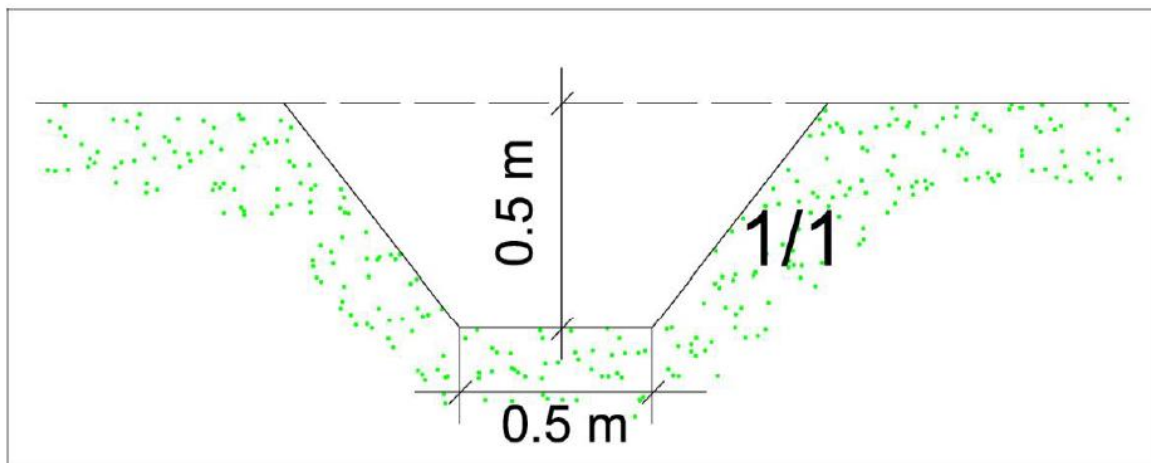


Figure VI . 2 : Détails des fossés trapézoïdaux en terre.

- **Les ouvrages busés:**

Le problème d'assainissement (évacuation des eaux) prend une part très importante, en partant de l'idée que l'eau est l'ennemie de la chaussée. Il est primordial de prendre en considération cet aspect afin de protéger la chaussée d'une façon efficace et pérenne des agressions des eaux, et ainsi assurer sa longévité.

La Wilaya de Laghouat se situe en zone climatique de pluviométrie II comme déjà annoncé au chapitre précédent, ainsi la pluviométrie oscille entre 350 et 600 millimètre par ans.

Concernant le nouveau projet, on recommande de garder le même type d'ouvrage au niveau de ce tronçon .

Les ouvrages d'assainissement existant dans l'ancienne voie, et qui sont proposés pour notre tronçon, sont les passages busés.

Pour l'assainissement transversal de la nouvelle structure (deux voies séparée) nous avons opté pour:

- Prolonger les ouvrages existants sous le terre-plein central et sous la nouvelle voies sur 10 m de longueur.

IV.8-TABLEAU RECAPITULATIF DES OUVRAGES COURANTS

Tableau IV .1: Les ouvrages busé existants pour ce tronçon.

<i>DESIGNATION</i>	<i>DEMONSION</i>
Profil 45	<i>Buse ø 1000 mm</i>
Profil 72	<i>Buse ø 1000 mm</i>
Profil 115	<i>Buse ø 1000 mm</i>
Profil 143	<i>Buse ø 1000 mm</i>
Profil 164	<i>Buse ø 1000 mm</i>

IV.9- CONCLUSION

Tout ouvrage routier comporte un réseau d'assainissement dont le rôle est de récupérer et d'évacuer toutes les eaux de ruissellements. Une étude hydraulique assurant le drainage des différentes parties de notre tronçon de route a également été menée.

Pour notre projet, l'assainissement peut donc être assuré par des fossés et des ouvrages busé.

Chapitre V :

Signalisation routière

V. SIGNALISATION ROUTIERE

V.1-INTRODUCTION

Compte tenu de l'importance du développement du trafic et l'augmentation de la vitesse des véhicules, la circulation devra être guidée et disciplinée par des signaux simples susceptibles d'être compris par tous les intéressés.

La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale.

V.2- L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE

La signalisation routière a pour objet de:

- rendre plus sûre la circulation routière;
- faciliter cette circulation;
- indiquer ou rappeler diverses prescriptions particulières du code de la route;
- donner des informations relatives à l'usage de la route.

V.3- CATEGORIE DE SIGNALISATION

On distingue :

- La signalisation par panneaux;
- La signalisation par feux;
- La signalisation par marquage sur les chaussées;
- La signalisation par balisage;
- La signalisation par bornage.

V.4- REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION

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

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter la publicité irrégulière.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent

l'attention de l'utilisateur.

V.5-TYPES DE SIGNALISATION

On distingue deux familles de signalisation :

- Signalisation horizontale.
- Signalisation verticale.

V.5.1-Signalisation verticale

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur et leur forme.

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

a) - Signaux de danger :

Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).

b) - Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

- L'interdiction;
- L'obligation;
- La fin de prescription.

c) - Signaux à simple indication :

Panneaux, en général, de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :

- Signaux d'indication;
- Signaux de direction;
- Signaux de localisation;
- Signaux divers.

d) - Signaux de position des dangers :

Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

V.5.2-Signalisations horizontales

Elles comportent uniquement les marques sur chaussée ; Elles se divisent en deux types :

a) Lignes longitudinales :

Elles sont utilisées pour délimiter les voies de circulation, on trouve :

- Les lignes continues :

Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit, notamment parce que la visibilité est insuffisante.

- Les lignes discontinues :

Les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

- lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour lesquelles la longueur des traits est environ égale au tiers de leurs intervalles.

- lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour les quelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalles.
- ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont la largeur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

➤ **Modulation des lignes discontinues :**

Elles sont basées sur une longueur parodique de 13 m. Leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

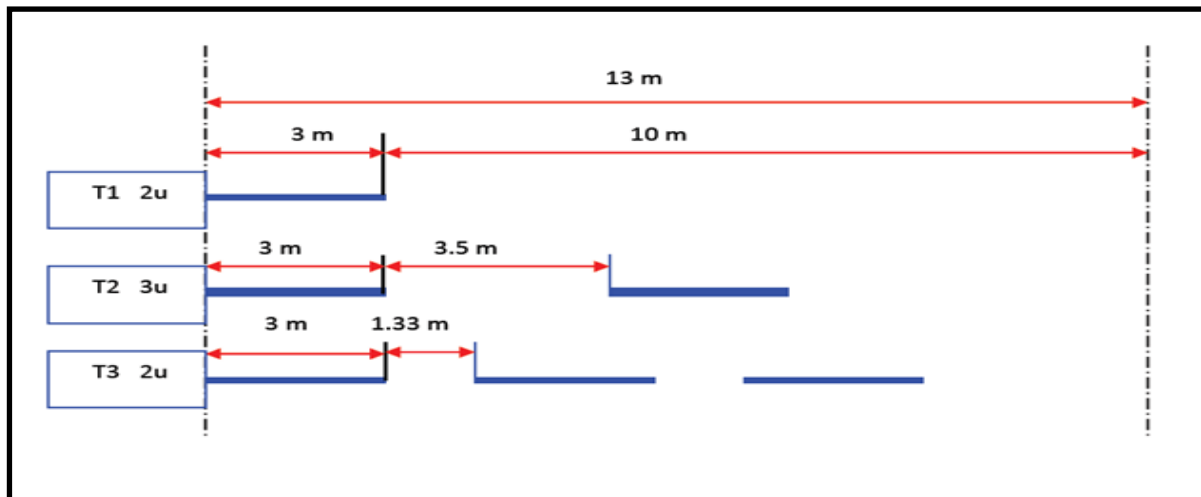


Figure.V.1: Types de modulation.

TableauV.1: Caractéristiques des lignes discontinues

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre trait (m)	Rapport Plein/ vide
T1	3.00	10.00	~1/3
T'1	1.50	5.00	
T2	3.00	3.50	1
T'2	0.50	0.50	
T3	3.00	1.33	3
T'3	20.00	6.00	

b) Marques sur chaussée :

- **Les lignes mixtes :**

ce sont des lignes continues doublées par des lignes discontinues du type T1 dans le cas général.

- **Lignes transversales :**

Elles sont utilisées pour le marquage; on distingue :

- Ligne stop : C'est une ligne continue qui oblige les usagers à marquer un arrêt.
- Lignes discontinues : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

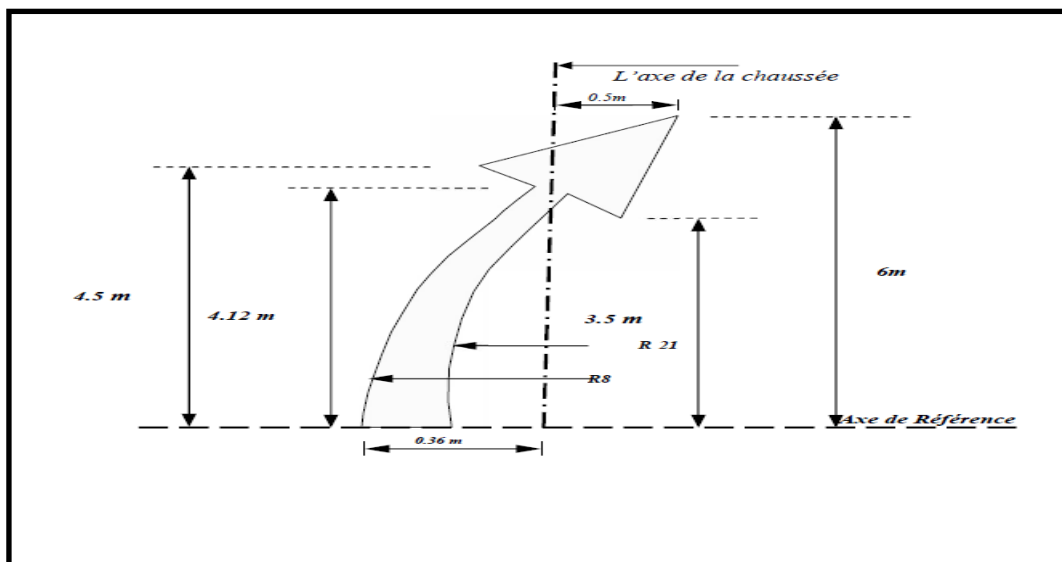
- **Autres signalisation :**

- **Les flèches de rabattement :**

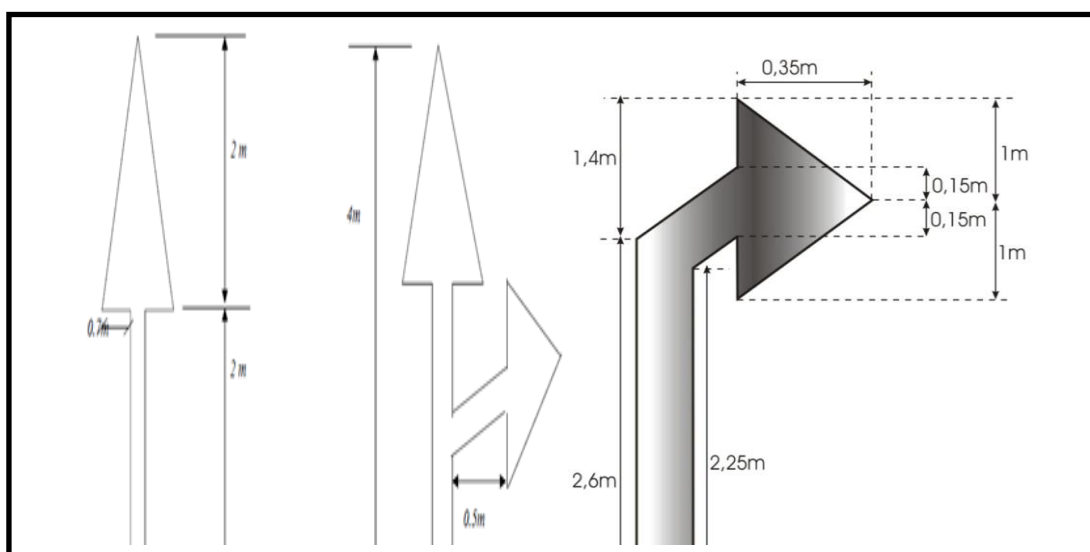
Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.

- **Les flèches de sélection :**

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



FigureV.2: Flèche de rabattement



FigureV.3: Flèche de sélection

➤ **Caractéristiques de la signalisation horizontale :**

- Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'orange pour les marques provisoires.
- La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route, à savoir :
 - U = 7.5cm sur les autoroutes et voies rapides urbaines;
 - U = 6cm sur les routes et voies urbaines;
 - U = 5cm pour les autres routes.

Pour notre cas la largeur des lignes est définie d'un U= 5cm.

➤ **Signalisation pour carrefour :**

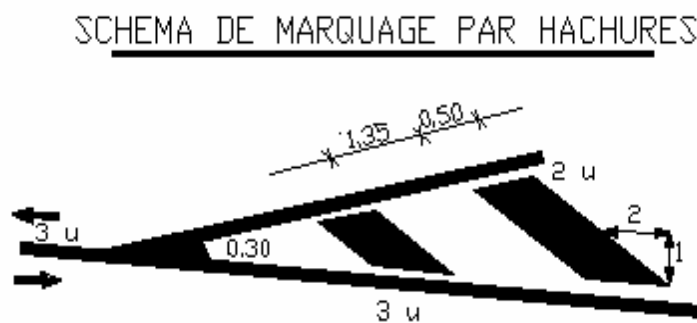


Figure V.4 :Signalisation de carrefour .

V.6-APPLICATION AU PROJET

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

➤ **Signalisations verticales :**

- Les signaux routiers qui sont utilisés pour le présent projet sont :

Type A:



Figure V.5 : Signalisation vertical type A.

Type C :



Figure V.6 : Signalisation vertical type c .

Type E :



Figure V.7 : Signalisation vertical type e.

V.7-CONCLUSION

Le rôle joué par la signalisation routière dans la sécurité et l'exploitation des Infrastructures n'est plus à démontrer.

Elle constitue aujourd'hui encore et pour longtemps le principal média d'information, entre d'une part, le gestionnaire de voirie et l'autorité de police, et d'autre part, les usagers de la route.

Visibilité, lisibilité, uniformité, homogénéité, simplicité, continuité des directions signalées, cohérence avec les règles de circulation et avec la géométrie de la route constitue les grands principes de la signalisation.

Conclusion générale

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 du dédoublement d'un tronçon de la route nationale RN 23 du PK 285+000 au PK 290+000. En fonction de la situation et l'importance de la route et du relief du site, le tronçon étudié est classé dans la catégorie C1 et l'environnement E2.

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 2x2 voies de 7 m de largeur, 3m d'accotement et un terre-plein de 10m. Le corps de chaussée est constitué de :

- une couche de fondation en GNT d'épaisseur: 6 cm;
- une couche de base en GB d'épaisseur: 10 cm;
- une couche de roulement en BB d'épaisseur: 15 cm.

Concernant le tracé en plan, on a maintenu l'ancien tracé (l'ancienne chaussée) pour une des deux chaussées prévues. Pour l'autre, on a déterminé un tracé juste à côté en laissant un terre-plein central de 10m de large; pour la nouvelle chaussée, on recherché le nouveau profil en long.

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 $V_d = 291077 \text{ m}^3$ et en remblai $V_r = 95430 \text{ m}^3$.

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 PISTE et l'AUTO CAD.

Bibliographie

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] DTP-laghouat, 11-nov-2014.
- [2] <https://www.google.com/maps> (22/02/2020).
- [3] « CLIMAT: LAGHOUAT », *www.fr.climate-data.org*, 11-mars-2018.
- [4] Normes B40 technique d'aménagement des routes, ministre des travaux publics. Algérie, 1977.
- [5] Michel, Faure. « Route les cours de L'ENTP.tome1.Lyon : ELEAS, 1997.
- [6] Roger, Coquand. Route circulation tracé et construction. Livre1. Paris: eyrolles, 1969.
- [7] Djelti, Abdelkader Zakaria ; Hattou, Mohammed. Etude de la réhabilitation du chemin de wilaya CW54.mémoire d'ingénieur. Tlemcen : juillet 2009.pp 12-80 p86.
- [8] 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.
- [9] K. Mustapha, « ETUDE DE DEDOUBLEMENT ROUTIERDE 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 TLEMCEEN, 2014.
- [10] M. AZZI et M. HADJ KOUIDER, « Etude Géotechnique du la route de la Rocade d'Alger entre Boudouaou et Zéralda », Mémoire d'ingénieur, ENTP Alger, 2005.
- [11] LCPC-SETRA, Conception et réalisation des terrassements Fascicule 3 : méthodes d'essais, 1986.
- [12] TRIAW et Sandoumbé, « Dimensionnement mécanistique-empirique des structures de chaussée », Projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception en génie civil, Dakar,2005.
- [13] SETRA-LCPC, *Chapitre 2 caractéristiques générales des chaussées. Guide technique*. Ministère de l'Équipement des Transports et du Tourisme, 1994.
- [14] L. Z et L. D, « Etude de modernisation de la RN 17 à SIDI BEL ABBES entre (SIDI ALI BEN YOUB et TENIRE) sur 18Km.mimoire d'ingénieur. », Alger kouba, 2008.
- [15] LCPC-SETRA, dimensionnement des structures de chaussées.Guide technique. 2009.
- [16] LCPC-SETRA, Réalisation des remblais et des couches de forme. Paris: Bagneux, 2000.

- [17] M. Mohammed et O. Abd Ellatif, « 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.
- [18] B. 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.
- [19] R. Sauterey et G. Joeffroy, Dimensionnement des chaussées. Paris: Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1991.
- [20] *Catalogue de DIMENSIONNEMENT des Chaussées Neuves Fascicule 1,3*. Ministère des Travaux Public Direction des Routes, 2001.
- [21] LCPC - SETRA, Guide Technique de l'Assainissement Routier. SETRA, 2006.
- [22] LCPC -SETRA, Guide Technique de l'Assainissement Routier et protection de *la ressource en eau*. 2009.
- [23] SETRA, *Dispositifs de traitement des eaux pluviales*, vol. Volume 7. Paris : Bagnaux, 1997.
- [24] François et G. Brière, *Distribution et collecte des eaux*. Ecole polytechnique de Montréal, 2000.
- [25] Angelbert et C. Biaou, *Cours d'hydraulique routière*. 2009.

annexes

ANNEXE

TRACE EN PLAN

Logiciel: Piste 5.05

Projet: Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN23 enter (Pk285-290)

Longueur de l'axe: 5061.778m

ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
====>			0.000	720414.023	3980766.615
DROI	GIS = 165.393g	194.998			
====>			194.998	720514.880	3980599.726
CLOT	A = 400.000 Rf= 650.000	246.154			
====>			441.152	720655.005	3980397.825
ARC	XC= 721138.085 YC= 3980832.719 R = 650.000	259.404			
====>			700.556	720861.954	3980244.288
CLOT	Rd= 650.000 A = 400.000	246.154			
====>			946.709	721095.813	3980168.729
DROI	GIS = 115.878g	183.269			
====>			951.979	721100.919	3980167.429
CLOT	A = 414.672 Rf= -750.000 L = 229.271				
====>			1181.249	721319.699	3980099.668
	Rd= -750.000 A = 414.672 L = 229.271	458.542			
====>			1410.520	721520.235	3979989.028
DROI	GIS = 135.339g	703.593			
			2234.113	722220.161	3979554.968
CLOT	A = 700.000 Rf= -2000.000	245.000			

====>			2479.113	722425.660	3979421.643
ARC	XC= 721269.531 YC= 3977789.661 R = -2000.000	10.400			
====>			2489.513	722434.130	3979415.610
CLOT	Rd= -2000.000 A = 700.000	245.000			
====>			2734.513	722627.287	3979264.959
DROI	GIS = 143.469g	1967.265			
====>			5061.778	724432.793	3977796.521

PROFIL EN LONG

Logiciel: Piste 5.05

Projet: Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN23 entre (Pk285-290)

Longueur de l'axe: 5061.778m

Profil En Long Projet				
Elts Caractéristiques			Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon	Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente 3.79 %	77.151	0.000	1515.509
Parabole 1	Pente 3.79 %	618.995	77.151	1518.433
	Rayon -12000.000 m			
	Sommet Absc. 531.875 m			
	Sommet Alt. 1527.048 m			
	Pente -1.37 %			
Pente 2	Pente -1.37 %	85.657	696.146	1525.924
Parabole 2	Pente -1.37 %	218.580	781.803	1524.751
	Rayon 4200.000 m			
	Sommet Absc. 839.297 m			
	Sommet Alt. 1524.358 m			
	Pente 3.84 %			
Pente 3	Pente 3.84 %	1414.165	1000.383	1527.447
Parabole 3	Pente 3.84 %	884.942	2414.548	1581.685
	Rayon -18000.000 m			
	Sommet Absc. 3104.914 m			
	Sommet Alt. 1594.924 m			
	Pente -1.08 %			
Pente 4	Pente -1.08 %	134.380	3299.490	1593.873
Parabole 4	Pente -1.08 %	156.853	3433.870	1592.420
	Rayon 6000.000 m			
	Sommet Absc. 3498.729 m			
	Sommet Alt. 1592.070 m			
	Pente 1.53 %			
Pente 5	Pente 1.53 %	1471.055	3590.723	1592.775
			5061.778	1615.330
Longueur totale de l'axe 5061.778 mètre(s)				

TABULATION

Logiciel: Piste 5.05

Projet: Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN23 entre (Pk285-290)

Longueur de l'axe: 5061.778m

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0.000	1515.780	1515.509	720414.023	3980766.615	265.393g	2.50	-2.50
2	30.000	1517.230	1516.646	720429.539	3980740.940	265.393g	2.50	-2.50
3	60.000	1518.324	1517.783	720445.056	3980715.264	265.393g	2.50	-2.50
4	90.000	1519.398	1518.913	720460.573	3980689.589	265.393g	2.50	-2.50
5	120.000	1520.545	1519.980	720476.090	3980663.913	265.393g	2.50	-2.50
6	150.000	1522.225	1520.972	720491.606	3980638.238	265.393g	2.50	-2.50
7	180.000	1522.503	1521.889	720507.123	3980612.562	265.393g	2.50	-2.50
8	210.000	1523.387	1522.731	720522.643	3980586.889	265.348g	2.50	-2.50
9	240.000	1524.292	1523.499	720538.238	3980561.261	264.990g	2.50	-2.50
10	270.000	1525.034	1524.191	720554.048	3980535.765	264.274g	2.50	-2.50
11	300.000	1525.439	1524.808	720570.216	3980510.495	263.200g	2.50	-2.50
12	330.000	1525.314	1525.350	720586.877	3980485.548	261.767g	2.50	-2.50
13	360.000	1526.197	1525.818	720604.165	3980461.031	259.977g	2.50	-2.50
14	390.000	1526.971	1526.210	720622.202	3980437.061	257.828g	2.50	-2.50
15	420.000	1528.422	1526.527	720641.103	3980413.766	255.321g	2.50	-2.50
16	450.000	1528.252	1526.769	720660.969	3980391.290	252.472g	2.50	-2.50
17	480.000	1528.390	1526.936	720681.843	3980369.747	249.534g	2.50	-2.50
18	510.000	1528.703	1527.028	720703.690	3980349.190	246.596g	2.50	-2.50
19	540.000	1528.826	1527.046	720726.461	3980329.663	243.657g	2.50	-2.50
20	570.000	1528.899	1526.988	720750.109	3980311.207	240.719g	2.50	-2.50
21	600.000	1528.895	1526.855	720774.584	3980293.862	237.781g	2.50	-2.50
22	630.000	1529.039	1526.647	720799.832	3980277.665	234.843g	2.50	-2.50
23	660.000	1528.688	1526.364	720825.801	3980262.650	231.904g	2.50	-2.50
24	690.000	1528.052	1526.006	720852.435	3980248.849	228.966g	2.50	-2.50
25	720.000	1527.689	1525.597	720879.675	3980236.285	226.103g	2.50	-2.50
26	750.000	1527.053	1525.187	720907.423	3980224.888	223.576g	2.50	-2.50
27	780.000	1525.360	1524.776	720935.574	3980214.522	221.407g	2.50	-2.50
28	810.000	1523.660	1524.460	720964.035	3980205.041	219.596g	2.50	-2.50
29	840.000	1521.952	1524.358	720992.731	3980196.292	218.143g	2.50	-2.50
30	870.000	1521.667	1524.470	721021.595	3980188.119	217.049g	2.50	-2.50
31	900.000	1522.454	1524.797	721050.575	3980180.362	216.312g	2.50	-2.50
32	930.000	1523.634	1525.337	721079.621	3980172.858	215.934g	2.50	-2.50
33	960.000	1525.777	1526.092	721108.692	3980165.448	215.890g	2.50	-2.50
34	990.000	1527.765	1527.062	721137.751	3980157.992	216.146g	2.50	-2.50
35	1020.000	1529.923	1528.199	721166.759	3980150.344	216.734g	2.50	-2.50
36	1050.000	1532.168	1529.350	721195.675	3980142.351	217.657g	2.50	-2.50

37	1080.000	1533.870	1530.501	721224.449	3980133.866	218.912g	2.50	-2.50
38	1110.000	1535.485	1531.651	721253.026	3980124.740	220.500g	2.50	-2.50
39	1140.000	1537.777	1532.802	721281.341	3980114.829	222.422g	2.50	-2.50
40	1170.000	1539.518	1533.952	721309.315	3980103.996	224.677g	2.50	-2.50
41	1200.000	1541.117	1535.103	721336.862	3980092.119	227.135g	2.50	-2.50
42	1230.000	1542.393	1536.254	721363.955	3980079.240	229.307g	2.50	-2.50
43	1260.000	1543.636	1537.404	721390.630	3980065.514	231.145g	2.50	-2.50
44	1290.000	1544.585	1538.555	721416.935	3980051.093	232.650g	2.50	-2.50
45	1320.000	1545.567	1539.705	721442.932	3980036.121	233.822g	2.50	-2.50
46	1350.000	1545.871	1540.856	721468.689	3980020.741	234.661g	2.50	-2.50
47	1380.000	1547.060	1542.007	721494.283	3980005.090	235.167g	2.50	-2.50
48	1410.000	1547.828	1543.157	721519.793	3979989.302	235.339g	2.50	-2.50
49	1440.000	1548.538	1544.308	721545.288	3979973.491	235.339g	2.50	-2.50
50	1470.000	1549.483	1545.458	721570.783	3979957.680	235.339g	2.50	-2.50
51	1500.000	1550.275	1546.609	721596.279	3979941.869	235.339g	2.50	-2.50
52	1530.000	1551.042	1547.760	721621.774	3979926.058	235.339g	2.50	-2.50
53	1560.000	1551.783	1548.910	721647.269	3979910.247	235.339g	2.50	-2.50
54	1590.000	1552.540	1550.061	721672.765	3979894.436	235.339g	2.50	-2.50
55	1620.000	1553.410	1551.212	721698.260	3979878.625	235.339g	2.50	-2.50
56	1650.000	1554.288	1552.362	721723.755	3979862.814	235.339g	2.50	-2.50
57	1680.000	1555.182	1553.513	721749.251	3979847.003	235.339g	2.50	-2.50
58	1710.000	1556.155	1554.663	721774.746	3979831.192	235.339g	2.50	-2.50
59	1740.000	1557.149	1555.814	721800.241	3979815.381	235.339g	2.50	-2.50
60	1770.000	1558.126	1556.965	721825.737	3979799.570	235.339g	2.50	-2.50
61	1800.000	1559.167	1558.115	721851.232	3979783.759	235.339g	2.50	-2.50
62	1830.000	1560.160	1559.266	721876.728	3979767.949	235.339g	2.50	-2.50
63	1860.000	1561.008	1560.417	721902.223	3979752.138	235.339g	2.50	-2.50
64	1890.000	1561.862	1561.567	721927.718	3979736.327	235.339g	2.50	-2.50
65	1920.000	1562.624	1562.718	721953.214	3979720.516	235.339g	2.50	-2.50
66	1950.000	1563.297	1563.868	721978.709	3979704.705	235.339g	2.50	-2.50
67	1980.000	1564.656	1565.019	722004.204	3979688.894	235.339g	2.50	-2.50
68	2010.000	1564.756	1566.170	722029.700	3979673.083	235.339g	2.50	-2.50
69	2040.000	1565.468	1567.320	722055.195	3979657.272	235.339g	2.50	-2.50
70	2070.000	1566.086	1568.471	722080.690	3979641.461	235.339g	2.50	-2.50
71	2100.000	1566.537	1569.621	722106.186	3979625.650	235.339g	2.50	-2.50
72	2130.000	1566.909	1570.772	722131.681	3979609.839	235.339g	2.50	-2.50
73	2160.000	1567.213	1571.923	722157.176	3979594.028	235.339g	2.50	-2.50
74	2190.000	1569.605	1573.073	722182.672	3979578.217	235.339g	2.50	-2.50
75	2220.000	1569.758	1574.224	722208.167	3979562.406	235.339g	2.50	-2.50
76	2250.000	1569.488	1575.374	722233.662	3979546.594	235.355g	2.50	-2.50
77	2280.000	1570.653	1576.525	722259.141	3979530.756	235.476g	2.50	-2.50
78	2310.000	1572.569	1577.676	722284.575	3979514.847	235.713g	2.50	-2.50
79	2340.000	1574.037	1578.826	722309.935	3979498.820	236.067g	2.50	-2.50
80	2370.000	1575.418	1579.977	722335.190	3979482.628	236.539g	2.50	-2.50
81	2400.000	1576.661	1581.127	722360.310	3979466.228	237.127g	2.50	-2.50
82	2430.000	1578.148	1582.271	722385.262	3979449.572	237.832g	2.50	-2.50

83	2460.000	1579.521	1583.371	722410.012	3979432.619	238.654g	2.50	-2.50
84	2490.000	1580.826	1584.421	722434.526	3979415.326	239.585g	2.50	-2.50
85	2520.000	1581.888	1585.421	722458.785	3979397.677	240.479g	2.50	-2.50
86	2550.000	1582.732	1586.371	722482.810	3979379.710	241.257g	2.50	-2.50
87	2580.000	1583.652	1587.271	722506.630	3979361.473	241.918g	2.50	-2.50
88	2610.000	1584.531	1588.121	722530.277	3979343.012	242.462g	2.50	-2.50
89	2640.000	1585.260	1588.920	722553.782	3979324.371	242.888g	2.50	-2.50
90	2670.000	1585.949	1589.670	722577.180	3979305.594	243.198g	2.50	-2.50
91	2700.000	1587.091	1590.370	722600.502	3979286.725	243.391g	2.50	-2.50
92	2730.000	1588.109	1591.020	722623.785	3979267.807	243.467g	2.50	-2.50
93	2760.000	1589.194	1591.620	722647.060	3979248.878	243.469g	2.50	-2.50
94	2790.000	1590.242	1592.170	722670.334	3979229.949	243.469g	2.50	-2.50
95	2820.000	1591.178	1592.670	722693.608	3979211.019	243.469g	2.50	-2.50
96	2850.000	1591.999	1593.119	722716.882	3979192.090	243.469g	2.50	-2.50
97	2880.000	1593.040	1593.519	722740.156	3979173.161	243.469g	2.50	-2.50
98	2910.000	1593.998	1593.869	722763.431	3979154.232	243.469g	2.50	-2.50
99	2940.000	1594.727	1594.169	722786.705	3979135.303	243.469g	2.50	-2.50
100	2970.000	1595.367	1594.419	722809.979	3979116.374	243.469g	2.50	-2.50
101	3000.000	1595.745	1594.619	722833.253	3979097.445	243.469g	2.50	-2.50
102	3030.000	1596.259	1594.769	722856.527	3979078.515	243.469g	2.50	-2.50
103	3060.000	1596.305	1594.868	722879.801	3979059.586	243.469g	2.50	-2.50
104	3090.000	1596.083	1594.918	722903.076	3979040.657	243.469g	2.50	-2.50
105	3120.000	1596.341	1594.918	722926.350	3979021.728	243.469g	2.50	-2.50
106	3150.000	1596.365	1594.868	722949.624	3979002.799	243.469g	2.50	-2.50
107	3180.000	1596.082	1594.768	722972.898	3978983.870	243.469g	2.50	-2.50
108	3210.000	1595.367	1594.618	722996.172	3978964.941	243.469g	2.50	-2.50
109	3240.000	1594.467	1594.418	723019.447	3978946.011	243.469g	2.50	-2.50
110	3270.000	1594.060	1594.167	723042.721	3978927.082	243.469g	2.50	-2.50
111	3300.000	1594.104	1593.867	723065.995	3978908.153	243.469g	2.50	-2.50
112	3330.000	1594.087	1593.543	723089.269	3978889.224	243.469g	2.50	-2.50
113	3360.000	1593.823	1593.219	723112.543	3978870.295	243.469g	2.50	-2.50
114	3390.000	1593.834	1592.894	723135.817	3978851.366	243.469g	2.50	-2.50
115	3420.000	1593.764	1592.570	723159.092	3978832.437	243.469g	2.50	-2.50
116	3450.000	1593.906	1592.267	723182.366	3978813.507	243.469g	2.50	-2.50
117	3480.000	1594.414	1592.099	723205.640	3978794.578	243.469g	2.50	-2.50
118	3510.000	1595.105	1592.080	723228.914	3978775.649	243.469g	2.50	-2.50
119	3540.000	1595.421	1592.212	723252.188	3978756.720	243.469g	2.50	-2.50
120	3570.000	1595.560	1592.493	723275.463	3978737.791	243.469g	2.50	-2.50
121	3600.000	1595.843	1592.917	723298.737	3978718.862	243.469g	2.50	-2.50
122	3630.000	1596.053	1593.377	723322.011	3978699.933	243.469g	2.50	-2.50
123	3660.000	1596.322	1593.837	723345.285	3978681.003	243.469g	2.50	-2.50
124	3690.000	1596.566	1594.297	723368.559	3978662.074	243.469g	2.50	-2.50
125	3720.000	1596.794	1594.757	723391.833	3978643.145	243.469g	2.50	-2.50
126	3750.000	1597.077	1595.217	723415.108	3978624.216	243.469g	2.50	-2.50
127	3780.000	1597.273	1595.677	723438.382	3978605.287	243.469g	2.50	-2.50
128	3810.000	1597.377	1596.137	723461.656	3978586.358	243.469g	2.50	-2.50

129	3840.000	1597.474	1596.597	723484.930	3978567.429	243.469g	2.50	-2.50
130	3870.000	1597.819	1597.057	723508.204	3978548.499	243.469g	2.50	-2.50
131	3900.000	1598.440	1597.517	723531.478	3978529.570	243.469g	2.50	-2.50
132	3930.000	1598.912	1597.977	723554.753	3978510.641	243.469g	2.50	-2.50
133	3960.000	1599.263	1598.437	723578.027	3978491.712	243.469g	2.50	-2.50
134	3990.000	1599.908	1598.897	723601.301	3978472.783	243.469g	2.50	-2.50
135	4020.000	1600.472	1599.357	723624.575	3978453.854	243.469g	2.50	-2.50
136	4050.000	1601.177	1599.817	723647.849	3978434.925	243.469g	2.50	-2.50
137	4080.000	1601.991	1600.277	723671.124	3978415.995	243.469g	2.50	-2.50
138	4110.000	1602.533	1600.737	723694.398	3978397.066	243.469g	2.50	-2.50
139	4140.000	1602.969	1601.197	723717.672	3978378.137	243.469g	2.50	-2.50
140	4170.000	1603.341	1601.657	723740.946	3978359.208	243.469g	2.50	-2.50
141	4200.000	1603.646	1602.116	723764.220	3978340.279	243.469g	2.50	-2.50
142	4230.000	1603.958	1602.577	723787.494	3978321.350	243.469g	2.50	-2.50
143	4260.000	1604.297	1603.036	723810.769	3978302.420	243.469g	2.50	-2.50
144	4290.000	1604.652	1603.496	723834.043	3978283.491	243.469g	2.50	-2.50
145	4320.000	1604.945	1603.956	723857.317	3978264.562	243.469g	2.50	-2.50
146	4350.000	1605.219	1604.416	723880.591	3978245.633	243.469g	2.50	-2.50
147	4380.000	1605.487	1604.876	723903.865	3978226.704	243.469g	2.50	-2.50
148	4410.000	1605.853	1605.336	723927.140	3978207.775	243.469g	2.50	-2.50
149	4440.000	1606.172	1605.796	723950.414	3978188.846	243.469g	2.50	-2.50
150	4470.000	1606.516	1606.256	723973.688	3978169.916	243.469g	2.50	-2.50
151	4500.000	1606.826	1606.716	723996.962	3978150.987	243.469g	2.50	-2.50
152	4530.000	1607.295	1607.176	724020.236	3978132.058	243.469g	2.50	-2.50
153	4560.000	1607.702	1607.636	724043.510	3978113.129	243.469g	2.50	-2.50
154	4590.000	1608.196	1608.096	724066.785	3978094.200	243.469g	2.50	-2.50
155	4620.000	1608.755	1608.556	724090.059	3978075.271	243.469g	2.50	-2.50
156	4650.000	1609.220	1609.016	724113.333	3978056.342	243.469g	2.50	-2.50
157	4680.000	1609.820	1609.476	724136.607	3978037.412	243.469g	2.50	-2.50
158	4710.000	1610.391	1609.936	724159.881	3978018.483	243.469g	2.50	-2.50
159	4740.000	1611.027	1610.396	724183.156	3977999.554	243.469g	2.50	-2.50
160	4770.000	1611.641	1610.856	724206.430	3977980.625	243.469g	2.50	-2.50
161	4800.000	1612.268	1611.316	724229.704	3977961.696	243.469g	2.50	-2.50
162	4830.000	1612.962	1611.776	724252.978	3977942.767	243.469g	2.50	-2.50
163	4860.000	1613.765	1612.236	724276.252	3977923.838	243.469g	2.50	-2.50
164	4890.000	1614.321	1612.696	724299.526	3977904.908	243.469g	2.50	-2.50
165	4920.000	1614.773	1613.156	724322.801	3977885.979	243.469g	2.50	-2.50
166	4950.000	1615.814	1613.616	724346.075	3977867.050	243.469g	2.50	-2.50
167	4980.000	1616.684	1614.076	724369.349	3977848.121	243.469g	2.50	-2.50
168	5010.000	1617.085	1614.536	724392.623	3977829.192	243.469g	2.50	-2.50
169	5040.000	1617.415	1614.996	724415.897	3977810.263	243.469g	2.50	-2.50
170	5061.778	1617.343	1615.330	724432.793	3977796.522	243.469g	2.50	-2.50

VOLUMES TERRASSEMENT (CUBATURES)

Logiciel de calcul: Piste 5.05

Projet: Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN23 entre (Pk285-290)

Méthode : Gulden

Longueur de l'axe: 5061.778m.

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME	DEBLAI VOLUME	DECAPAGE VOLUME	PURGE VOLUME
1	0.000	8.9	380.4	0.0	0.0
2	30.000	0.0	997.7	0.0	0.0
3	60.000	0.0	1175.7	0.0	0.0
4	90.000	0.0	1117.0	0.0	0.0
5	120.000	0.0	1304.7	0.0	0.0
6	150.000	0.0	1841.2	0.0	0.0
7	180.000	0.0	1463.1	0.0	0.0
8	210.000	0.0	1370.0	0.0	0.0
9	240.000	0.0	1432.7	0.0	0.0
10	270.000	0.0	1450.4	0.0	0.0
11	300.000	0.0	1188.2	0.0	0.0
12	330.000	154.0	714.6	0.0	0.0
13	360.000	0.0	1104.9	0.0	0.0
14	390.000	0.0	1758.9	0.0	0.0
15	420.000	0.0	2130.5	0.0	0.0
16	450.000	0.0	1890.5	0.0	0.0
17	480.000	0.0	1988.9	0.0	0.0
18	510.000	0.0	2084.6	0.0	0.0
19	540.000	0.0	2155.0	0.0	0.0
20	570.000	0.0	2312.1	0.0	0.0
21	600.000	0.0	2584.9	0.0	0.0
22	630.000	0.0	2928.4	0.0	0.0
23	660.000	0.0	2756.0	0.0	0.0
24	690.000	62.7	2742.2	0.0	0.0
25	720.000	70.9	2854.4	0.0	0.0
26	750.000	240.6	2757.0	0.0	0.0
27	780.000	688.4	2126.9	0.0	0.0
28	810.000	958.0	1776.5	0.0	0.0
29	840.000	1383.1	1241.1	0.0	0.0
30	870.000	2164.0	0.0	0.0	0.0
31	900.000	1431.2	0.0	0.0	0.0
32	930.000	714.0	184.5	0.0	0.0
33	960.000	234.6	80.5	0.0	0.0
34	990.000	0.0	1087.7	0.0	0.0
35	1020.000	0.0	2625.7	0.0	0.0

36	1050.000	0.0	4706.4	0.0	0.0
37	1080.000	0.0	4153.6	0.0	0.0
38	1110.000	0.0	4994.5	0.0	0.0
39	1140.000	0.0	6002.1	0.0	0.0
40	1170.000	0.0	6969.2	0.0	0.0
41	1200.000	0.0	7437.5	0.0	0.0
42	1230.000	0.0	7483.8	0.0	0.0
43	1260.000	0.0	7577.4	0.0	0.0
44	1290.000	0.0	6811.0	0.0	0.0
45	1320.000	0.0	5935.2	0.0	0.0
46	1350.000	0.0	5716.7	0.0	0.0
47	1380.000	0.0	5748.0	0.0	0.0
48	1410.000	0.0	5312.9	0.0	0.0
49	1440.000	0.0	5323.1	0.0	0.0
50	1470.000	0.0	4767.0	0.0	0.0
51	1500.000	0.0	4227.1	0.0	0.0
52	1530.000	0.0	3876.0	0.0	0.0
53	1560.000	0.0	3500.4	0.0	0.0
54	1590.000	0.0	3163.9	0.0	0.0
55	1620.000	0.0	2794.2	0.0	0.0
56	1650.000	0.0	2512.6	0.0	0.0
57	1680.000	0.0	2095.5	0.0	0.0
58	1710.000	0.0	1965.1	0.0	0.0
59	1740.000	0.0	1757.4	0.0	0.0
60	1770.000	0.0	1681.4	0.0	0.0
61	1800.000	0.0	1586.0	0.0	0.0
62	1830.000	0.0	1406.3	0.0	0.0
63	1860.000	0.0	1141.0	0.0	0.0
64	1890.000	0.0	932.5	0.0	0.0
65	1920.000	0.6	404.8	0.0	0.0
66	1950.000	140.6	266.8	0.0	0.0
67	1980.000	193.2	261.8	0.0	0.0
68	2010.000	673.5	127.1	0.0	0.0
69	2040.000	979.0	136.4	0.0	0.0
70	2070.000	1439.2	7.5	0.0	0.0
71	2100.000	2243.5	0.8	0.0	0.0
72	2130.000	3219.4	0.0	0.0	0.0
73	2160.000	3811.8	0.1	0.0	0.0
74	2190.000	3237.3	0.0	0.0	0.0
75	2220.000	3757.5	0.9	0.0	0.0
76	2250.000	5146.3	0.0	0.0	0.0
77	2280.000	5659.2	0.0	0.0	0.0
78	2310.000	5335.8	0.0	0.0	0.0
79	2340.000	4398.5	0.0	0.0	0.0
80	2370.000	4072.6	0.0	0.0	0.0
81	2400.000	3903.8	0.0	0.0	0.0

82	2430.000	3712.8	0.0	0.0	0.0
83	2460.000	3372.5	0.0	0.0	0.0
84	2490.000	3167.0	0.0	0.0	0.0
85	2520.000	3081.9	0.0	0.0	0.0
86	2550.000	3160.8	0.0	0.0	0.0
87	2580.000	3086.3	0.0	0.0	0.0
88	2610.000	3122.3	0.0	0.0	0.0
89	2640.000	3197.2	0.0	0.0	0.0
90	2670.000	3259.2	0.0	0.0	0.0
91	2700.000	2773.3	0.0	0.0	0.0
92	2730.000	2348.0	0.0	0.0	0.0
93	2760.000	1831.7	0.0	0.0	0.0
94	2790.000	1326.7	0.0	0.0	0.0
95	2820.000	913.2	0.0	0.0	0.0
96	2850.000	575.4	0.0	0.0	0.0
97	2880.000	43.5	75.6	0.0	0.0
98	2910.000	0.0	540.5	0.0	0.0
99	2940.000	0.0	935.2	0.0	0.0
100	2970.000	0.0	1265.9	0.0	0.0
101	3000.000	0.0	1547.4	0.0	0.0
102	3030.000	0.0	1815.5	0.0	0.0
103	3060.000	0.0	1927.9	0.0	0.0
104	3090.000	0.0	1740.7	0.0	0.0
105	3120.000	0.0	1962.8	0.0	0.0
106	3150.000	0.0	2062.7	0.0	0.0
107	3180.000	0.0	1958.5	0.0	0.0
108	3210.000	0.0	1534.4	0.0	0.0
109	3240.000	0.0	934.3	0.0	0.0
110	3270.000	0.0	814.1	0.0	0.0
111	3300.000	0.0	1064.1	0.0	0.0
112	3330.000	0.0	1315.0	0.0	0.0
113	3360.000	0.0	1426.4	0.0	0.0
114	3390.000	0.0	1770.4	0.0	0.0
115	3420.000	0.0	1761.6	0.0	0.0
116	3450.000	0.0	2286.2	0.0	0.0
117	3480.000	0.0	3140.8	0.0	0.0
118	3510.000	0.0	3558.4	0.0	0.0
119	3540.000	0.0	3746.6	0.0	0.0
120	3570.000	0.0	3689.9	0.0	0.0
121	3600.000	0.0	3507.8	0.0	0.0
122	3630.000	0.0	3144.8	0.0	0.0
123	3660.000	0.0	2871.6	0.0	0.0
124	3690.000	0.0	2613.2	0.0	0.0
125	3720.000	0.0	2251.1	0.0	0.0
126	3750.000	0.0	2000.8	0.0	0.0
127	3780.000	0.0	1746.6	0.0	0.0

128	3810.000	0.0	1487.5	0.0	0.0
129	3840.000	0.0	1347.3	0.0	0.0
130	3870.000	0.0	1195.7	0.0	0.0
131	3900.000	0.0	1089.7	0.0	0.0
132	3930.000	0.0	1051.8	0.0	0.0
133	3960.000	0.0	1014.9	0.0	0.0
134	3990.000	0.0	1026.9	0.0	0.0
135	4020.000	0.0	1057.6	0.0	0.0
136	4050.000	0.0	1097.5	0.0	0.0
137	4080.000	0.0	1192.2	0.0	0.0
138	4110.000	0.0	1594.0	0.0	0.0
139	4140.000	0.0	2033.8	0.0	0.0
140	4170.000	0.0	1797.0	0.0	0.0
141	4200.000	0.0	1592.4	0.0	0.0
142	4230.000	0.0	1410.5	0.0	0.0
143	4260.000	0.0	1204.1	0.0	0.0
144	4290.000	0.0	915.7	0.0	0.0
145	4320.000	0.0	825.4	0.0	0.0
146	4350.000	0.0	763.6	0.0	0.0
147	4380.000	0.0	705.4	0.0	0.0
148	4410.000	0.0	679.0	0.0	0.0
149	4440.000	0.0	645.7	0.0	0.0
150	4470.000	6.0	426.1	0.0	0.0
151	4500.000	1.7	310.0	0.0	0.0
152	4530.000	0.0	285.2	0.0	0.0
153	4560.000	7.4	251.0	0.0	0.0
154	4590.000	18.8	240.7	0.0	0.0
155	4620.000	48.6	272.5	0.0	0.0
156	4650.000	50.3	293.2	0.0	0.0
157	4680.000	3.4	382.9	0.0	0.0
158	4710.000	0.0	681.0	0.0	0.0
159	4740.000	0.0	823.4	0.0	0.0
160	4770.000	0.0	962.4	0.0	0.0
161	4800.000	0.0	1252.8	0.0	0.0
162	4830.000	0.0	1633.2	0.0	0.0
163	4860.000	0.0	2038.6	0.0	0.0
164	4890.000	0.0	2474.8	0.0	0.0
165	4920.000	0.0	2194.3	0.0	0.0
166	4950.000	0.0	2825.0	0.0	0.0
167	4980.000	0.0	2805.0	0.0	0.0
168	5010.000	0.0	2763.3	0.0	0.0
169	5040.000	0.0	2260.8	0.0	0.0
170	5061.778	0.0	771.5	0.0	0.0
		95430	291077	0	0

VOLUMES CHAUSSEE

Logiciel: Piste 5.05

Projet: Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN23 entre (Pk285-290)

Longueur de l'axe: 5061.778m

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME	BASE VOLUME	CHAUSSEE VOLUME	ACCOTE VOLUME	T.P.C. VOLUME
1	0.000	35.8	38.1	14.7	27.1	53.4
2	30.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
3	60.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
4	90.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
5	120.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
6	150.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
7	180.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
8	210.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
9	240.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
10	270.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
11	300.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
12	330.000	71.6	76.2	29.4	54.1	106.9
13	360.000	71.6	76.2	29.4	49.7	106.9
14	390.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
15	420.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
16	450.000	71.6	76.2	29.4	51.9	106.9
17	480.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
18	510.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
19	540.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
20	570.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
21	600.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
22	630.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
23	660.000	71.6	76.2	29.4	51.9	106.9
24	690.000	71.6	76.2	29.4	54.1	106.9
25	720.000	71.6	76.2	29.4	54.1	106.9
26	750.000	71.6	76.2	29.4	54.1	106.9
27	780.000	71.6	76.2	29.4	54.1	106.9
28	810.000	71.6	76.2	29.4	54.1	106.9
29	840.000	71.6	76.2	29.4	54.1	106.9
30	870.000	71.6	76.2	29.4	55.3	106.9
31	900.000	71.6	76.2	29.4	55.3	106.9
32	930.000	71.6	76.2	29.4	54.1	106.9
33	960.000	71.6	76.2	29.4	54.1	106.9
34	990.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9

35	1020.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
36	1050.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
37	1080.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
38	1110.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
39	1140.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
40	1170.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
41	1200.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
42	1230.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
43	1260.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
44	1290.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
45	1320.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
46	1350.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
47	1380.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
48	1410.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
49	1440.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
50	1470.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
51	1500.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
52	1530.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
53	1560.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
54	1590.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
55	1620.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
56	1650.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
57	1680.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
58	1710.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
59	1740.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
60	1770.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
61	1800.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
62	1830.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
63	1860.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
64	1890.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
65	1920.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
66	1950.000	71.6	76.2	29.4	54.1	106.9
67	1980.000	71.6	76.2	29.4	54.1	106.9
68	2010.000	71.6	76.2	29.4	54.1	106.9
69	2040.000	71.6	76.2	29.4	54.1	106.9
70	2070.000	71.6	76.2	29.4	49.6	106.9
71	2100.000	71.6	76.2	29.4	53.9	106.9
72	2130.000	71.6	76.2	29.4	54.0	106.9
73	2160.000	71.6	76.2	29.4	53.8	106.9
74	2190.000	71.6	76.2	29.4	54.0	106.9
75	2220.000	71.6	76.2	29.4	52.7	106.9
76	2250.000	71.6	76.2	29.4	53.9	106.9
77	2280.000	71.6	76.2	29.4	53.7	106.9
78	2310.000	71.6	76.2	29.4	52.6	106.9
79	2340.000	71.6	76.2	29.4	54.3	106.9
80	2370.000	71.6	76.2	29.4	54.6	106.9

81	2400.000	71.6	76.2	29.4	54.9	106.9
82	2430.000	71.6	76.2	29.4	55.2	106.9
83	2460.000	71.6	76.2	29.4	55.3	106.9
84	2490.000	71.6	76.2	29.4	55.3	106.9
85	2520.000	71.6	76.2	29.4	55.3	106.9
86	2550.000	71.6	76.2	29.4	55.3	106.9
87	2580.000	71.6	76.2	29.4	55.3	106.9
88	2610.000	71.6	76.2	29.4	55.3	106.9
89	2640.000	71.6	76.2	29.4	55.3	106.9
90	2670.000	71.6	76.2	29.4	55.3	106.9
91	2700.000	71.6	76.2	29.4	55.3	106.9
92	2730.000	71.6	76.2	29.4	55.3	106.9
93	2760.000	71.6	76.2	29.4	55.3	106.9
94	2790.000	71.6	76.2	29.4	55.3	106.9
95	2820.000	71.6	76.2	29.4	55.3	106.9
96	2850.000	71.6	76.2	29.4	55.3	106.9
97	2880.000	71.6	76.2	29.4	54.1	106.9
98	2910.000	71.6	76.2	29.4	48.9	106.9
99	2940.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
100	2970.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
101	3000.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
102	3030.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
103	3060.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
104	3090.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
105	3120.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
106	3150.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
107	3180.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
108	3210.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
109	3240.000	71.6	76.2	29.4	49.8	106.9
110	3270.000	71.6	76.2	29.4	53.9	106.9
111	3300.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
112	3330.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
113	3360.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
114	3390.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
115	3420.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
116	3450.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
117	3480.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
118	3510.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
119	3540.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
120	3570.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
121	3600.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
122	3630.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
123	3660.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
124	3690.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
125	3720.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
126	3750.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9

127	3780.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
128	3810.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
129	3840.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
130	3870.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
131	3900.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
132	3930.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
133	3960.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
134	3990.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
135	4020.000	71.6	76.2	29.4	50.6	106.9
136	4050.000	71.6	76.2	29.4	49.0	106.9
137	4080.000	71.6	76.2	29.4	50.5	106.9
138	4110.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
139	4140.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
140	4170.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
141	4200.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
142	4230.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
143	4260.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
144	4290.000	71.6	76.2	29.4	50.5	106.9
145	4320.000	71.6	76.2	29.4	50.6	106.9
146	4350.000	71.6	76.2	29.4	49.7	106.9
147	4380.000	71.6	76.2	29.4	50.0	106.9
148	4410.000	71.6	76.2	29.4	51.0	106.9
149	4440.000	71.6	76.2	29.4	52.6	106.9
150	4470.000	71.6	76.2	29.4	54.1	106.9
151	4500.000	71.6	76.2	29.4	52.2	106.9
152	4530.000	71.6	76.2	29.4	54.9	106.9
153	4560.000	71.6	76.2	29.4	54.6	106.9
154	4590.000	71.6	76.2	29.4	55.2	106.9
155	4620.000	71.6	76.2	29.4	55.3	106.9
156	4650.000	71.6	76.2	29.4	55.3	106.9
157	4680.000	71.6	76.2	29.4	53.6	106.9
158	4710.000	71.6	76.2	29.4	49.8	106.9
159	4740.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
160	4770.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
161	4800.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
162	4830.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
163	4860.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
164	4890.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
165	4920.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
166	4950.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
167	4980.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
168	5010.000	71.6	76.2	29.4	52.9	106.9
169	5040.000	61.8	65.7	25.4	45.7	92.2
170	5061.778	26.0	27.6	10.7	19.2	38.8
		12076	12850	4961	8969	18034