

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La
Recherche Scientifique



UNIVERSITE DE ABDELHAMID IBN BADISS DE MOSATAGENM
FACULTE DES SCINCES ET TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL
OPTION ; VOIES ET OUVRAGES D'ARTS

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

Mémoire de Fin d'Études de la 2^{ème} Année Master

Thème

ETUDE DU DEDOUBLEMENT DE L'EVITEMENT DE LA

COMMUNE LAEYOUNNE (RN14) AU NIVEAU DE LA WILAYA DE
TISSEMSILT SUR UN LINEAIRE 05 KMS,SOIT(DU PK 79 +730 AU PK 84 +735).

Présenté par :

- ❖ M^r. AOUAM HOUARI
- ❖ M^r. SAHLI AHMED

Encadrant :M^r Soltane Benallou Kaddour

M^r.Belguesmia Noredine
M^r.Bouhaloufa Ahmed
M^r. Cherif Mourad

M.C.A
M.A.A
Enseignant Contributeur

Président
Examineur
Invite

Promotion : 2022-2023



Dédicace

Je dédie ce mémoire

*A tous les membres de ma famille, et
à tous ceux qui ont une relation
proche ou éloignée avec elle, à mes
amis et collègues de l'université.*

*Sans oublier tous les professeurs qui
ont aidé à soutenir l'université.*



houari



Dédicace

Grace à Allah le toute puissant, qui a me donné la volonté, qui a

m'éclairé vers

le bon chemin,

Que nul ne peut se faire sans désir,

Je dédie cette étude à mes parents pour leurs affections et

amours.

A mes frères.

A toute la famille.

A tous mes collègues et mes amis

Sahli Ahmed

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier en premier lieu et avant tout ALLAH le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir notre travail dans les meilleures conditions.

Je cite nommément :

Nos familles pour les sacrifices faites pour que nous puissions terminer nos études.

*Notre encadreur M^r **Soltane Benallou Kaddour**; pour avoir accepté de nous prendre en charge dans le suivi du modeste travail présente .*

*Nos remerciements s'adressent à l'ensemble des professeurs et du personnel pédagogique de **Université Abd Elhamid Ibn badis**. qui nous ont accompagnés tout au long de ces années d'études.*

Sans oublier de remercier l'ensemble des collègues étudiants en Génie Civil

Nous remercions encore l'ensemble des Membres de jury qui acceptent de contribuer à donner une finesse scientifique et technique à notre Projet .

Résumé

Le sujet de fin de notre étude repose sur l'étude du dédoublement d'un tronçon de la commune de Laayoune (RN14) au niveau de la wilaya de tissemsilt, sur linéaire de 05 km.

Ce projet a été lancé par la Direction des Travaux Publics de la Wilaya de Tissemsilt, à une distance d'environ 12 km dont nous nous contentons de prendre en charge l'étude de 05 km, soit (du Pk 79 + 730 au Pk 84 + 735).

Notre objectif avec l'étude actuelle est d'appliquer nos connaissances acquises au cours de notre formation et de mettre en évidence; Critères d'ingénierie, choix du terrain, étude de trafic, choix des axes et des rayons, traçage de la ligne rouge sur le profil en long et détermination des éléments du profil en travers, Calcul de cubes pour connaître les dimensions des morceaux et des remblais, Principes généraux d'aménagement de jonction et géotechniques pour calculer les propriétés géotechniques du sol support utilisé sur la route et les dimensions du corps de chaussée.

Enfin, une signalisation routière prenant en compte l'aspect économique et financier.

L'étude de ce tronçon a pour but de trouver une solution technique et socio-économique pour éviter les dangers de poids lourd et d'encombrement au centre-ville de la commune de Laayoune.

Dans le cadre de cette étude, nous attachons une grande importance à

Sécurité routière et confort routier pour les usagers de la route.

SOMMAIRE

- **REMERCIEMENT**
- **RESUME**
- **LISTE DES TABLEAUX**
- **LISTE DES FIGURES**

Page

INTRODUCTION GENERALE	01
------------------------------------	----

CHAPITRE I. PRESENTATION DU PROJET

I.1 PRESENTATION DU PROJET	02
I.2 Relief.....	03
I.3 CONTEXE CLIMATIQUE	03
I.4 Présentation et situation du projet.....	05
I.5 Objectif de l'étude.....	06
I.6 DESCRIPTION DU PROJET	07

CHAPITRE II. ETUDE DE TRAFIC

II.1 Introduction	08
II.2 ANALYSE DU TRAFIC.....	08
II.3 DIFFERENTS TYPE DE TRAFIC.....	09
II.4 MODELES DE PRESENTATION DE TRAFIC.....	09
II.5 CALCUL DE LA CAPACITE.	11
II.6 CONCLUSION.....	17

CHAPITRE IX. DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

III.1 INTRODUCTION.....	18
III.2 LA CHAUSSEE	18
III.3 FACTEURS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT	21
III.4 LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT.....	23
III.5 DETERMINATION DE LA CLASSE DE TRAFIC.....	28
III.6 Détermination de la classe du sol (portance).....	29
III.7 CONCLUSION.....	31

CHAPITRE III. TRACE EN PLAN

IV.1 GENERALITE	32
IV.2 REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE EN PLAN	32
IV.3 LES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN.....	32

IV.4 LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT	38
IV.5 COMBINAISON DES ELEMENTS DU TRACE EN PLAN	40
IV.6 PARAMETRES FONDAMENTAUX	41
IV.7 LA VITESSE DE REFERENCE (DE BASE).....	42
IV.8 CALCUL D'AXE.....	48
III.9 CARACTERISTIQUES DE LA COURBE DE RACCORDEMENT.....	48

CHAPITRE IV. PROFIL EN LONG

V.1 DEFINITION.....	68
V.2 REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DU PROFIL EN LONG.....	68
V.3 LES ELEMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG.....	69
V.4 COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG	69
V.5 DEFINITION DE LA DECLIVITE	69
V.6 RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG.....	71
V.7 DETERMINATION PRATIQUES DU PROFIL EN LONG	74
V.8 APPLICATION AU PROJET REALISE A LAIDE LOGICIEL COVADIS.....	78

CHAPITRE V. PROFIL EN TRAVERS

VI.1 DEFINITION	79
VI.2 DIFFERENTS TYPES DE PROFIL EN TRAVERS	79
VI.3 LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU PROFIL EN TRAVERS.....	80
VI.4 APPLICATION AU PROJET.....	81
VI.5 PROFIL EN TRAVERS COURANT.....	81

CHAPITRE VI. LES CUBATURES

VII.1 GENERALITES	85
VII.2 DEFINITION.....	85
VII.3 METHODES DE CALCUL DES CUBATURES.....	85
VII.4 APPLICATION	86

CHAPITRE VIII. ETUDE GEOTECHNIQUE

VIII.1 Introduction	90
VIII.2 LES MOYENS DE LA RECONNAISSANCE.....	90
VIII.3 LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE.....	93
VIII.4 CONDITION D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS	102

CHAPITRE X**ASSINISEMENT**

IX.1	INTRODUCTION	103
IX.2	DRAINAGE DES EAUX SOUTERRAINES	103
IX.3	DIFINITION.....	104
IX.4	CALCULS DES DEBITS	105
IX.5	LES DONNEES PLUVIMETRIQUES	109

CHAPITRE XI.**SIGNALISATION**

X.1	INTRODUCTION	112
X.2	Historique de la signalisation	112
X.3	Les équipement et la signalisation exigeante.....	112
X.4	Les dispositifs retenus.	113
X.5	Les différents types de signalisation.....	113
X.6	Marques sur les routes	113
X.7	Les critères de conception de la signalisation	114
X.8	Application au projet.....	115

CHAPITRE XII.**DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF**

.....116

CONCLUSION GENERALE

.....117

BIBLIOGRAPHIE**ANNEXES**

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAUX	TITRE	PAGE
CHAPITRE : II ETUDE DE TRAFIC		
TAB.II.1	Coefficient D'équivalence (B40)	12
TAB.II.2	Valeurs De K1	13
TAB.II.3	Valeurs De	13
TAB.II.4	K2 Valeurs	14
TAB.II.5	De C th	14
TAB.II.6	Environnement de la route Les résultats d'étude de trafic	17
CHAPITRE : III DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE		
TAB.III.1	coefficients d'équivalence pour quelque matériaux	25
TAB.III.2	: la classe de trafic	29
TAB.III.3	représentatif de la classe de sol en fonction de l'indice CBR	29
TAB.III.4	représentatif de la classe de sol en fonction de Module (MPA)	30
TAB.III.5	les différentes méthodes récapitulatif des épaisseurs de corps de chaussée	31
CHAPITRE : IV TRACE EN PLAN		
TAB.IV.1	Rayons Du Tracé En Plan	35
TAB.IV.2	paramètres du tracé en plan. Norme B40	41
TAB. IV.3	Valeurs des vitesses de références en angle rentrant	43
TAB. IV.4	Hauteur de l'œil et des obstacles	44
TAB. IV.5	Coefficient de frottement longitudinal	45
TAB. IV.6	Distance de visibilité de dépassement normale et minimal	47
TAB. IV.7	les Coordonnées des points de sommet	50
TAB. IV.8	les Valeurs des gisements et des distance	51
TAB. IV.9	les calculs de rayon de la route	53
TAB. IV.10	les somme des dénivelées cumulées	55
TAB. IV.11	Type de topographie	63
TAB. IV.12	Tableau d'Environnement de la route	65

TAB. IV.13	Calcul Des Coordonnées Des Points Singuliers	66
CHAPITRE : V PROFIL EN LONG		
TAB. V.1	Déclivité Maximum	70
TAB. V.2	Rayons minimaux selon la Norme B40 en angle saillant	72
TAB. V3	Rayons minimaux selon la Norme B40 en angle rentrant	73
TAB. V.4	récapitulatif d'arcs de parabole utilisée	77
CHAPITRE : IX Étude Géotechnique		
TAB.VIII.1	Les valeurs de vitesses d'ondes P en fonction de la nature du sol	92
TAB.VIII.2	Classification Des Sols Par Dimension Du Grain	95
TAB.VIII .3	Classer Indice De Plasticité	96
TAB.VIII .4	Détaille Essai Proctor	100
CHAPITRE : X Assainissement		
TAB.X.1	Les valeurs de vitesses d'ondes P en fonction de la nature du sol	106
TAB.X.2	Les valeurs dela pluie journalière moyenne	107
CHAPITRE XII : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF		
TAB. XII.1 .1	Devis Quantitatif Et Estimatif	121

LISTE DES FIGURES		
FIGURES	TITRE	PAGE
CHAPITRE : I PRESENTATION DE PROJET		
Fig. I-1	Carte de situation géographique de la wilaya de tissemsilt	2
Fig. I-2	les reliefs et montagnes Ouarsenis dans la wilaya de tissemsilt	3
Fig. I-3	Réseau routier de la wilaya de tissemsilt	4
Fig. I-4	Photo satellitaire sur laquelle le tronçon est liserée bleue	5
Fig. I-5	Figure I-5 situation de projet	5
Fig. I-6	Figure I-6 Photo satellite illustrant la topographie du site	7
CHAPITRE : II ETUDE DE TRAFIC		
CHAPITRE : III DIMENSIONNEMENT DU CORPS DECHAUSSEE		
Fig.III.1	Chaussée souple	19
Fig.III.2	Structure type d'une chaussée rigide	21
Fig.III.3	.Organigramme de la démarche du catalogue	26

CHAPITRE : IV LE TEACE EN PLAN

Fig. IV .1	Les éléments du trace en plan	32
Fig. IV .2	Courbe de Raccordement Clothoïde	39
Fig. IV .3	Condition de gauchissement	39
Fig. IV .4	Courbe En S	40
Fig. IV .5	Courbe A Sommet	40
Fig. IV .6	Courbe En C	41
Fig. IV .7	Courbe En Ovale	41
Fig. IV .8	éléments du profil en long pour définir le relief	55
Fig. IV .9	éléments de l'axe en plan pour définir la sinuosité	64

CHAPITRE : V ROFIL EN LONG

Fig.V.1	Calcul pratique profil en long	77
Fig.V.2	profil en long	78

CHAPITRE : V ROFIL EN TRAVERS

Fig.VI.1	Les Eléments Constitutifs Du Profil En Travers	79
Fig.VI.2	Profil En Travers en deblais	82
Fig.VI.3	: tableau du corps de chaussée	82
Fig.VI.4	détail fossé bétonné	83
Fig.VI.5	détail séparateur en béton DBA	84

CHAPITRE : VI CUBATURES

Fig.VII.1	le profil en long d'un tracé donné	86
Fig.VII.2	: utilisation de la méthode de gulden	88
Fig.VII.3	les étapes de calcul de cubature sous COVADIS	89

CHAPITRE : VIII ETUDE GEOTECHNIQUE

Fig. VIII-1	Appareil De Tamisage	95
Fig. VIII-2	Appareil De Limites d'Atterberg	96
Fig. VIII-3	Courbe Proctor	99

CHAPITRE : IX ASSINISEMENT

Fig.IX.1	détail dimensionnement des fossé	109
----------	----------------------------------	-----

CHAPITRE : XI SIGNALISATION

Fig.X.2	exemple d'implantation d'un panneau	116
---------	-------------------------------------	-----

Fig X, 3	Figure dimensionnement des panneaux	117
Fig.X.4	Position de la Signalisation Horizontale	118
Fig.X.5	Glissières de sécurité	119

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

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 un élément fondamental dans le processus de développement du pays. En vue de préserver ce patrimoine routier, l'Etat alloue annuellement des sommes considérables mais restent toujours insuffisantes vu l'état actuel du réseau qui subit des dégradations de manière continue suite aux contraintes exercées par l'usage fonctionnelle de rythme croissant et aussi l'enceinté du réseau . 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 Renouvellement des chaussées dégradées selon l'intensité du trafic supporté ; celles menées sur quelques sections de route dont le trafic est inférieur à 2500 véhicules par jour ont montré que le taux de rentabilité pour les types renforcement lourd est faible, d'autres part l'état de dégradation avancé de ces sections faisait que les travaux d'entretien classique ne soient plus suffisants. C'est précisément ce type de route qu'il a été intéressant d'intégrer dans le cadre de la recherche d'une solution intermédiaire qui est la technique de modernisation. On veut entendre par modernisation l'ensemble des actions de :

- Renforcement (problèmes de portance),
- Rectifications géométriques,
- Problèmes de dépendances de la route aux actions de sécurité (signalisation, points noirs), accompagnées des actions d'amélioration du système de drainage, réunies afin d'améliorer l'état et le niveau de service d'une chaussée.

CHAPITRE I

PRESENTATION DU PROJET

I.1 présentation de projet :

Le mémoire technique présente une Etude de dédoublement d'un évitement de la RN14 au niveau de la wilaya de **Tissemsilt** sur un linéaire d'environ 05 kms.

Cette section se situe entre la commune de **Laayoune** et la commune de **Khmisti**.

La wilaya de Tissemsilt, situé à l'ouest du pays dans la région des Hauts Plateaux, est bordé au nord par les La wilaya d'Ain Defla et de Chlef, à l'ouest par La wilaya de Relizane, au sud par La wilaya de Tiaret, et à l'est par La wilaya de Médéa, sa capitale porte le même nom Tissemsilt située à une distance de 220 km au sud-ouest de l'Algérie La capitale est à 275 km à l'est d'Oran, et la wilaya de Tissemsilt s'étend sur une superficie de 3151,37 km

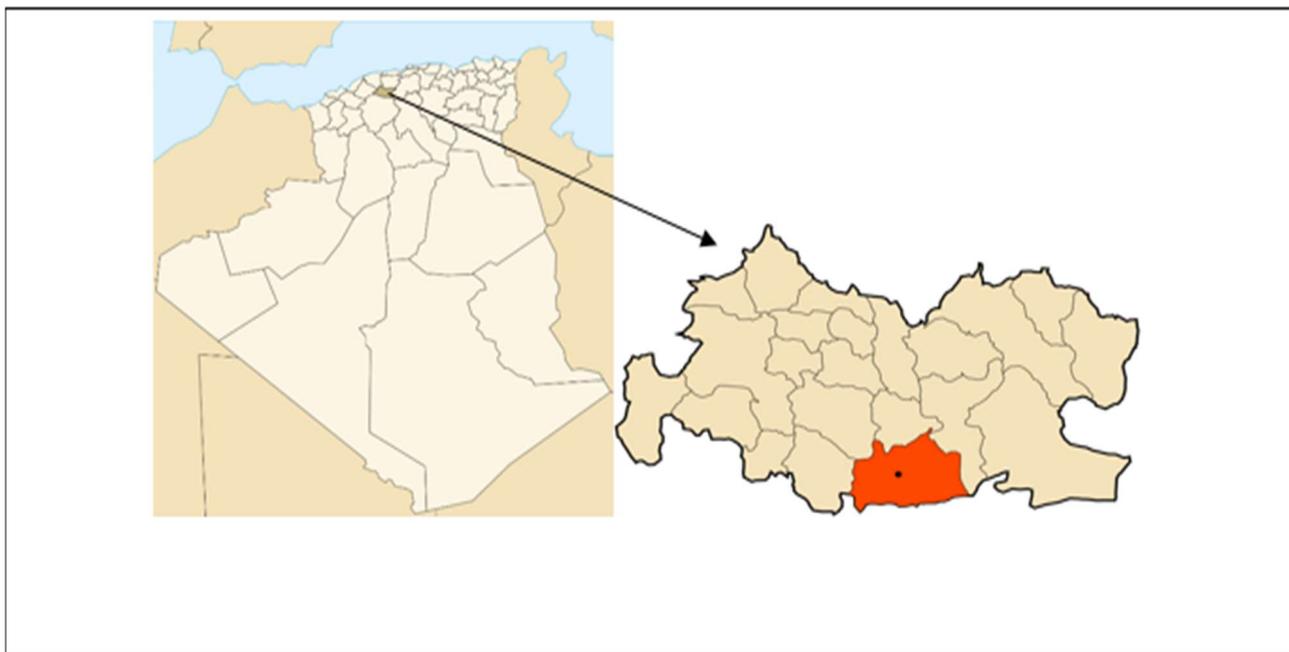


Figure I-1 : Carte de situation géographique de la wilaya de tissemsilt.

I.2 -Relief

Tissemsilt est au milieu de la partie nord-ouest de l'Algérie. Il est situé entre les latitudes 30° et 32° et une longitude de 03° parallèle à la ligne de Greenwich à l'est et à environ 12 minutes d'avance sur l'heure normale universelle. Il est entouré par les jungles d'Aloncharis au nord et au sud par le mont Nadur.



Figure I-2: Les Reliefs et montagnes Ouarsenis dans la wilaya de Tissemsilt

I.3 CONTEXTE CLIMATIQUE

La wilaya de Tisse silt est caractérisé par un climat méditerranéen de type semi-aride au sud et au centre, et de type semi-humide humide dans le massif d'Alonsharbis au nord.

Réseau routier à tissemsilt

Les problèmes posés par la qualité du réseau routier de la wilaya de tissemsilt sont à présent saisis dans leur vraie dimension par les autorités locales, principalement la direction des travaux publics.

L'état de dégradation de certains tronçon, en se greffant à la densité de la circulation enregistré en danger des vies humaines, contribue à la dégradation de l'état du véhicule et cause d'énormes retards l'acheminement des marchandises et le transport du voyageur



Figure I-3 Réseau routier de la wilaya de tissemsilt

On étudie dans notre projet le dédoublement et l'amélioration de la RN 14 de la wilaya de tissemsilt du PK 79+730 au PK 86+780.

I.4 Présentation et situation du projet (voir carte fig. N°4)

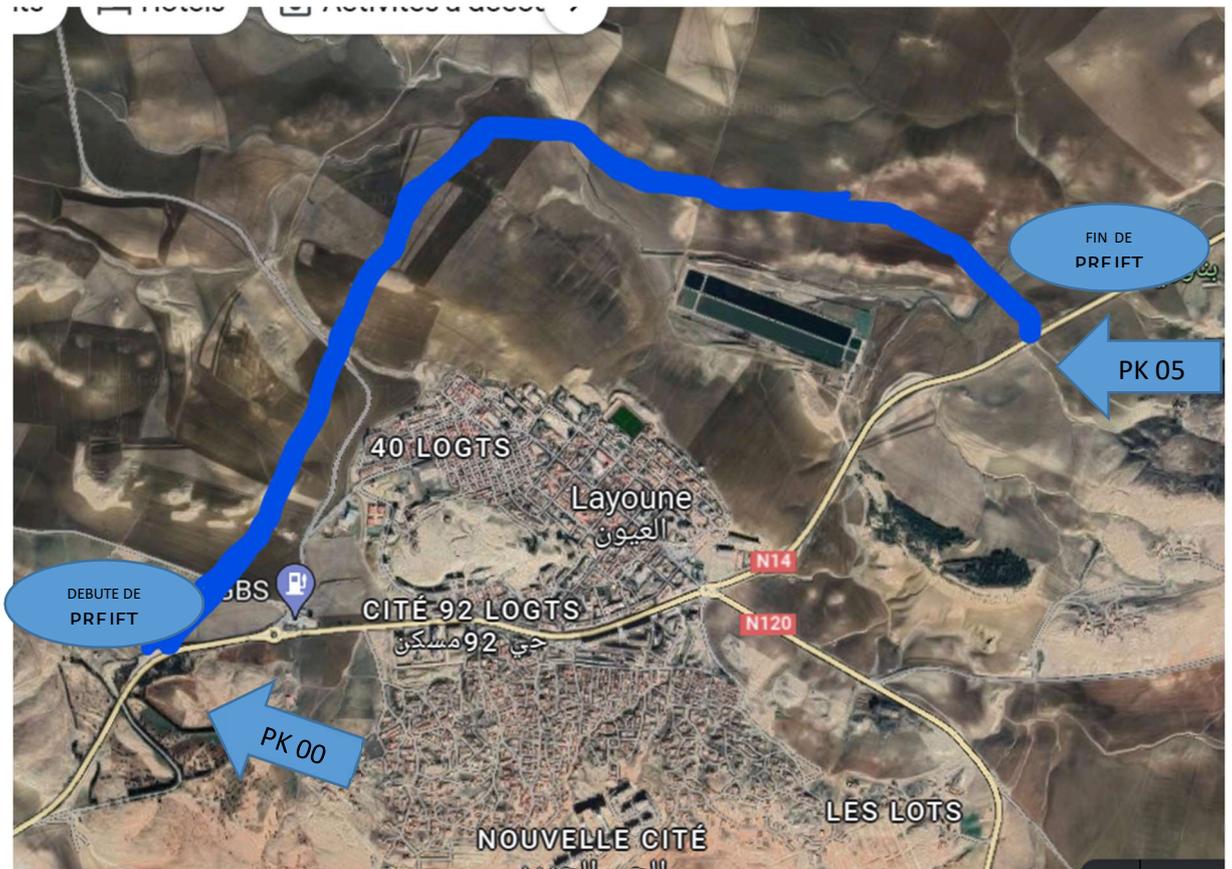


Figure I-4 Une photo satellitaire sur la quelle le tronçon est liserée Bleue



Figure I-5 : situation de projet

I.5 OBJECTIF DE L'ETUDE

L'objectif dans notre étude est L'évitement du centre ville de la commune d'El-Ayoun , il s'inscrit sur la RN14 , Plus précisément au niveau de la commune d'El-Ayoun vers la commune de khmisti, la Rn 14 constitue l'ossature principale du réseau et traverse la commune du Nord au Sud, liant la commune au Nord aux Wilayas : AIN DEFLA. MEDEA et la métropole Algéroise. et au Sud-ouest au chef-lieu de wilaya TISSEMSILT et à la métropole régionale des hauts plateaux Ouest TIARET. Cette route est un axe à intérêt régional important..

Le projet est une route de contournement qui vise à éviter le centre-ville d'El-Ayoun en raison du pourcentage dominant de poids lourds et à drainer l'énorme pourcentage de trafic

Le projet s'étend sur 5 km de la naissance du PK 00 à la fin du PK 05

Dans notre étude nous feront une analyse détaillée des caractéristiques géométriques existantes de la section de route en question et nous proposerons une amélioration en conséquence de toutes les valeurs planimétrique et altimétrique qui ne répondent pas aux normes d'une route nationale.

Nous avons choisi un profil en travers qui répond au mieux à notre projet tenant compte des aspects topographique, physique et fonctionnels de la route ainsi que du budget alloué pour la modernisation.

Nous opterons dans une première étape pour une vitesse de référence de 60 Km/h et dans une deuxième étape pour une vitesse de 80 Km/h .

Les critères de notre étude seront ceux exposés dans le document « B40 : normes techniques d'aménagements des routes » publiés par le ministère des travaux publics.

Nous classerons cette route dans un environnement E 2 étant donné une déclivité et une sinuosité moyenne.

I.6 DESCRIPTION DU PROJET

À l'issue de plusieurs visites effectuées sur le site du projet par notre équipe, appuyées par une campagne photographique, il a été noté les remarques suivantes.

- le projet se situe sur un site montagneux à topographie vallonné



Figure I-6 Photo satellite illustrant la topographie du site

CHAPITRE II

ETUDE DE TRAFIC

I.1 Introduction :

L'étude de trafic est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure 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.

L'étude de trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers. 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 Analyse de trafics :

Pour connaître en un point et à un instant donné le volume et la nature du trafic, il est

Nécessaire de procéder à un comptage. Ces derniers nécessitent une logistique et une Organisation appropriées.

Les analyses de circulation sur les diverses artères du réseau routier sont nécessaires pour

L'élaboration des plans d'aménagement ou de transformation de l'infrastructure, détermination

Des dimensions à donner aux routes et L'étude de trafic est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructure 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.

- appréciation d'utilité des travaux projetés.
- Analyse des éléments et critères ,
- Statistiques générales.
- Comptages sur routes (manuels, automatique).
- Enquêtes de circulation.

I.3 Différents types de trafic :

a) Trafic normal :

C est un trafic existant sur l ancien aménagement sans prendre compte du nouveau Projet.

b) Trafic dévié :

C est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée, et empruntant sans Investissement d autres routes ayant le même destination, la dérivation de trafic

N est qu un transfert entre les différent moyen d atteindre la même destination.

c) Trafic induit :

C' est le trafic qui résulte de :

- Des nouveaux déplacements des personnes qui s effectuer 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.
- 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.

d) Trafic total :

Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du

Trafic dévie.

I.4 Modèles de présentation de trafic :

Dans l étude des projections des trafics, la première opération consiste à

- Définir un certain nombre de flux de trafic qui constitue des ensembles homogènes

En matière d'évolution ou d'affectation. Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont :

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

II.4 1. Prolongation de l'évolution passée:

a) Prolongation de l'évolution passée :

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé. On établit en général un modèle de Croissance du type exponentiel. Le trafic T_n à l'année n sera :

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

Ou : $TJMA_0$: est le trafic à l'année origine.

τ : est le taux de croissance

b) Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques

⋮

Elle consiste à rechercher dans le passé une corrélation entre le niveau de Trafic d'une part et certains indicateurs macro-économiques : Produit nationale brute (PNB). Produits des carburants, d'autres part, si on pense que cette corrélation Restera à vérifier dans le taux de croissance du trafic, mais cette méthode Nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, ce qui sort de cadre de Notre étude.

c) Modèle gravitaire :

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

d) Modèle de facteurs croissance :

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

Le taux de motorisation des véhicules légers et utilisation.
 Le nombre d'emploi.
 La population de la zone.
 Cette méthode nécessite des statistiques précises et une recherche approfondie de la
 Zone à étudier

Conclusion :

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

I.5 Calcul de la capacité:

II.5 1. Définition :

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

b) La procédure de détermination de nombre de voies

Le choix de nombre de voies résulte de la comparaison entre l'offre
 et la
 Demande, c'est à dire, le débit admissible et le trafic prévisible à l'année
 D'exploitation.
 Pour cela il est donc nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de
 pointe
 Pour la vingtième année d'exploitation.

c) Calcul de TJMA horizon :

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

Avec : TJMA_h : le trafic à l'année horizon.

TJMA₀ : le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année.

τ : taux d'accroissement du trafic (%).

d) Calcul de trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de :

- Type de route et de l'environnement :

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P)

Le trafic effectif donné par la relation suivant :

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

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

Z : pourcentage de poids lourds (%).

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourd, il dépend de la nature de la route.

Tableau(II -1) coefficient d'équivalence (B40)

Environnement	E1 (plaine)	<i>E2</i> (vallonne)	E3 (montagneux)
Routes à bonnes caractéristique	2-3	4-6	8-12
Routes étroites	3-6	6-12	16-24

e) Débit de pointe horaire normal :

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il

est donné par la formule suivante :

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

Avec :

n : nombre d'heure, (en général $n=8$ heures)

$1/n = 0.12$ en général

Q : débit de pointe horaire exprimé en UVP/h.

T_{eff} : trafic effectif

f) Débit horaire admissible :

Le débit horaire admissible est le nombre de véhicules toléré pouvant passer en un point donné pendant une heure, il est déterminé par la formule suivante :

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

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : capacité théorique de profil en travers en régime stable.

Tableau II-2 : Valeur de K1 (B40)

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau II-3 : valeurs de K2 (B40)

Environnement	1	2	3	4	5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

C_{th} : capacité théorique du profil en travers en régime stable.

Tableau(II- 4)Valeurs de Capacité théorique (B40)

	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3.5	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussée séparée	1500 à 1800 uvp/h/sens

Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

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

- Cas d'une chaussée unidirectionnelle :
 Le nombre de voie par chaussée est le nombre entier le plus proch
 Avec :

$$S \times Q / Q_{adm}$$

S : le coefficient dissymétrie en général = 2/3

Q_{adm} : débit admissible par voie.

Catégorie et environnement de la route :

- Catégorie de la route

Le choix de la catégorie est fonction de l'importance de la liaison ; les caractéristiques imposées par les normes. Chaque catégorie, vise à assurer l'adéquation de la route aux fonctions que celle-ci doit assurer.

En Algérie, les routes sont classées en cinq catégories :

La catégorie C1 : liaison entre deux grands centres économique et des centres d'industrie lourde.

La catégorie C2 : liaison des pôles d'industries de transformations entre eux.

La catégorie C3 : liaison des chefs-lieux de daïra et ceux de wilaya.

La catégorie C4 : liaison de tous les centres de vie avec le chef-lieu de daïra.

La catégorie C5 : routes pistes non comprises dans les catégories précédentes

j) Environnement de la route :

Trois classes d'environnements (E1, E2 et E3) ont été proposées dans le guide B40 du ministère des travaux publics. Les deux indicateurs adoptés pour caractériser chaque classe d'environnement sont :

- La dénivelée cumulée moyenne au kilomètre.
- La sinuosité

Tableau(II-5) Environnement de la route

Sinuosite Relief	Faible	Moyenne	Forte
plat	E1	E2	E3
vallonne	E2	E2	
Montagneux		E3	E3

h) Application au projet:

a-Les données de trafic de levitement RN14 sur 05km:

D'après les résultats de comptage du trafic qui nous ont été fournis par les éléments du

bureau qui sont les suivants :

- ♣ Le trafic à l'année 2022 $TJMA_{2022}=7064\text{v/j}$
- ♣ Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau=5\%$
- ♣ La vitesse de base sur le tracé $V_b=80\text{km/h}$

Le pourcentage de poids lourds $Z=20\%$

La durée de vie estimée de 20 ans

L'année de mise en service sera en 2024

i) Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2024)

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

Avec :

$TJMA_h$: trafic à l'horizon (année de mise en service 2044)

$TJMA_o$: trafic à l'année zéro (origine 2022)

$$TJMA_{2024}=7064(1 + 0,05)^2 \approx 7788 \text{ v/j.}$$

$$TJMA_{2024}= 7788 \text{ v/j.}$$

Trafic à l'année (2044) pour une durée de vie de 20 Ans

$$TJMA_{2044} = 7788 \times (1 + 0,05)^{20} = 20664 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2044}= 20664 \text{ v/j.}$$

g) Calcul du trafic effectif :

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

Avec:

P: coefficient d'équivalence. Pris pour convertir le poids lourds.

Z: le pourcentage de poids lourds est égal à 20%

$P=4$ (terrain vallonné, environnement **E2**)

$$T_{\text{eff}} = 20664 \times [(1 - 0.20) + 4 \times 0.24]$$

$$T_{\text{eff}} = 36369 \text{ uvp/j}$$

k) Débit de pointe horaire normale :

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

1/n: coefficient de pointe horaire pris est égal à 0.12

$$Q = 0.12 \times 36369 = 4364 \text{ uvp/h}$$

$$Q = 4364 \text{ uvp/h}$$

l) Débit admissible :

Le débit que supporte une section donnée

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

K1: coefficient correcteur pris égal à **0.85** pour **E2**

K2: coefficient correcteur pris égal à **0.99** pour environnement (**E2**) et catégorie (**C1**)

C_{th} : capacité théorique

$C_{\text{th}} = 1800$ (d'après le B40 pour E2, C1 et pour une chaussée séparées à 2 voies)

$$Q_{\text{adm}} = 0,85 \times 0,99 \times 1800$$

$$Q_{\text{adm}} = 1515 \text{ uvp/h}$$

m) Le nombre des voies :

$$N = S \times (Q/Q_{\text{adm}}/\text{voie})$$

Avec $S = 2/3$

$$N = (2/3) \times (4364 / 1515) \approx 2$$

Donc on prend : **N = 2 voie /sens**

n) Calcul de l'année de saturation de 2x2 voies :

$$T_{\text{eff}}(2024) = [(1 - z) + p \times z] \times T_{\text{JMA}_{2024}}$$

$$T_{\text{eff}}(2024) = [(1 - 0,20) + 4 \times 0,20] \times 7788$$

$$T_{\text{eff}}(2024) = 12461 \text{ uvp/j.}$$

$$Q_{2022} = 0,12 \times 12461 = 1495 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{2022} = 1495 \text{ uvp/h.}$$

$$Q_{\text{saturation}} = 4 \times Q_{\text{adm}} = 6060 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{saturation}} = (1 + \tau)^n \times Q_{2022}$$

$$\rightarrow n = \frac{\ln\left(\frac{Q_{\text{saturation}}}{Q_{2022}}\right)}{\ln(1 + \tau)}$$

Alors :

$$N = \frac{\ln\left(\frac{6060}{495}\right)}{\ln(1 + 0.04)} = 35.89 \approx 36 \text{ ans}$$

Théoriquement la saturation de la RN14 interviendra au bout de la 36eme année (2058)

Tableau II-6 : Les résultats d'étude de trafic:

	TJMA202 2 (v/j)	TJMA202 4 (v/j)	TJMA204 4 (v/j)	Teff (uvp/j)	Q (uvp/j)	N Voie s
valeur	7064	7788	20664	36369	4364	2

II.6 Conclusion :

Selon les calculs effectués, il y aura une route deux doublement avec un chaussée séparé à deux voies constituée de 2" x 2". La saturation est prévue en 2056. Confirmé par le calcul TJMA, il indique 2 routes dans chaque direction (2x3,5) avec des longueurs d'accotement doubles de 2 m chacune

CHAPITRE III

DIMENSIONNEMENT

DE CHAUSSEE

III.1 INTRODUCTION :

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

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser. Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude. Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction du paramètre très fondamental suivant :

- Le trafic (l'importance de la circulation et surtout l'intensité du trafic en poids lourds)
- Les matériaux utilisés.
- La portance du sol support désignée par son indice CBR.
- La durée de vie de la chaussée

III.2 LA CHAUSSEE :

a) Définition :

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

b) Les différents types de chaussée :

Il existe trois types de chaussée:

- Chaussée souple.

- Chaussée semi - rigide.
- Chaussée rigide

b-1) Chaussée souple :

- Les sols et matériaux pierreux granulométrie étalée ou serrée.
- Les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissant des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.

b-1-1) La chaussée souple se compose généralement de quatre couches différentes :

- Couche de roulement (surface).
- Couche de base.
- Couche de fondation.
- Couche de forme.

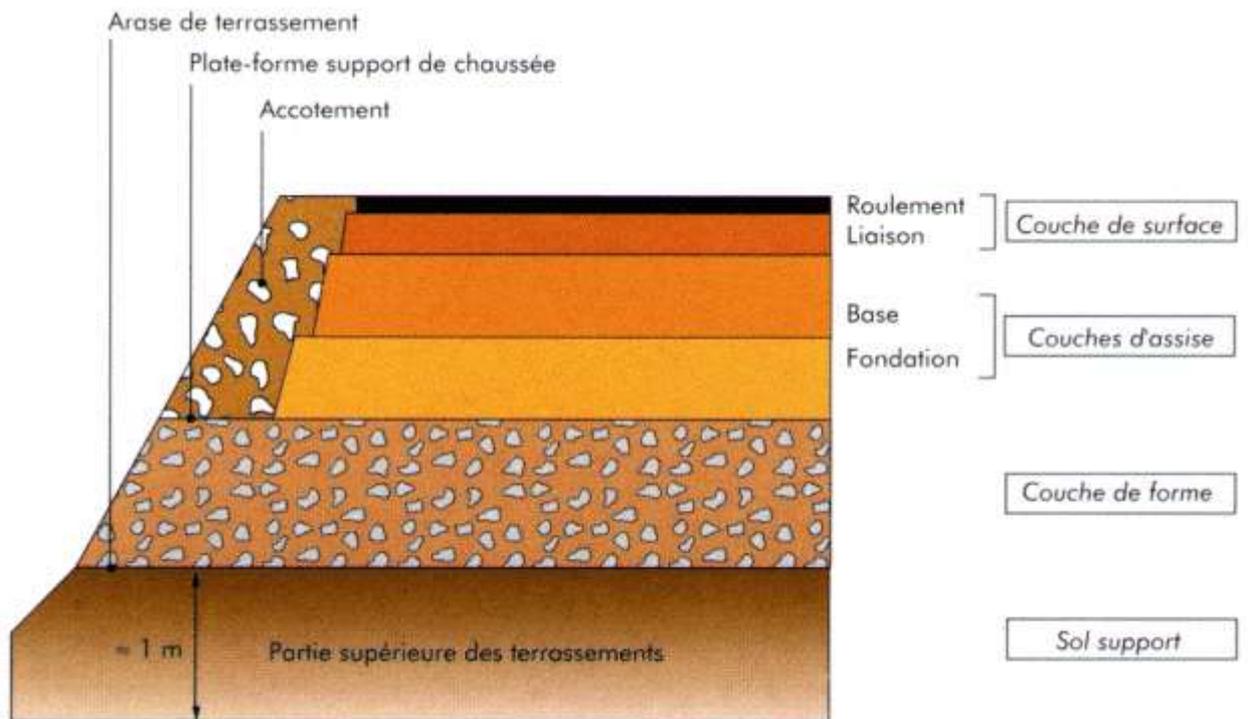


Figure III.1. Chaussée souple

b-1-1-1) Couche de roulement (surface)

La couche de surface est constituée d'un matériau traité au liant hydrocarboné, qui est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures.

Elle a pour rôle essentiel :

- D'encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation,
- D'assurer une transition avec les couches inférieures les plus rigides,
- D'imperméabiliser la surface de chaussée
- D'assurer la sécurité (par l'adhérence) et le confort des usages (diminution de bruit, bon uni).

b-1-1-2) La couche de base :

Cette couche est constituée d'un matériau non traité (ou traité) de bonne caractéristique mécanique. Elle est conçue pour répartir, transmettre les charges sur la couche de fondation et le passage progressif entre la couche de roulement et la couche de fondation. L'épaisseur de la couche de base est entre 10 et 25 cm.

b-1-1-3) Couche de fondation :

La couche de fondation Assure un bon uni et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle a le même rôle que celui de la couche de base.

b-1-1-4) Couche de forme :

La couche de forme est la surface de terrain préparée sur laquelle est édifiée la chaussée. Elle est constituée d'un matériau non traité. Son rôle est d'améliorer la portance du sol support en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic et la

circulation d'engins de chantiers.

b-2) Chaussée semi-rigide :

Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation)

traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,...) La couche du roulement est en enrobé

hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également

en enrobé strictement minimale doit être de 15 cm.

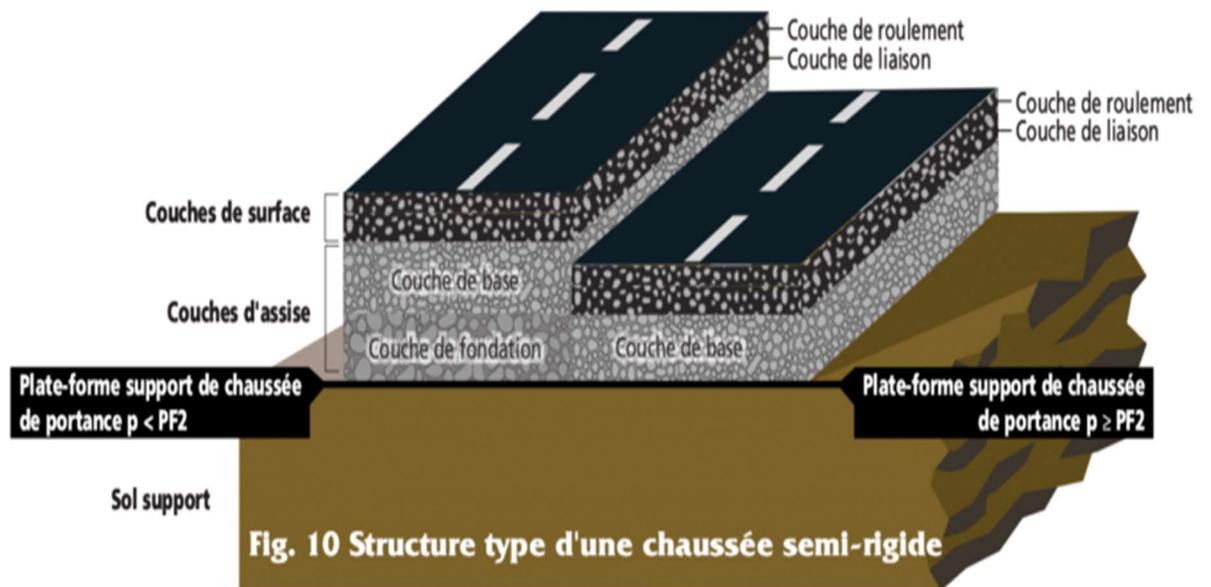


Figure :(III-2) Structure type d'une chaussée rigide

III.3 FACTEURS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT DE:

Toutes les méthodes de dimensionnement basées sur la connaissance de certains

paramètres fondamentaux liés au :

a) Trafic :

La connaissance du trafic et principalement celui des poids lourd, constitue un élément

essentiel pour un bon dimensionnement de la chaussée. Ce trafic s'exprime généralement

par deux paramètres :

- Le TJMA à la mise en service qui permet de choisir les matériaux nécessaires pour la construction de la chaussée
- Le nombre cumulé d'essieux de référence passant sur la chaussée tout au long de sa durée de vie et qui sert à faire le calcul de dimensionnement proprement dit. Le trafic des poids lourds comprend tous les véhicules dont la charge utile est supérieure ou égale à 15 tonnes.

b-) Trafic à la mise en service :

Ce trafic compté sur la base du TJMA est estimé à partir du trafic des PL par sens, circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service de la route. On définit, en général, des classes de trafic en fonction du nombre moyen journalier annuel des poids lourds de 5t et plus

c-) Trafic cumulé équivalent (NE) :

Le trafic utilisé pour le dimensionnement est le nombre équivalent d'essieux de référence correspondant au trafic des poids lourds cumulé sur la durée de service retenue.

L'essieu de référence en vigueur en Algérie est l'essieu de 13 Tonnes

d-) Le climat et Environnement :

L'environnement extérieur de la chaussée est l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, la température a une influence marquée sur les propriétés des matériaux

bitumineux et conditionne la fissuration des matériaux traités par des liants hydrauliques

e-) Le sol support :

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

f-) Matériaux :

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

III.4 LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

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

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

- La méthode de C.B.R (California-Bearing-Ratio)
- La méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
- La méthode du catalogue de la structure du CTTP (Algérie)
- La méthode L.C.P.C (laboratoire central des ponts chaussés)

a-) Méthode de C.B.R (Californie – Baring – Ratio) :

C'est une méthode (semi – empirique) qui se base sur l'essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant des éprouvettes à (90- 100 %) de l'optimum Proctor modifié. Le CBR retenu finalement est la valeur la plus basse obtenue après immersion de cet

échantillon.

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

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

Cette formule a été améliorée par les anglais en introduisant l'influence du trafic pour aboutir à :

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

- Avec : **E_{eq}**: épaisseur équivalente en cm
- ICBR**: indice CBR (sol support).
- N**: nombre de poids lourds par sens par la voie la plus chargée.
- P**: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).
- Log**: logarithme décimal.

$$N T J M A n \times \% P L$$

- Avec : **TJMA_n** : trafics prévus pour une durée de vie de 20 ans
- n**: année de prévision.
- N** : nombre moyen journalier de poids lourds .

b-) Notion de l'épaisseur équivalente :

La notion de l'épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques différentes des couches et l'épaisseur équivalente d'une couche dont l'épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des épaisseurs équivalentes des couches :

$$E_{eq} = a_1.e_1 + a_2.e_2 + a_3.e_3$$

- Avec :
- e₁** : épaisseur réelle de la couche de roulement.

e_2 : épaisseur réelle de la couche de base. e_3 : épaisseur réelle de la couche de fondation. a_1 , a_2 , a_3 : coefficients d'équivalence respectivement des matériaux des couches e_1 , e_2 , e_3 .

c-) coefficient d'équivalence :

Tableau (III-1) : coefficients d'équivalence pour quelque matériaux

Matériaux utilises	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave bitumen	1.20 à 1.70
Grave concasse ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable	0.50
Tuf	0.6

d-) Remarque :

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée on fixe « e_1 » et « e_2 » et on calcule « e_3 ».

Généralement les épaisseurs adoptées sont :

BB = 6 à 8 cm GB= 10 à 20 cm GC =15 à 30 cm
TVO=30cm et plus

GNT = 15 à25 cm .

e-) Méthode du Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP)

L'utilisation du catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres

utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement des 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 rationnelle qui se base sur deux approches :

- Approchethéorique.
- Approcheempirique.

f-) La démarche du catalogue :

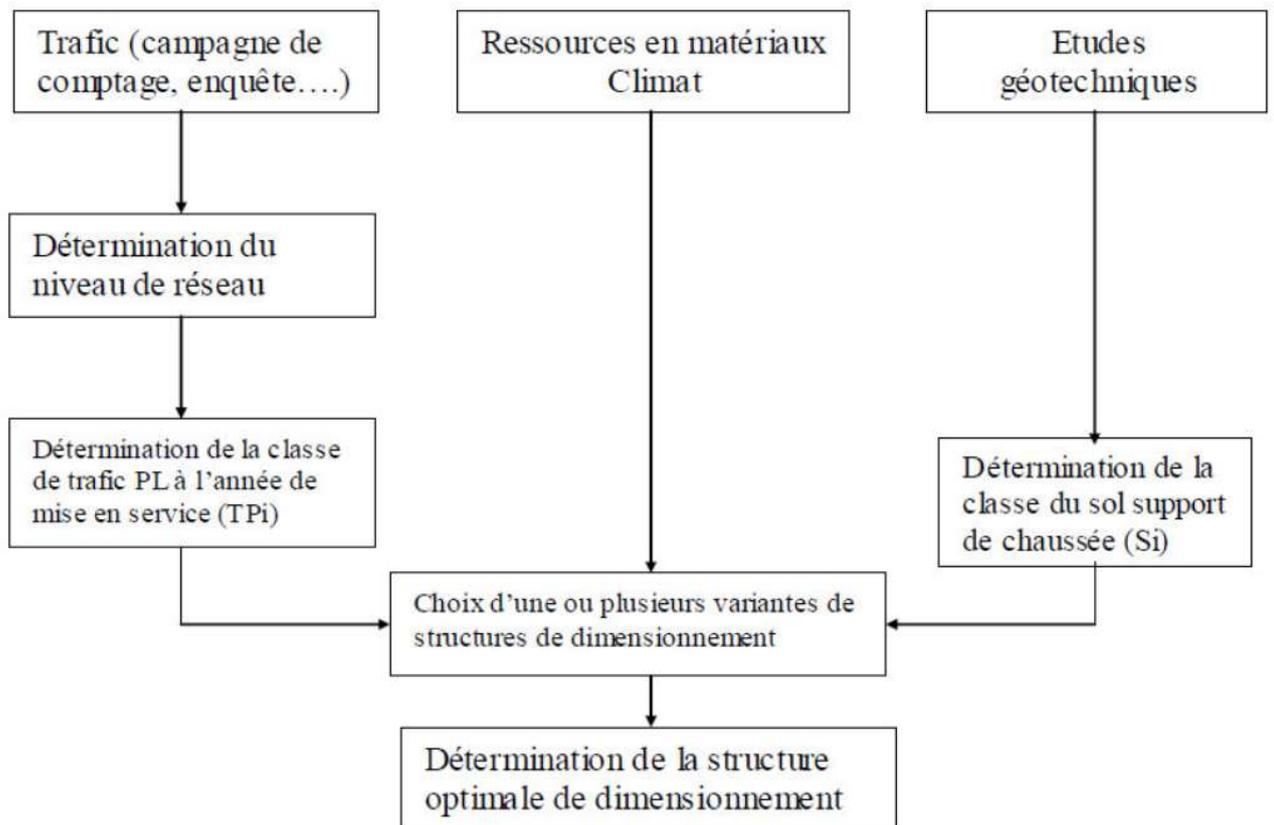


Figure III 3.Organigramme de la démarche du catalogue.

- Le trafic à l'année 2022 $TJMA_{2022}=7064$ v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau=5\%$
- Le pourcentage de poids lourds $Z=20\%$
- La durée de vie estimée de 20 ans
- L'année de mise en service sera en 2024

$$ICBR=10$$

j-) Détermination de NPL2042:

On a

$$TJMA_{2022}=7064 \text{ v/j}$$

$$TJMA_{2044}= 20664 \text{ v/j.}$$

$$NPL = \frac{7064 \times 20^{0/0}}{100} = 1412,8 \text{ vpl/j}$$

$$N=(1+0,05)^{20} \times 1412,8 = 3748,57 \text{ vpl/j}$$

$$PL= 20 \%$$

$$ICBR=10$$

Détermination l'épaisseur total du corps de chaussé :

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

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6,5})(75 + 50 \log \frac{3748,57}{10})}{10 + 5}$$

$$e = 41 \text{ cm}$$

Donc l'épaisseur équivalente: $a_1.e_1 + a_2.e_2 + a_3.e_3 = 41 \text{ cm}$

➤ **Couche de roulement** en béton bitumineux (B.B) : $a_1 \times e_1 = 6 \times 2 = 12 \text{ cm.}$

➤ **Couche de base** en grave bitume (G.B) : $a_2 \times e_2 = 10 \times 1.5 = 15$

cm. Donc

➤ L'épaisseur de la **couche fondation** e_3 en (G.N.T) est de :

$$a_3 \times e_3 = 25 \times 1 = 25 \text{ cm}$$

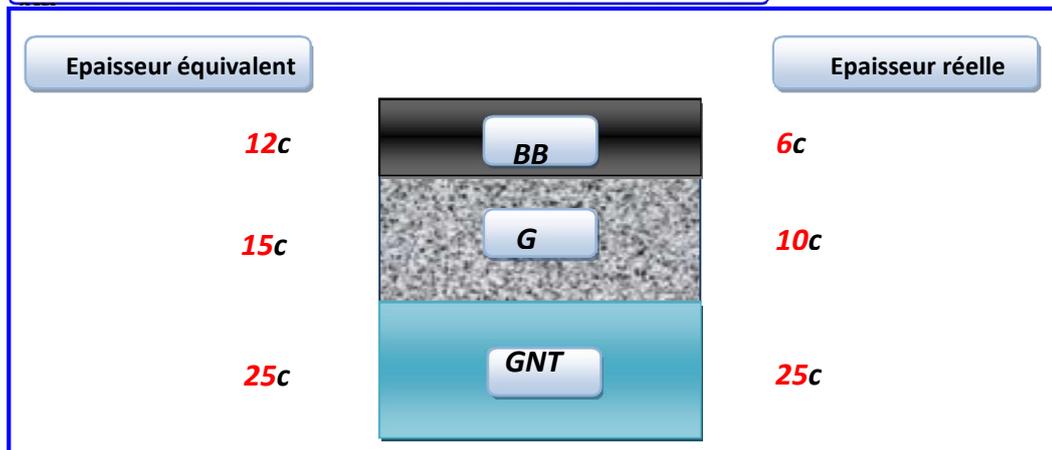
III.5 Détermination de la classe de trafic

Le trafic : c'est le trafic poids lourds (véhicules de charge supérieure à 4 tonnes).

Le réseau principal (RP) : il se compose de route reliant :

- Les chefs-lieux de wilaya.
- Les ports, les aérodromes et les poste frontaliers.

$$e_{\text{équivalent}} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 6 \times 2 + 10 \times 1.5 + 1 \times 25 = 52$$



- Les principales agglomérations et importantes zones industrielles

Ce réseau principal se décompose en deux niveaux :

RP1(T>1500v/j) RN, Autoroute, CW.

RP2(T<1500v/j) RN, CW, ...

Le réseau secondaire (RS) : il se compose du reste des routes qui ne sont pas en RP.

Répartition transversal du trafic : on adopte les valeurs suivantes :

- Chaussée unidirectionnelles à **2 voies** : **90%** du trafic PL sur la voie lent de droite.
- Chaussée unidirectionnelles à **3 voies**: **80%** du trafic PL sur la voie lente de droite.
- Chaussée bidirectionnelles à **2 voies** : **50%** du trafic PL.
- Chaussée bidirectionnelles à **3 voies** : **50%** du trafic PL.

La classe de trafic (**TPLi**) est déterminée à partir du trafic poids lourds par sens circulant

sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service. Le tableau suivant

donne par
niveau de réseau (**RP1 ou RP2**) les classes de trafic adoptées :

$$TPL = 20664 \times 0.20 \times 0.5 = 2066 \text{ PL/j/sens}$$

Chaussée bidirectionnelles à 2× 2voies :90% du trafic PL sur la voie lente de droite.

$$TPL_{2024} = 2066 \times 0.9 = 1860 \text{ (PL/j/sens)}.$$

$TPL=1860 \text{ (PL/j/sens)} \longrightarrow$ La classe de trafic est TPL_6 .

Tableau (III-2) : la classe de trafic

	TPL 0	TPL 1	TPL2	TPL3	TPL 4	TPL5	TPL6	TPL7
PL/J/Sens RP1	-	-	-	150 à 300	300 à 600	600 à 1500	1500 à 3000	3000 à 6000
PL/J/Sens RP2	0 à 50	50 à 100	100 à 150	150 à 300	-	-	-	-

Classe TPLi pour RP1 :

III.6 Détermination de la classe du sol (portance)

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante.

Après immersion de quatre jours, le classement se fait en respectant les seuils suivant

Tableau (III-3) : représentatif de la classe de sol en fonction de l'indice CBR .

Classe de sol (Si)	S0	S1	S2	S3	S4
IndiceC.B.R	>40	25-40	5-25	5-10	<5

—————→ **E (MPA) = 5.CBR**

E (MPA) = 5×5 = 25 (MPA) S₃

Classes du sol-support	S ₃	S ₂	S ₁	S ₀
Module (MPA)	25-50	50-125	125-200	>200

TAB III 4représentatif de la classe de sol en fonction de Module (MPA)

➤ Choix de différentes couches constitue de la chaussée :

Dans le cadre de notre projet, nous avons proposé la structure suivante :

- Couche de roulement : BB.
- Couche de base : GB.
- Couche de fondation : GNT.

Détermination de la zone climatique

D’après la carte de la zone climatique de l’Algérie, notre projet est dans la zone climatique II (415>350 mm/an).

➤ Choix de dimensionnement:

Nous sommes dans le réseau principal (RP1), la zone climatique II, durée de vie de 15 ans, taux d’accroissement (5%), portance de sol (S₃) et une classe de trafic (TPL₆).

Le catalogue de structures pour les données : **RP1, TPL₆, S₃, zone II, durée de vie =20 ans, τ = 5%** ne suggère aucune structure de type **GB/GNT** comme adoptée dans la méthode CBR (**BB+GB+GNT**) ; de plus la classe des sols visée varie de S₀a S₂ or S₁=S₃.

Le passage de S₃ a S₂ nécessaire la mise en place d’une couche de forme de 30cm en **GNT** en deux couches

Avec les données citées plus haut, et une classe de sol S₂, le catalogue de dimensionnement des chaussées neuves préconise une structure de :

Module de classe S₂ varie entre 50 et 125 et I_{CBR} entre 10 et 25

On prend I_{CBR}=10 Donc **E(MPA) = 5x10= 50MPA** (50<55<125) vérifié.

Couche de roulement : BB = 6 cm.

Couche de base : GB = 10 cm.

Couche de fondation : GNT = 25cm.

Récapitulatif des épaisseurs de corps de chaussée selon les différentes méthodes :

METHODE	
CBR	Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves
6BB + 10GB + 25GNT	6BB+10GB+25GNT

TAB III.5 les différentes méthodes récapitulatif des épaisseurs de corps de chaussée

III.7 CONCLUSION :

D'après les vérifications des déformations, on remarque bien que la méthode CBR nous donne le corps de chaussée le plus économique et tout en sachant que cette méthode est la plus utilisée en Algérie, donc on choisit les résultats de la méthode CBR

CHAPITRE IV

CARASTIRISTIQUE DE PROJET

TRACE EN PLAN

IV.1 GENERALITE

Le tracé en plan d'une route est constitué d'une succession de courbes et d'alignements droits séparés ou pas par des raccordements progressifs. Il vise à assurer de bonnes conditions de sécurité et de confort tout en s'intégrant au mieux dans la topographie du site.

La trace est caractérisée par une vitesse de base à partir de laquelle on pourra définir et déterminer toutes les caractéristiques géométriques de la voie.

Le tracé en plan est la projection sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée.

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

Pour obtenir un tracé repend aux normes de B40, il faut respecter certaines exigences :
L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.

Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant.

Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.

Eviter au maximum le passage sur les propriétés privées.

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 biais.

Eviter les sites qui sont sujets a des problèmes géologiques (tremblement de terre, instabilité géologique, glissements de terrain, chute de pierre...)

Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total d tracé.

Utiliser des grands rayons si le relief permet.

IV.3 Les éléments de tracé en plan

Les éléments géométriques du tracé en situation sont :

Les alignements droits .

Arcs de cercles.

Courbes de raccordements progressives



Figure IV.1 : Les éléments du tracé en plan

IV.3 a. L'alignement :

Pendant longtemps le tracé rectiligne a été considéré comme le meilleur parce que le plus court ; d'une part les très longs alignements sont défavorables à l'éblouissement par les phares et créent chez le conducteur une certaine torpeur.

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.

$$L_{min} = T \times \frac{V_B}{3.6} \rightarrow T=5 \text{ sec}$$

Tel que : V_B : la vitesse de base (km/h).

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

$$L_{max} = T \times \frac{V_B}{3,6} \rightarrow T=60$$

Pour notre cas $V_r = 80 \text{ km/h} = 22.222 \text{ m/s}$

$$L_{min} = 5 \times 22.22 = 111.11 \text{ m}$$

$$L_{max} = 60 \times 22.22 = 1333.33 \text{ m}$$

DONC : **111.11 m <(m) 1333.33 m**

IV.3 b. Les arcs de cercles :

Trois (03) éléments interviennent pour les limites les courbures :

Stabilité des véhicules en courbe.

Visibilité en courbe.

Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

1) Stabilité des véhicules en courbes :

Dans un virage de rayon R, le véhicule subit l'effort de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité de système.

Afin de réduire l'effet de cette force, on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur de la courbe d'une pente dite « dévers » exprimée par sa tangente.

2) Le rayon horizontal minimal absolu R_{hm} :

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal.

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

$$R_{HM} = \frac{V_B^2}{127(ft + d_{max})}$$

Tel que :

f_t : coefficient de frottement transversal.

d_{max} : dévers maximal.

Nous avons $V_r = 80$, $f_t = 0.13$, $d_{max} = 0.07$

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

$$RH_{min} = \frac{80^2}{127(0.13+0.07)} = 251.96 \text{ M SELON B40 en prende } \mathbf{RH_{min} = 250 \text{ m}}$$

3) Le rayon minimal normal RHN :

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

$$RHN = \frac{(V_B + 20)^2}{127(f_t + d_{max})}$$

Pour notre cas $V_r = V + 20$, $f_t = 0.13$, $d_{max} = 0.07$

$$RH_{min} = \frac{100^2}{127(0.13+0.07)} = 393.70, \text{ selon le B40 en pronde } \mathbf{RHN = 400 \text{ m}}$$

4) Le rayon au dévers minimal RHd :

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_B serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit. Dévers associé $d_{min} = 2.5\%$ pour cat 1-2

Et $d_{min} = 3\%$ pour cat 3-4-5.

$$RHd = \frac{V_B^2}{127 \times 2 \times d_{min}}$$

Pour notre cas $V_r = 80 \text{ V}$, $d_{min} = 0.025$

$$RHd = \frac{80^2}{127 \times 2 \times 0.025} = 1007.8 \text{ m en pronde } \mathbf{RHD = 1000 \text{ m}}$$

5) Le rayon minimal non dévers RHnd :

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toi et le divers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non dévers (RHnd).

$$RHnd = \frac{V_B^2}{127 \times (0.035)} \rightarrow \text{Cat 1-2}$$

$$RHnd = \frac{V_B^2}{127 \times (f'' - 0.03)} \rightarrow \text{Cat 3-4-5}$$

avec :

$$f'' = 0.07 \rightarrow \text{cat 3} \quad \text{et} \quad f'' = 0.075 \rightarrow \text{cat 4-5}$$

$$RHnd = \frac{80^2}{127 \times (0.035)} = 1439.82 \text{ m}, \text{ selon B40 en prendre } \mathbf{RHND = 1400 \text{ m}}$$

Pour notre projet dans un environnement (E2), et classé en catégorie (C1) avec une vitesse de base de 80km/h, donc à partir du règlement B40 on peut avoir le tableau suivant:

Tableau IV.1 Rayons Du Tracé En Plan [01]

<i>Tupe de rayon</i>	<i>Formule</i>
Rayon horizontal minimal absolu (RHm)	$RHm = \frac{V_r^2}{127(f_t + d_{max})}$
Rayon minimal normal (RHN)	$RHN = \frac{(V + 20)^2}{127(f_t + d_{max})} \quad r$
Rayon au dévers minimal (RHd) Dévers associé $d_{min} = 2.5\%$.	$RHd = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{max}}$
Rayon minimal non déversé	
Pour les catégories 1-2	$RHnd = \frac{V_r^2}{127 \times 0.035}$
Pour les catégories 3-4-5 Avec : $f'' = 0.07$ <i>cat 3</i> $f'' = 0.075$ <i>cat 4-5</i>	$RHnd = \frac{V_r^2}{127(f - d_{min})}$

IV.3 c. Règles pour l'utilisation des rayons en plan :

Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm, on utilise autant que possible des valeurs de Rayon ≥ à RHN.

Les rayons compris entre RHm et RHd sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en 1/R arrondi à 0,5% près

- Si RHm < R < RHN :

$$d = d_{max} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHM}\right) \frac{d_{max} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHN} - \frac{1}{RHd}} \rightarrow \text{par exemple } 250 < R < 450 : \mathbf{R=400m}$$

$$d_{max} = 0.07m, RHd = 1000 \text{ m}, RHN = 450 \text{ m}, RH_{max} = 1400m$$

$$d = 0.07 + \left(\frac{1}{450} - \frac{1}{1400}\right) \frac{0.07 - 0.05}{\frac{1}{450} - \frac{1}{1000}} = 0.0725 \text{ m}$$

-Si RHN < R < RHd

$$d = d_{min} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd}\right) \frac{RHN - d_{min}}{\frac{1}{RHN} - \frac{1}{RHd}} \rightarrow \text{par exemple } 450 < R < 1000 : \mathbf{R=800m}$$

$$d = 0.025 + \left(\frac{1}{800} - \frac{1}{1000}\right) \frac{0.05 - 0.025}{\frac{1}{450} - \frac{1}{1000}} = 0.0301 \text{ m}$$

- Les rayons compris entre RHd et RHnd sont en dévers minimal dmin.
- Les rayons supérieurs à RHnd peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.
- Un rayon RHm doit être encadré par des RHN.

Remarque :

On essaye de choisir les plus grands rayons possibles en évitant de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

IV.3 d) Visibilité en courbe :

Un virage d'une route peut être masqué du côté inférieur du 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.

IV.3 e) Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon

faible :

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'épousent pas exactement le tracé de celles de devant.

La valeur de la Sur largeur théorique « S » nécessaire pour une voie de circulation.

$$S = \frac{L^2}{2R} \quad S = \frac{50}{R}$$

Tel que :

L : longueur de véhicules ;(L=10)

R : rayon de l'axe de la route.

IV.3 f) Les Raccordements Progressifs (CLOTTOIDE) :

Le passage de l'alignement droit au cercle ne peut se faire brutalement, mais progressivement (courbe dont la courbure droit linéairement de $R=\infty$ jusqu'à $R=\text{constant}$), pour assurer :

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

IV.3 J) Tracé En Plan De Notre Projet :

Le couloir du tracé en plan a été choisi de manière à :

- Respecter les servitudes existantes (périmètre agricole)
- Ne pas empiéter sur les différents réseaux.

Les caractéristiques géométriques du tracé en plan sont :

- Linéaire de **5005.95 ml.**
- Largeur de plate-forme est de **7.5 ml.**
- Largeur des accotements est de **(2ml x2).**
- Dévers minimal de **-2.5%.**
- Dévers maximal de **-7.00%.**
- Rayon Horizontal minimal de **250 m.**
- Rayon Horizontal maximal de **1400 m.**

IV.4 Les conditions de raccordement :

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

➤ Condition optique :

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

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

➤ **REGLE GENERALE (B40) : [01]**

R ≥ 2000 m	ΔR = 1m	
R ≥ 5000 m	ΔR = 2.5m	τ = 3°
2000 < R ≤ 5000 m	ΔR = 1.75 a 2.5 m	
1000 < R ≤ 2000 m	ΔR = 1 a 1.75 m	
R < 1000 m	ΔR = 0.5 a 1 m	
R < 192 m	ΔR = 0.5m (éventuellement 0.5m)	

➤ **Condition de confort dynamique :**

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours d'un raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule

V_r : vitesse de référence en (Km /h).

R : rayon en (m).

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

Δd : variation de dévers

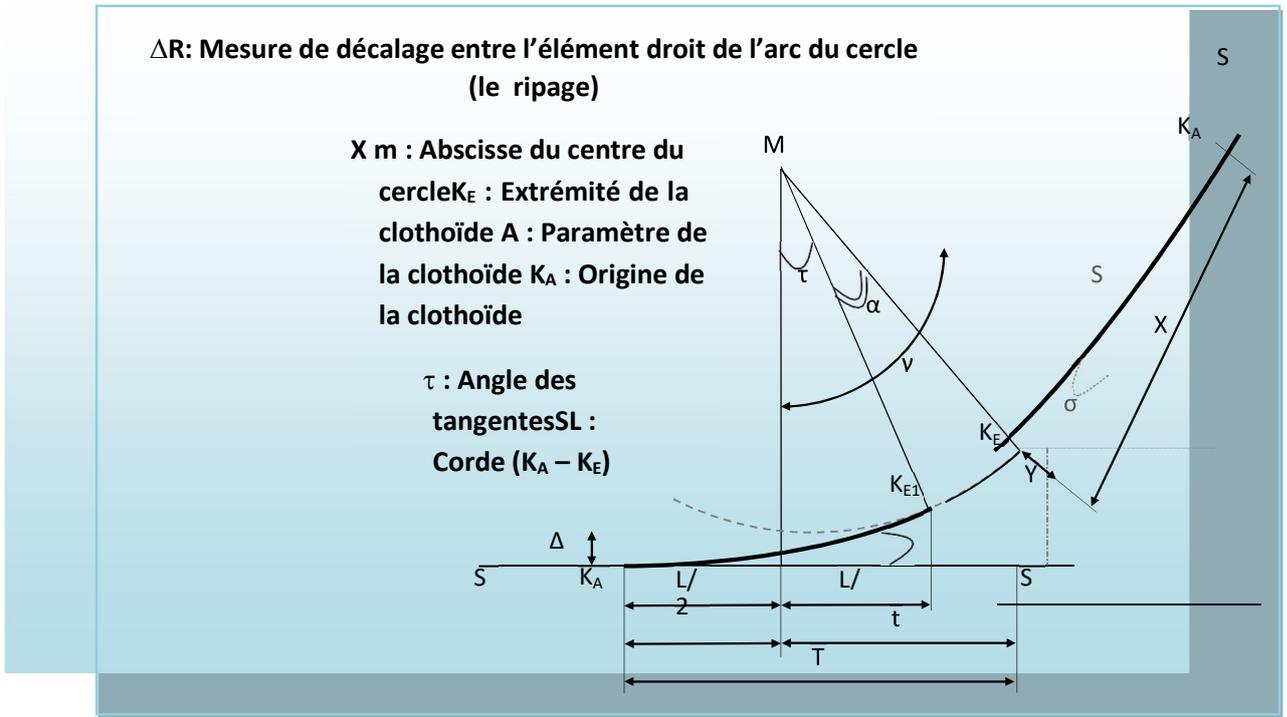


Figure IV.2 Courbe de Raccordement Clothoïde

➤ Condition de gauchissement :

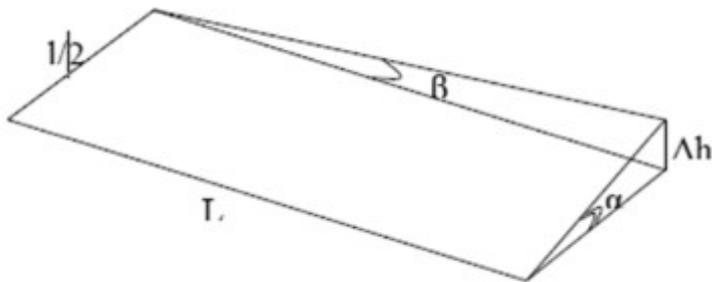


Figure IV.3 Condition de gauchissement

La demi-chaussée extérieure au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule le raccordement doit assurer Un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers. A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversée et de son axe, de telle sorte :

Nous avons : $L \geq 1 \times \Delta d \times V_B$

L: la largeur de la chaussée

La vérification des deux conditions gauchissement + confort dynamique peut se faire à l'aide d'une seule condition qui consiste 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%.

$$L \geq 5/36 \times \Delta d \times VB$$

Tel que : Δd exprime en valeur réelle

IV.5 Combinaison des éléments de tracé en plan:

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

IV.5 a) Courbe en S :

Une courbe constituée de deux (02) arcs de clothoïde, de concavité opposée tangents en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.

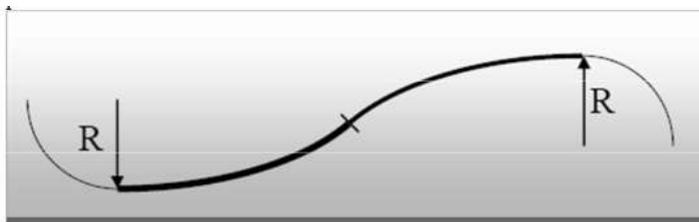


Figure IV.4: Courbe En S

IV.5 b) Courbe à sommet :

Une courbe constituée de deux (02) arcs clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.

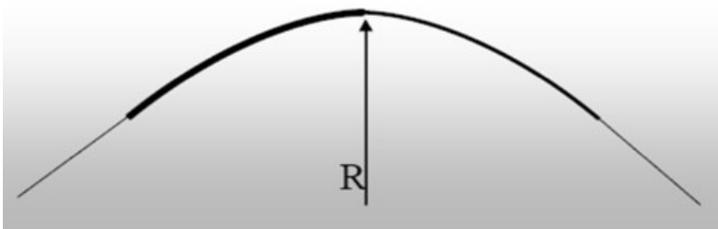


Figure IV.5 Courbe A Sommet

IV.5 c) Courbe en C :

Une courbe constituée de deux (02) arcs de la clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux (02) arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre.

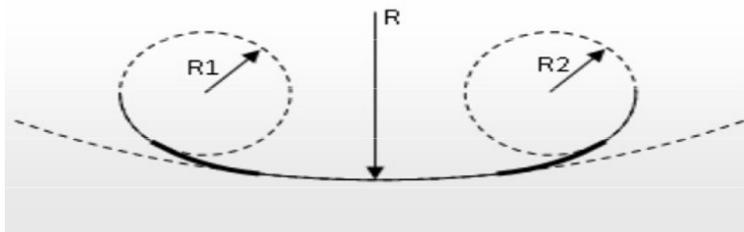


Figure IV.6 Courbe En C

IV.5 d) Ove :

Un arc de clothoïde raccordant deux (02) arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.

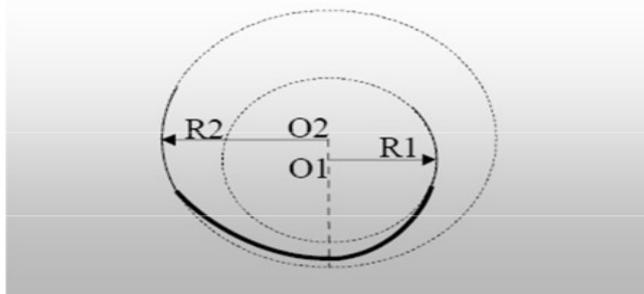


Figure IV.7 Courbe En Ovale

IV.6 Paramètres fondamentaux :

Notre projet s'agit d'une route de catégorie « C1 » dans un environnement « E2 » avec une vitesse de base de **80km/h**.

D'après les normes de B40 ; on définit les paramètres d'aménagement de route.

Tableau IV-2 paramètres du tracé en plan. Norme B40

Paramètres	symboles	Valeurs
Vitesse de base	V	80 km/h
Longueur minimale	Lmin	111m
Longueur maximale	Lmax	1333 m
Devers minimal	dmin	2.5 %
Devers maximal	dmax	7 %
Temps de perception –réaction	T1	2s
Frottement longitudinal	f _L	0.39

Frottement transversal	f_t	0.13
Distance de freinage	d_0	65 m
Distance d'arrêt	d_1	109 m
Distance de visibilité de dépassement minimal $4v(\text{km/h})$ pour $v \leq 90 \text{ km/h}$.	d_m	325 m
Distance de visibilité de dépassement normal	d_n	480 m
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	D_{nd}	200 m
Rayon minimal absolu	R_{hm}	250(7%) m
Rayon minimal normal	R_{hn}	400(5%) m
Rayon au dévers minimal	R_{hd}	1000(2.5%) m
Rayon minimal non dévers	R_{hnd}	1400(-2.5%) m

IV.7 La vitesse de référence (de base) :

Elle permet conventionnellement de définir les caractéristiques minimales d'aménagement des points particuliers d'une route, qui sont les caractéristiques géométriques les plus contraignantes pour les usagers.

Le respect des conditions liées à cette vitesse permet de garantir l'homogénéité des caractéristiques d'une section de route et par le même, de confort et la sécurité du conducteur.

Le choix de la vitesse de référence au sein d'une catégorie est un compromis entre les deux éléments suivants:

Le désir :

La largeur de l'itinéraire aussi large que possible, permettant à l'usage de circuler rapidement et dans d'excellentes conditions de confort et de sécurité.

le souci :

De limiter l'investissement compte tenu des ressources du pays, ainsi la détermination (ou le choix) des valeurs pour la vitesse de référence ne peut donc résulter que d'un calcul économique comparant les avantages apportés aux usagers et les investissements consentis.

II.2.8 Choix des valeurs de la vitesse de référence:

Pour les véhicules légers, la norme algérienne « B40 » propose d'adopter des valeurs pour la vitesse de référence v_r de 40 à 120 km/h, en fonction de la catégorie de la route et l'environnement telles que résumés dans le tableau suivant De limiter l'investissement compte tenu des ressources du pays, ainsi la détermination (ou le choix)

des valeurs pour la vitesse de référence ne peut donc résulter que d'un calcul économique comparant les avantages apportés aux usagers et les investissements consentis.

IV.7 a) Choix des valeurs de la vitesse de référence:

Pour les véhicules légers, la norme algérienne « B40 » propose d'adopter des valeurs pour la vitesse de référence V_r de 40 à 120 km/h, en fonction de la catégorie de la route et l'environnement telles que résumés dans le tableau suivant

Tableau IV. 3 : Valeurs des vitesses de références

Catégorie Environnement	1	2	3	4	5
E1	80-120	80-120	80-120	60-100	40-80
E2	60-100	60-100	60-100	60-80	40-80
E3	40-80	40-80	40-80	40-60	40

Pour notre projet, puisque l'environnement est de classe E1, la route est de catégorie 1. On choisit la vitesse de référence $V_r = 80 \text{ Km / h}$ « Qui représente un compromis entre le coût d'investissement et les caractéristiques géométriques de la route »

➤ **Mouvement des véhicules:**

L'étude des caractéristiques des routes dépend étroitement de l'étude du comportement des véhicules isolés d'une part et des véhicules groupés d'autre part.

➤ **Hauteur de l'œil et des obstacles :**

Les hauteurs de l'œil et des obstacles sont des paramètres intervenant dans les calculs de distance de visibilité en point haut en bas, elles définissent l'origine et l'extrémité du rayon visuel dans le plan vertical

Tableau IV.4 : Hauteur de l'œil et des obstacles

Hauteur de l'œil (h _o)	Hauteur de l'obstacle Eventuel (h _l)	Hauteur de l'obstacle Permanent (h ₂)
1.10	0.15	1.20

IV.7 b) Distance de freinage:

C'est la longueur que parcourt le véhicule pendant l'action de freinage qui annule sa vitesse initiale en toute sécurité.

Terrain plat (palier)

$$(i=0) \Rightarrow D_f = \frac{v^2}{2g \cdot f}$$

Cas d'une rampe :

$$(i > 0) \Rightarrow D_f = \frac{v^2}{2g(f-i)}$$

Cas d'une descente :

$$(i < 0) \Rightarrow D_f = \frac{v^2}{2g(f-i)}$$

P: Poids total du véhicule.

f. Coefficient de frottement longitudinal

v : Vitesse de véhicule (m/s)

g : L'accélération (m/s²)

D_f: Distance de freinage en (m)

i: la déclivité de la route.

Si : V en (km/h)

Sur la rampe et la descente :

$$(i > 0, i < 0) \Rightarrow D_f = \frac{(v \times \frac{1000}{3600})^2}{2g(f \pm i)} \Rightarrow D_f = \frac{4}{100} \times \frac{V^2}{g(\pm i)}$$

Les valeurs du coefficient f sont données par le tableau suivant :

Tableau IV.5 : Coefficient de frottement longitudinal

V (Km/h)	40	60	80	100	120
f	0.47	0.46	0.42	0.38	0.34

Pour le cas de notre route on a la vitesse $V_r = 80 \frac{Km}{h}$

Donc $f=0.42$

Ce qui donne une distance de freinage de :

$$D_f = \frac{4}{100} \times \frac{80^2}{0.42 \times 9.81} = 62.13 \text{ m}$$

On prend : $D_f = 65 \text{ m}$

➤ Distance d'arrêt (D_α) :

C'est la distance que parcourt le véhicule de puis la perception de l'obstacle jusqu'à l'arrêt complet du véhicule.

Autrement dit c'est la distance de freinage plus la distance parcourue pendant le temps de perception-réaction avant le début du freinage.

$$\text{Donc : } DC = c + V \times t = \frac{v^2}{2g(f \pm i)} + V + t$$

Avec :

t : le temps de perception-réaction qui est égale à :

1^{er} cas : 2S Si $V \leq 80 \text{ Km/h}$

1^{eme} cas : 1.8 S Si $V > 80 \text{ Km/h}$

$$\text{Alors on aura : } \begin{cases} D_{\alpha 1} = D_f + 0.55V \\ D_{\alpha 2} = D_f + 0.5V \end{cases}$$

En courbe :

La longueur de freinage est plus importante du fait qu'on doit freiner moins énergiquement que sur un alignement droit pour ne pas perdre le contrôle du véhicule, de ce fait on obtient après majoration la distance de freinage de 25%

$$\begin{cases} D_{a1} = 1.25D_f + 0.55V \\ D_{a2} = 1.25D_f + 0.5V \end{cases}$$

Pour notre projet on a $V = 80 \text{ Km/h}$; $t = 2.5$; $D_f = 62.13 \text{ m}$

$$\Rightarrow D_{a1} = 121 \text{ m}$$

$$\Rightarrow D_{a2} = 117 \text{ m}$$

Distance de sécurité entre deux véhicules D_s :

Deux véhicules circulant dans le même sens sur la même voie et à la même vitesse, quel doit être leur espacement pour que le premier s'arrête après avoir freiné au maximum le second puisse s'arrêter sans risquer de collision.

Selon « Coquand » des expériences plus récentes tendent à montrer qu'il paraît possible d'admettre une formule telle que :

$$D_s = 8 + 0.2V + 0.003V^2$$

cette distance nous permet en plus, de calculer le débit horaire maximum en véhicules circulant à vitesse constante et à intervalles égaux aussi réduit que possible

$$Q = 1000 \times \frac{V}{D_s}$$

Avec :

V: Vitesse Km/h.

D_s : Distance de sécurité.

Q : Débit (Véhicule/heure)

Pour notre cas : $D_s = (0.003 \times V^2) + (0.2 \times V) + 8 = 43.2 \text{ m}$

$$Q = 1000 \times \frac{80}{43.2} = 1851 \frac{\text{véhicule}}{\text{heure}}$$

IV.7 c) Distance de dépassement :

C'est la distance nécessaire à un véhicule pour exécuter un dépassement y compris son retour à la voie de droite.

On retiendra deux types

Un dépassement forcé t_{dep} durant 7.2 S pour $V= 90$ Km/h

Un dépassement normal t_{dep} durant 9 S pour $V= 140$ Km/h

La distance nécessaire pour effectuer un dépassement est donnée par la formule suivante :

$$D = V \times t_{dep}$$

V : vitesse du véhicule qui effectue la manœuvre.

t_{dep} : Durée de dépassement

IV.7 d) Distance de visibilité de dépassement ;

Il existe deux types de distance de visibilité de dépassement

Distance de visibilité de dépassement minimal d_m

$$t = 2.7 S \Rightarrow Dv_n = 4 \times V$$

Distance de visibilité de dépassement normale d_n

$$t = 10.80 S \Rightarrow Dv_n = 6 \times V$$

D'après les normes B40 les distances sont données par le tableau suivant :

Tableau IV.6 : Distance de visibilité de dépassement normale et minimal

V(Km/h)	40	60	80	100	140
Dv_n	350	500	625	800	1000
Dv_m	150	250	320	425	700

Dans notre cas nous avons : $V= 80$ Km/h

$$Dv_m = 4 \times 80 = 320 m$$

$$Dv_n = 6 \times 80 = 480 m$$

D'après la norme B40 on prend :

$$Dv_m = 320 m$$

$$Dv_n = 500 \text{ m}$$

IV.8 calcul d'axe :

Cette étape ne peut être effectuée parfaitement qu'après avoir déterminé le couloir par lequel passera la voie.

Le calcul d'axe consiste à déterminer tous les points de l'axe, en exprimant leurs coordonnées ou directions dans un repère fixe. Ce calcul se fait à partir d'un point fixe dont on connaît ses coordonnées, et il doit suivre les étapes suivantes:

- ✓ Calcul de gisements.
- ✓ Calcul de l'angle γ entre alignements
- ✓ Calcul de la tangente T
- ✓ Calcul de la corde SL.
- ✓ Calcul de l'angle polaire σ
- ✓ Vérification de non chevauchement.
- ✓ Calcul de l'arc de cercle.
- ✓ Calcul des coordonnées des points singuliers.
- ✓ Calcul de kilométrage des points particuliers.

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.

La liaison que l'on a choisie se situe à la fin de notre projet. Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé sont comme suit :

$$V_B = 80 \text{ KM /h}$$

$$A \quad x = 7785.295 \quad y = 51963.969.$$

$$S1 \quad x = 7855.173 \quad y = 52000.272.$$

$$S2 \quad x = 8114.688 \quad y = 52242.783.$$

$$\text{Rayon } R = 600 \text{ m} \quad \text{et} \quad V_B = 80 \text{ km/h.}$$

IV.9 Caractéristiques De La Courbe De Raccordement :

IV.9 a) Calcul Du Paramètre A :

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

IV.9 b) Détermination De L :

➤ **Condition De Confort Optique :**

$$\frac{R}{3} \leq A_{min} \leq R \quad \text{D'où } 200 \leq A_{min} \leq 600$$

$$R = 600 \text{ m} < 1400 \text{ m} \rightarrow \Delta R = 0.5 \text{ a partir de B40} \quad L = \sqrt{24R\Delta R}$$

$$L \geq \sqrt{24 \times 600 \times 0.5} = 84.85 \quad L \geq 84.85 \rightarrow 1$$

B)-2 Condition De Confort Dynamique Et De Gauchissement :

$$RHd \leq R \leq RHnd$$

$$\Delta d = ?$$

$$d = d_{min} = 2.5\%$$

$$\Delta d = 3.01 - (-2.5) = 5.51\%$$

$$L \geq \frac{5}{36} \times 5.51 \times 80 = 61.222 \text{ m} \rightarrow (1)$$

Donc (1) et (2) on aura $L \geq 84.85 \text{ m}$

$$Lr = \frac{A^2}{R} \rightarrow A = \sqrt{LR} = 225.63$$

On Prend : $A = 225 \text{ m}$

$$L (\text{réel}) = \frac{A^2}{R} = \frac{225^2}{600} = 84.38 \text{ m}$$

Donc : $Lr (\text{réel}) = 84.38 \text{ m}$

$$L = \frac{A^2}{R} \rightarrow A = \sqrt{LR} = \ll 216.33$$

IV.9 c)- Calcul De ΔR :

$$\Delta R = \frac{L^2}{24} = \frac{84.85^2}{(24 \times 600)} = 0.499$$

$$\Delta R = 0.5 \text{ m}$$

IV.9 d) Calcul de 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.

$$|\Delta X| = |X' - X|$$

$$|\Delta Y| = |Y' - Y|$$

D'où:

$$G = 200 \pm \arctang \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|}$$

IV.9 e) Coordonnées des points de sommet

Tableau IV-7: les Coordonnées des points de sommet

angle (grade)	gisement	y	x	
	69.4975 g	51963.969	7785.295	A
17.3425	52.1550 g	52000.272	7855.173	S1
14.4301	37.7249 g	52242.783	8114.688	S2
12.3030	25.4219 g	52599.692	8355.000	S3
9.3880	34.8099 g	52839.735	8456.308	S4
34.8358	69.6457 g	53316.741	8746.665	S5
90.6906	160.3363 g	53747.504	9580.578	S6
44.3629	115.9734 g	53319.634	9888.015	S7
62.5138	178.4872 g	52967.108	11263.397	S8
		52682.847	11363.293	B

Tableau IV-8: les Valeurs des gisements et des distance

Axe En Plan						
Elts Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	69 .4975 g	182.28	0.000	7623.5415	51879.9375
Arc 1	Rayon	600.000	156.60	182.28	7885.295	51963.969
	Centre X	8161.90				
	Centre Y	51431.53				
Droite 2	Gisement	52.1550 g	140.34	338.88	8171.5713	52327.6412
Arc 2	Rayon	1000.000	237.60	479.22	8016.7805	52148.2057
	Centre X	8699.55				
	Centre Y	51417 ?57				
Droite 3	Gisement	37.7249 g	300.03	716.82	8171.6122	52327.6234
Arc 3	Rayon	300.000	58.63	1016.85	8339.6982	52576.1543
	Centre X	8588.55				
	Centre Y	52408.60				
Droite 4	Gisement	25.4219 g	10.55	1075.48	8367.4995	52627.7137
Arc 4	Rayon	3000.00	437.90	1086.03	8371.1660	52637.6250
	Centre X	11135.13				
	Centre Y	51471.23				
Droite 5	Gisement	34.8099 g	193.84	1523.93	8569.5849	53027.6003

Arc 5	Rayon	500.00	277.29	1717.77	8669.8192	53193.4998
	Centre X	9096.91				
	Centre Y	52933.52				
Droite 6	Gisement	69.6457 g	550.93	1995.06	8870.2276	53380.1599
Arc 6	Rayon	290.00	411.91	2545.99	9360.5753	53630.9667
	Centre X	9493.66				
	Centre Y	53373.31				
Droite 7	Gisement	160.3363 g	77.69	2957.9	9728.5753	53541.9258
Arc 7	Rayon	550.00	384.40	3035.59	9773.5757	53478.5714
	Centre X	9326.91				
	Centre Y	53157.64				
Droite 8	Gisement	115.9734 g	895.02	3419.99	10084.9349	53266.5598
Arc 8	Rayon	600.00	569.72	4315.01	10952.3892	53046.1352
	Centre X	10803.41				
	Centre Y	52464.92				
Droite 9	Gisement	178.4872g	121.20	4884.73	11363.293	52682.847
				5005.93	11407.5993	52683.3255
Longueur totale de l'axe 5005.93 mètre(s)						

Tableau: gisement, distance

IV.9 f) Calculs éléments de quatre raccordements

Bissectrice

$$\text{Biss} = R. \left(\frac{1}{\cos \frac{\beta}{2}} - 1 \right)$$

La développée

$$D = \frac{\pi \cdot \beta^{\text{deg}} \cdot R}{180} = \frac{\pi \cdot \beta^{\text{Grad}} \cdot R}{200} = R\beta^{\text{rd}}$$

La flèche

$$F = R \left(1 - \cos \frac{\beta}{2} \right)$$

Tous les calculs de rayon de la route existante sont illustrés dans le tableau suivant :

Tableau IV-9: les calculs de rayon de la route V

B	D	F	T	angle (grade)	rayon	
5.6	163.45	5.58	82.23	17.3425	600.000	S1
6.45	226.67	6.4	113.82	14.4301	1000.000	S2
0.98	57.97	1.41	29.07	12.3030	300.000	S3
8.17	442.40	8.1	221.6	9.3880	3000.000	S4
19.32	273.60	18.6	140.31	34.8358	500.000	S5
93.16	413.12	70.5077	250.41	90.6906	290.000	S6
35.16	383.27	33.055	199.78	44.3629	550.000	S7
80.37	589.18	70.86	320.79	62.5138	600.000	S8

IV.9 j) Les longueurs de tracé

➤ La longueur totale de tracé mesurée

$$L_t = 5005.93 \text{ m}$$

➤ La longueur totale des arcs de cercles calculée: LC

D1= 163.45 m

D2 = 226.67 m

D3 = 57.97 m

D4 = 442.40 m

D5 = 273.60 m

D6 = 413.12 m

D7 = 383.27 m

D8 = 589.18 m

LC = 2549.66 m

➤ La longueur totale des alignements droits mesurée : LAD

LAD = LT-Lc = 5005.93 – 2549.66 = 2456.27 m

➤ Pourcentage d'alignement droit :

alignement Droit = 49.06 %

➤ Pourcentage courbe :

Courbe = 50.93 %

II.2.6 Environnement :

Tout itinéraire classé dans l'une des cinq catégories précédentes peut être décomposé en tronçons se développant selon l'une des trois classes d'environnement E1, E2, E3. En fonction du relief et de la sinuosité de la route sur la base d'études des coûts d'aménagement et d'entretien

Relief :

Il est caractérisé par la dénivelée cumulée moyenne au Kilomètre (H/L)

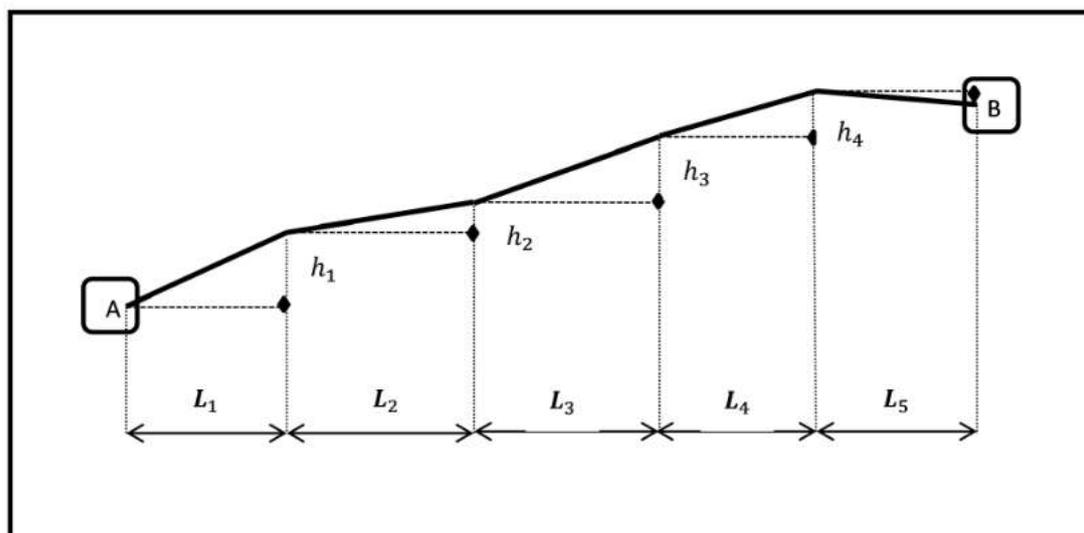


Figure IV.8 : éléments du profil en long pour définir le relief

Tableau IV-10: les somme des dénivelées cumulées

NUM	ABSCRISSE	X	Y	Z	ΔH	PENT
P1	0	7623.54	51879.93	1078.62	/	/
P2	25	7645.73	51891.46	1077.98	-0.64	-2.578875272
P3	50	7667.91	51902.98	1077.33	-0.64	-1.289437634
P4	75	7690.10	51914.51	1076.69	-0.64	-0.859625089
P5	100	7712.28	51926.04	1076.04	-0.64	-0.644718817
P6	125	7734.46	51937.56	1075.40	-0.64	-0.515775054
P7	150	7756.65	51949.09	1074.75	-0.64	-0.429812545
P8	175	7778.83	51960.61	1074.11	-0.64	-0.368410753
P9	200	7800.90	51972.37	1073.46	-0.64	-0.322359409
P10	225	7822.47	51985.00	1072.82	-0.64	-0.286541697
P11	250	7843.50	51998.51	1072.17	-0.65	-0.26063414
P12	275	7863.95	52012.89	1070.89	-1.27	-0.463243576
P13	300	7883.78	52028.11	1068.60	-2.30	-0.765598402
P14	325	7902.96	52044.14	1065.68	-2.92	-0.898193751

P15	350	7921.53	52060.88	1062.75	-2.93	-0.835998921
P16	375	7939.99	52077.74	1059.82	-2.93	-0.780265659
P17	400	7958.45	52094.60	1056.90	-2.93	-0.731499055
P18	425	7976.91	52111.46	1053.97	-2.93	-0.688469699
P19	450	7995.37	52128.32	1051.05	-2.93	-0.650221383
P20	475	8013.83	52145.18	1048.12	-2.93	-0.615999205
P21	500	8032.14	52162.20	1045.35	-2.77	-0.554137036
P22	525	8050.03	52179.66	1043.38	-1.97	-0.37506304
P23	550	8067.47	52197.57	1041.58	-1.81	-0.328205008
P24	575	8084.46	52215.90	1039.77	-1.81	-0.313935225
P25	600	8100.99	52234.66	1037.97	-1.81	-0.300854591
P26	625	8117.05	52253.82	1036.16	-1.81	-0.288820407
P27	650	8132.62	52273.38	1034.36	-1.81	-0.27771193
P28	675	8147.70	52293.32	1032.55	-1.81	-0.267426303
P29	700	8162.27	52313.63	1030.75	-1.81	-0.257875363
P30	725	8176.36	52334.28	1028.97	-1.78	-0.245162938
P31	750	8190.33	52355.02	1027.25	-1.72	-0.229262081
P32	775	8204.30	52375.75	1025.59	-1.66	-0.214383663
P33	800	8218.28	52396.48	1023.98	-1.60	-0.200435147
P34	825	8232.25	52417.21	1022.44	-1.55	-0.187331995
P35	850	8246.22	52437.94	1020.95	-1.49	-0.174999616
P36	875	8260.19	52458.67	1019.52	-1.43	-0.163371945
P37	900	8274.16	52479.40	1018.15	-1.37	-0.152390255
P38	925	8288.14	52500.13	1016.84	-1.31	-0.142002171
P39	950	8302.11	52520.86	1015.58	-1.26	-0.132242888
P40	975	8316.08	52541.59	1014.34	-1.24	-0.126766264
P41	1000	8330.05	52562.32	1013.11	-1.24	-0.123597107
P42	1025	8343.93	52583.12	1011.87	-1.24	-0.120582544

P43	1050	8356.44	52604.75	1010.64	-1.24	-0.117711531
P44	1075	8367.11	52627.36	1009.40	-1.24	-0.114974053
P45	1100	8376.82	52650.39	1009.16	-0.24	-0.021989207
P46	1125	8386.70	52673.36	1008.92	-0.24	-0.021500558
P47	1150	8396.78	52696.24	1008.67	-0.24	-0.021033155
P48	1175	8407.04	52719.03	1008.43	-0.24	-0.020585641
P49	1200	8417.50	52741.74	1008.19	-0.24	-0.020156773
P50	1225	8428.14	52764.36	1007.95	-0.24	-0.01974541
P51	1250	8438.97	52786.89	1007.71	-0.24	-0.019350502
P52	1275	8449.99	52809.33	1007.46	-0.24	-0.018971081
P53	1300	8461.20	52831.68	1007.22	-0.24	-0.018606252
P54	1325	8472.59	52853.94	1006.98	-0.24	-0.018255191
P55	1350	8484.17	52876.09	1006.74	-0.24	-0.017917132
P56	1375	8495.93	52898.15	1006.49	-0.24	-0.017781112
P57	1400	8507.87	52920.12	1005.99	-0.50	-0.035952616
P58	1425	8520.00	52941.98	1005.06	-0.93	-0.065462125
P59	1450	8532.30	52963.74	1003.87	-1.19	-0.082184939
P60	1475	8544.79	52985.40	1002.67	-1.19	-0.080968856
P61	1500	8557.46	53006.95	1001.48	-1.19	-0.079619375
P62	1525	8570.31	53028.39	1000.28	-1.19	-0.078314139
P63	1550	8583.24	53049.79	999.09	-1.19	-0.077051008
P64	1575	8596.17	53071.19	997.90	-1.19	-0.075827976
P65	1600	8609.10	53092.58	996.70	-1.19	-0.074643164
P66	1625	8622.03	53113.98	995.51	-1.19	-0.073494808
P67	1650	8634.96	53135.38	994.31	-1.19	-0.07238125
P68	1675	8647.89	53156.77	993.12	-1.19	-0.071300933
P69	1700	8660.82	53178.17	991.96	-1.15	-0.0679212
P70	1725	8673.80	53199.54	991.61	-0.35	-0.020379841

P71	1750	8687.56	53220.41	991.40	-0.21	-0.0118999
P72	1775	8702.35	53240.56	991.20	-0.21	-0.011732296
P73	1800	8718.13	53259.95	990.99	-0.21	-0.011569347
P74	1825	8734.85	53278.53	990.78	-0.21	-0.011410863
P75	1850	8752.49	53296.24	990.57	-0.21	-0.011256662
P76	1875	8770.98	53313.06	990.36	-0.21	-0.011106574
P77	1900	8790.30	53328.93	990.15	-0.21	-0.010960434
P78	1925	8810.38	53343.81	989.95	-0.21	-0.010818091
P79	1950	8831.18	53357.67	989.74	-0.21	-0.010679398
P80	1975	8852.65	53370.48	989.44	-0.30	-0.015271848
P81	2000	8874.72	53382.21	986.90	-2.53	-0.126608763
P82	2025	8896.98	53393.59	984.28	-2.63	-0.129656593
P83	2050	8919.24	53404.98	981.65	-2.63	-0.128075415
P84	2075	8941.50	53416.36	979.03	-2.63	-0.126532337
P85	2100	8963.76	53427.74	976.41	-2.62	-0.124685266
P86	2125	8986.02	53439.12	974.69	-1.72	-0.080947511
P87	2150	9008.28	53450.50	974.49	-0.20	-0.009232431
P88	2175	9030.54	53461.88	975.19	0.70	0.032172814
P89	2200	9052.80	53473.26	975.90	0.71	0.03213246
P90	2225	9075.06	53484.64	976.60	0.71	0.031771421
P91	2250	9097.32	53496.02	977.31	0.71	0.031418405
P92	2275	9119.58	53507.40	978.02	0.71	0.031073148
P93	2300	9141.84	53518.78	978.24	0.23	0.009807279
P94	2325	9164.10	53530.16	978.47	0.23	0.009701824
P95	2350	9186.35	53541.54	978.69	0.23	0.009598613
P96	2375	9208.61	53552.92	978.92	0.23	0.009497575
P97	2400	9230.87	53564.30	979.15	0.23	0.009398642
P98	2425	9253.13	53575.68	979.37	0.23	0.009301749

P99	2450	9275.39	53587.06	979.60	0.23	0.009206833
P100	2475	9297.65	53598.45	979.82	0.23	0.009113835
P101	2500	9319.91	53609.83	980.05	0.23	0.009022696
P102	2525	9342.17	53621.21	980.23	0.18	0.00728222
P103	2550	9364.44	53632.56	979.37	-0.86	-0.033877158
P104	2575	9387.31	53642.66	978.02	-1.35	-0.052266929
P105	2600	9410.95	53650.74	976.68	-1.35	-0.051764363
P106	2625	9435.21	53656.77	975.33	-1.35	-0.051271369
P107	2650	9459.89	53660.68	974.00	-1.33	-0.050247734
P108	2675	9484.82	53662.45	973.06	-0.94	-0.034969987
P109	2700	9509.81	53662.06	972.69	-0.37	-0.01364417
P110	2725	9534.68	53659.53	972.81	0.11	0.004074172
P111	2750	9559.23	53654.87	972.97	0.17	0.006077
P112	2775	9583.29	53648.11	973.14	0.17	0.006022252
P113	2800	9606.68	53639.30	973.31	0.17	0.005968482
P114	2825	9629.22	53628.51	973.47	0.17	0.005915664
P115	2850	9650.75	53615.82	973.64	0.17	0.005863772
P116	2875	9671.11	53601.33	973.81	0.17	0.005812783
P117	2900	9690.15	53585.13	973.97	0.16	0.005593706
P118	2925	9707.72	53567.36	973.96	-0.01	-0.000226964
P119	2950	9723.69	53548.14	973.71	-0.26	-0.008659993
P120	2975	9738.37	53527.90	973.26	-0.45	-0.015004665
P121	3000	9752.96	53507.60	972.80	-0.46	-0.015298729
P122	3025	9767.54	53487.30	972.34	-0.46	-0.015172293
P123	3050	9782.28	53467.11	971.89	-0.46	-0.01504793
P124	3075	9797.85	53447.54	971.43	-0.46	-0.014925589
P125	3100	9814.28	53428.71	970.97	-0.46	-0.014805221
P126	3125	9831.55	53410.64	970.51	-0.46	-0.01468678

P127	3150	9849.63	53393.37	970.03	-0.48	-0.015290804
P128	3175	9868.47	53376.94	969.46	-0.56	-0.017722867
P129	3200	9888.04	53361.39	968.82	-0.65	-0.020209705
P130	3225	9908.30	53346.74	968.09	-0.73	-0.022657987
P131	3250	9929.20	53333.03	967.27	-0.81	-0.025068603
P132	3275	9950.70	53320.28	966.38	-0.90	-0.027351765
P133	3300	9972.76	53308.52	965.46	-0.92	-0.027832386
P134	3325	9995.33	53297.77	964.55	-0.91	-0.027290187
P135	3350	10018.37	53288.07	963.70	-0.85	-0.025395832
P136	3375	10041.82	53279.41	962.91	-0.79	-0.023383304
P137	3400	10065.64	53271.84	962.18	-0.73	-0.021400373
P138	3425	10089.78	53265.33	961.52	-0.67	-0.019446389
P139	3450	10114.01	53259.17	960.91	-0.60	-0.017520724
P140	3475	10138.24	53253.02	960.37	-0.54	-0.015622767
P141	3500	10162.47	53246.86	959.89	-0.48	-0.013751923
P142	3525	10186.70	53240.70	959.47	-0.42	-0.011907616
P143	3550	10210.93	53234.54	959.10	-0.36	-0.010228313
P144	3575	10235.16	53228.39	958.76	-0.35	-0.009751591
P145	3600	10259.39	53222.23	958.46	-0.29	-0.008180659
P146	3625	10283.62	53216.07	958.24	-0.22	-0.006163795
P147	3650	10307.85	53209.92	958.09	-0.15	-0.004174558
P148	3675	10332.08	53203.76	958.00	-0.08	-0.002212386
P149	3700	10356.31	53197.60	957.99	-0.01	-0.00027673
P150	3725	10380.54	53191.45	958.06	0.06	0.001632944
P151	3750	10404.77	53185.29	958.19	0.13	0.003517156
P152	3775	10429.00	53179.13	958.39	0.20	0.005376411
P153	3800	10453.23	53172.97	958.65	0.26	0.006906013
P154	3825	10477.46	53166.82	958.92	0.27	0.007032112

P155	3850	10501.69	53160.66	959.19	0.27	0.006986449
P156	3875	10525.92	53154.50	959.46	0.27	0.006941375
P157	3900	10550.15	53148.35	959.73	0.27	0.006896879
P158	3925	10574.38	53142.19	960.00	0.27	0.00685295
P159	3950	10598.61	53136.03	960.27	0.27	0.006809577
P160	3975	10622.84	53129.88	960.31	0.04	0.001081355
P161	4000	10647.07	53123.72	960.35	0.04	0.001074597
P162	4025	10671.30	53117.56	960.40	0.04	0.001067922
P163	4050	10695.53	53111.40	960.44	0.04	0.00106133
P164	4075	10719.76	53105.25	960.48	0.04	0.001054819
P165	4100	10743.99	53099.09	960.52	0.04	0.001048387
P166	4125	10768.22	53092.93	960.57	0.04	0.001042033
P167	4150	10792.45	53086.78	960.61	0.04	0.001035756
P168	4175	10816.68	53080.62	960.65	0.04	0.001029554
P169	4200	10840.91	53074.46	960.70	0.04	0.001023426
P170	4225	10865.14	53068.31	960.74	0.04	0.00101737
P171	4250	10889.37	53062.15	960.78	0.04	0.001011385
P172	4275	10913.60	53055.99	960.83	0.04	0.001005471
P173	4300	10937.83	53049.84	960.87	0.04	0.000999625
P174	4325	10962.04	53043.60	960.91	0.04	0.000993847
P175	4350	10986.02	53036.54	960.95	0.04	0.000988135
P176	4375	11009.68	53028.49	961.00	0.04	0.000982489
P177	4400	11032.99	53019.45	960.61	-0.39	-0.008904046
P178	4425	11055.91	53009.46	960.21	-0.39	-0.008853741
P179	4450	11078.38	52998.52	959.82	-0.39	-0.008804001
P180	4475	11100.39	52986.65	959.43	-0.39	-0.008754816
P181	4500	11121.87	52973.88	959.04	-0.39	-0.008706178
P182	4525	11142.81	52960.22	958.65	-0.39	-0.008658078

P183	4550	11163.16	52945.71	958.25	-0.39	-0.008610506
P184	4575	11182.89	52930.35	957.86	-0.39	-0.008563454
P185	4600	11201.96	52914.19	957.47	-0.39	-0.008516914
P186	4625	11220.35	52897.25	957.08	-0.39	-0.008470876
P187	4650	11238.01	52879.56	956.69	-0.39	-0.008425334
P188	4675	11254.91	52861.15	956.30	-0.39	-0.008380279
P189	4700	11271.04	52842.05	955.65	-0.65	-0.013735541
P190	4725	11286.36	52822.29	953.97	-1.68	-0.035619188
P191	4750	11300.84	52801.91	952.03	-1.94	-0.040774716
P192	4775	11314.46	52780.95	950.09	-1.94	-0.040561236
P193	4800	11327.19	52759.44	948.59	-1.50	-0.031349374
P194	4825	11339.02	52737.42	948.93	0.34	0.006979958
P195	4850	11349.92	52714.92	949.78	0.86	0.017645801
P196	4875	11359.87	52691.99	950.64	0.86	0.017555309
P197	4900	11369.04	52668.73	951.49	0.86	0.017465742
P198	4925	11378.14	52645.44	952.35	0.86	0.017377083
P199	4950	11387.24	52622.16	953.20	0.86	0.01728932
P200	4975	11396.33	52598.87	954.06	0.86	0.017202439
P201	5000	11405.43	52575.59	954.92	0.86	0.017116427
P202	5005.93	11407.59	52570.04	955.12	0.20	0.004068017
					$\sum \Delta H =$	-123.50
					$\sum \Delta H/L =$	2.4570

$$D_{nmoy} = \frac{\left| \sum_{P_i > 0} P_i d_i + \sum_{P_i < 0} P_i d_i \right|}{L}$$

$$D_c = 2.4570 \%$$

Les valeurs seuils ci-dessous, déterminées par l'analyse de plusieurs itinéraires en Algérie, permettent de caractériser trois types de topographie

Tableau IV-11: Type de topographie

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
1	Plat	$Dc \leq 1.5\%$
2	Terrain Vallonné	$1.5\% < Dc \leq 4\%$
3	Terrain montagneux	$Dc > 4\%$

Tableau: Type de topographie

$$1.5 \% < Dc < 4\%$$

Donc : Le terrain est : vallonné

Sinuosité :

- ✓ La sinuosité σ d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse L_s sur la longueur totale de l'itinéraire.
- ✓ La longueur sinueuse L_s est la longueur des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m.
- ✓ Les valeurs seuils ci-dessous, déterminées par l'analyse de nombreux itinéraires en Algérie permettent de caractériser trois domaines de sinuosité.

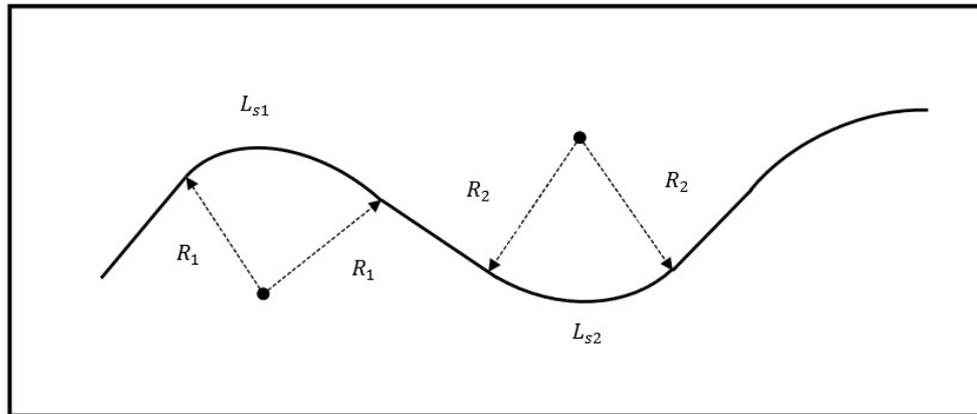


Figure IV.9 : éléments de l'axe en plan pour définir la sinuosité

➤ $\sigma = \frac{Ls}{L} = 0 \quad \Rightarrow \quad \text{Sinuosité faible}$

Tableau IV -12 : Tableau d'Environnement de la route

Sinuosité et relief	Faible	Moyenne	Forte
Plat	E1	E2	/
Vallonné	E2	E2	E3
Montagneux	/	E2	E3

- Dénivelée cumulée : $\underline{Dc = 1.5\% < Dc \leq 4\%}$ (terrain Vallonné)
- Sinuosité : $\sigma = 0$ (sinuosité faible)

Environnement: E2

Calcul De L'angle γ :

$$\gamma = |G_{S2}^{S1} - G_{S1}^A| = 17.3425$$

Calcul De L'angle τ :

$$\tau = \frac{200}{\pi} \times \frac{200}{\pi} = \frac{84.38}{2 \times 600} \times \frac{200}{3.14} \Rightarrow \tau = 4.48 \text{ grades}$$

Vérification De Non Chevauchement :

$$\tau = 4.48 \text{ grades}$$

$$\frac{\gamma}{2} = \frac{17.3425}{2} = 8.67 \text{ grades}$$

Calcul Des Distances:

$$AS_1 = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)} = \sqrt{69.88^2 + 36.30^2} = 78.60 \text{ m}$$

$$S_1S_2 = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)} = \sqrt{259.52^2 + 242.51^2} = 355; 199 \text{ m}$$

IV.9 h) Caractéristiques De La Courbe De Raccordement :

Calcul De L'abscisse Du Centre Du Cercle

$$Xm = \frac{A^2}{2R} = \frac{L}{2} = 42.19$$

CHAPITRE IV
CARASTIRISTIQUE DE PROJET

Abscisse De KE

$$X = L(1 - \frac{L}{40 \times R^2}) = 84.38 \text{ m}$$

Origine De KE

$$y = \frac{L^2}{6 \times R} = 1.98 \text{ m}$$

Calcul De La Tangente

$$T = X \tan \alpha + (R + \Delta R) \tan(\frac{\gamma}{2}) = 45.07 \text{ m}, \text{ On a : } \frac{L}{R} = 0.14$$

Calcul Des Coordonnées SL

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{(84.38)^2 + (1.98)^2} = 84.40 \text{ m}$$

Calcul De σ

$$\sigma = \arctg(\frac{y}{x}) = \arctg(\frac{1.98}{84.38}) = 1.49 \text{ gr}$$

Calcul De L'arc

$$A = \gamma - 2\tau = 17.3425 - 8.96 = 8.38 \text{ gr}.$$

$$K_{E1}K_{E2} = \frac{R \times \pi \times A}{200} = \frac{600 \times 3.14 \times 8.38}{200} = 78.94 \text{ m}$$

Calcul Des Coordonnées Des Points Singuliers

$$X_j = X_i + D_{ij} \times \sin G_{ij}$$

$$Y_j = Y_i + D_{ij} \times \cos G_{ij}$$

I	J	X _i	Y _j	D _{ij} (m)	G _{ij} (gra)
SA	K _{A1}	X _A	Y _A	DAKA1 = D _{AS1} - T = 33.53	GAKA1 = G _{AS1} = 69.4975
K _{A1}	K _{E1}	X _{KA1}	Y _{KA1}	DKA1KE1 = SL = 84.40	GKA1KE1 = G _{AS1} + σ = 70.565
SC	KA2	XC	YC	DCKA2 = D _{S1S2} - T = 310.129	GCKA2 = G _{S1S2} + 200 = 252.155
K _{A2}	K _{E2}	X _{KA2}	Y _{KA2}	DKA2KE2 = SL = 84.40	GKA2KE2 = GCKA2 + σ = 253.645

CHAPITRE IV

CARASTIRISTIQUE DE PROJET

$$XKA1= XA + DAKA1*\sin (GAKA1) = \mathbf{7787.9273}$$

$$YKA1= YA + DAKA1*\cos (GAKA1) = \mathbf{51979.4266}$$

$$XKE1= XKA1 + DKA1KE1*\sin (GKA1KE1) = \mathbf{7863.4653}$$

$$YKE1= YKA1 + DKA1KE1*\cos (GKA1KE1) = \mathbf{52017.0750}$$

$$XKA2= XS2 + DCKA2*\sin (GCKA2) = \mathbf{7888.0975}$$

$$YKA2= YS2 + DCKA2*\cos (GCKA2) = \mathbf{52031.0362}$$

$$XKE2= XKA2 + DKA2KE2*\sin (GKA2KE2) = \mathbf{7825.1004}$$

$$YKE2= YKA2 + DKA2KE2*\cos (GKA2KE2) = \mathbf{51974.8693}$$

Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe

CHAPITRE V

PROFIL EN LONG

V.1 DEFINITION

Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive, donc il exprime 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 paraboles.

V.2 REGLES A RESPECTER POUR LE TRACÉ 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 règles du B40 (déclivités Max et Min).
- 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 de 0.5% du profil en long.
- Rechercher un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

V.3 LES ELEMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG :

- Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires, pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

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

V.4 COORDINATION DU TRACÉ EN PLAN ET PROFIL EN LONG:

Il est très nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long en tenant compte également de l'implantation des points d'échange afin :

D'avoir une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.

D'envisager de loin l'évolution du tracé.

De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.) pour éviter les défauts résultats d'une mauvaise coordination tracé en plan et profil en long, les règles suivantes sont à suivre :

D'augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe.

D'amorce la courbe en plan avant un point haut.

lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.

De faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 5 fois au moins le rayon en plan).

V.5 DEFINITION DE LA DECLIVITE :

La déclivité d'une route est l'angle tangente que fait le profile en long avec l'horizontal, on l'appel pente pour les descentes et rampes pour les montées.

V.5 a) Déclivité Minimale :

Dans un terrain plat n'emploie normalement jamais de pente nulle de façon à ce que l'écoulement des eaux pluviales s'effectue facilement a long de la route au bord de la chaussé.

On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes :

- Au moins 0,5% et de préférences 1 %, si possible.
- $I_{min} = 0,5 \%$ dans les longues sections en déblai : pour que l'ouvrage d'évacuation des eaux ne soit pas trop profondément.
- $I_{min} = 0,5 \%$ dans les sections en remblai prévues avec des descentes d'eau.

V.5 b) Déclivité Maximale :

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à 1500m

Pour Les Raisons Suivantes :

la réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe Max).

l'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).

Donc La déclivité maximale dépend de :

Condition d'adhérence.

Vitesse minimum de poids lourd.

Condition économique.

- **Selon la norme du B40 :**

Tableau V.1 : Déclivité Maximum

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

Pour notre cas la vitesse $V_r = 80$ Km/h, donc la pente maximale $I_{max} = 6\%$.

V.6 RACCORDEMENT EN PROFIL EN LONG :

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

V.6 a) Raccordement Convexes (Angle Saillants) :

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

Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition verticale de confort.

Pour $g = 10 \text{ m/s}^2$ $R_v \text{ min} =$	}	$0.3 V_r^2$ pour cat. 1-2 $0.23 V_r^2$ pour cat. 3-4-5
---	---	---

- Condition de visibilité.

A)- Condition De Confort :

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

Limitation de l'accélération verticale :

$$\frac{V_r^2}{R_v} < \frac{g}{40} \text{ pour cat 1 et 2}$$

Dans notre cas $R_v \text{ min} = 0.3 V_r^2$

Avec : **R_v : rayon vertical (m)**

Pour notre cas le rayon vertical minimal correspondant à une vitesse de base de 80 km/h est de :

$$R_{v \text{ min}} = 0.3 \times V_b^2 = 0.3 \times 80^2 = 1920 \text{ m}$$

B)- Condition De Visibilité :

Un conducteur dont le rayon visuel ras le dos-d'âne doit voir, de l'autre côté, soit un obstacle, soit un véhicule, et cela assez tôt pour disposer d'une distance suffisante, soit pour s'arrêter, soit pour dépasser.

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v = \frac{D^2}{2(\sqrt{h_0} + \sqrt{h_1})^2}$$

D : distance de visibilité nécessaire (m)

h_0 : hauteur de l'œil (m).

h_1 : hauteur de l'obstacle (m).

Tableau V 2 : Rayons minimaux selon la Norme B40 en angle saillant

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R_{vm}	6000
Min-normal	R_{vn}	12000

Les rayons assurant ces deux conditions sont données pour les normes en fonction de la vitesse de base et de la catégorie,

Dans notre cas ; $V_B=80\text{km/h}$ et de catégorie C1

V.6 b) Raccordement Concave : (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 :

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

Avec : R_v rayon minimal du cercle de raccordement

d : distance d'arrêt (m).

➤ La Condition Esthétique :

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

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

$$R_{V_{min}} = 100 \times \frac{50}{\Delta d(\%)}$$

Avec :

Δd : changement de dévers

$R_{V_{min}}$: rayon verticale minimale

Pour une vitesse $R_{vm} = 80$ Km/h et une route de catégorie (C1) on a le tableau suivant :

Tableau V 3 : Rayons minimaux selon la Norme B40 en angle rentrant

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R_{vm}	3000
Min-normal	R_{vn}	4200

V.7 Détermination pratique du profil en long :

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

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

À l'équation de la parabole $X^2 - 2R Y = 0 \Rightarrow Y = \frac{x^2}{2R}$.

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

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

V.7 a)- Détermination De La Position Du Point De Rencontre (S) :

On a:

$$\begin{aligned} Z_{D'} &= Z_A + L \cdot P_2 & , & & m &= Z_{A'} - Z_A \\ Z_{A'} &= Z_D + L \cdot P_1 & , & & n &= Z_{D'} - Z_D \end{aligned}$$

$$S = \begin{cases} X_S = x + x_A \\ Z_S = P_1 \cdot x + z_A \end{cases}$$

V.7 b)- Calcul De La Tangente

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

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

$$E \left\{ \begin{array}{l} X_E = x_s - T \\ Z_E = z_s - T.P_1 \end{array} \right. \quad F \left\{ \begin{array}{l} X_F = x_s + T \\ Z_F = z_s + T.P_2 \end{array} \right.$$

V.7 c)- Projection Horizontale De La Longueur De Raccordement :

$$LR=2T$$

V.7 d)- Calcul De La Flèche :

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

V.7 e)- Calcul De La Flèche Et L'altitude D'un Point Courant M Sur La Courbe :

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

V.7 f)- Calcul Des Coordonnées Du Sommet De La Courbe :

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

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

Dans le cas des pentes de même sens le point J est en dehors de la ligne de projet et ne présente

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

: Tableau V 4 récapitulatif d'arcs de parabole utilisée

Pente	-2.58 %
Arc de parabole	611.02
Pente	-11.70 %
Arc de parabole	635.06
Pente	-7.22%

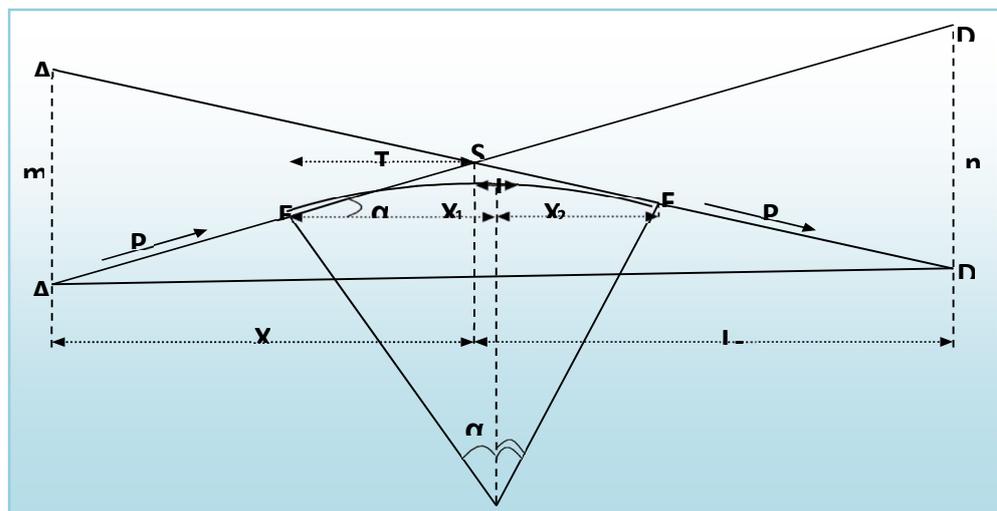


Figure V.1 : Calcul pratique du profil en long

N.B : Le profil en long a été réalisé à

l'aide du logiciel Covadis

V.8 application au projet réalisé à l'aide logiciel Covadis

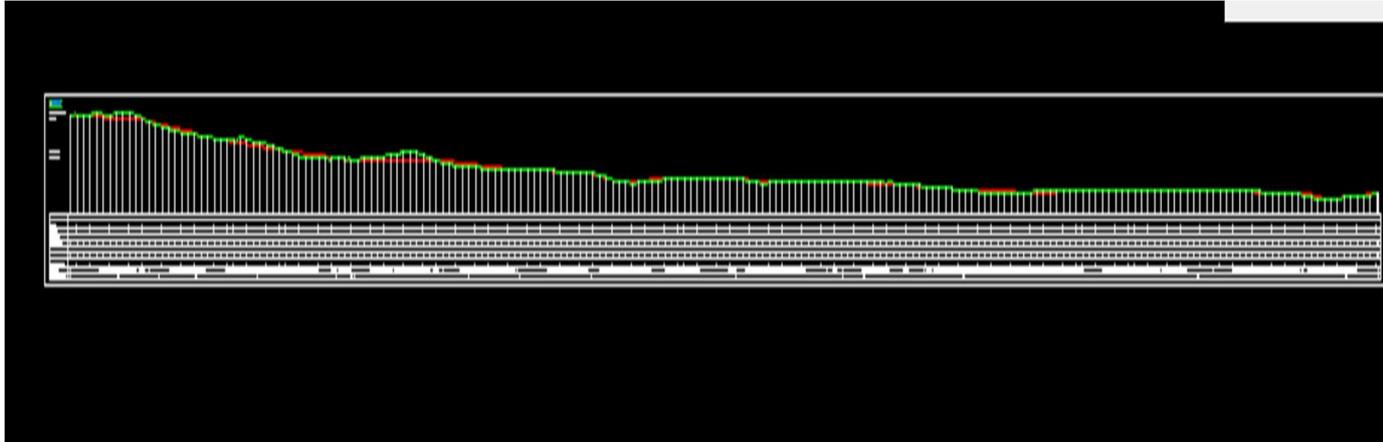


Figure V 2 : profil en long

CHAPITRE VI

PROFIL EN TRAVERS

VI.1 DEFINITION :

Le profil en travers c'est la coupe de la route suivant un plan perpendiculaire à son axe. Il définit notamment la largeur et le dévers des chaussées et les zones non rouables de la route.

Le choix d'un profil en travers dépend essentiellement du trafic attendu sur l'RN14, qui définit le nombre de voies.

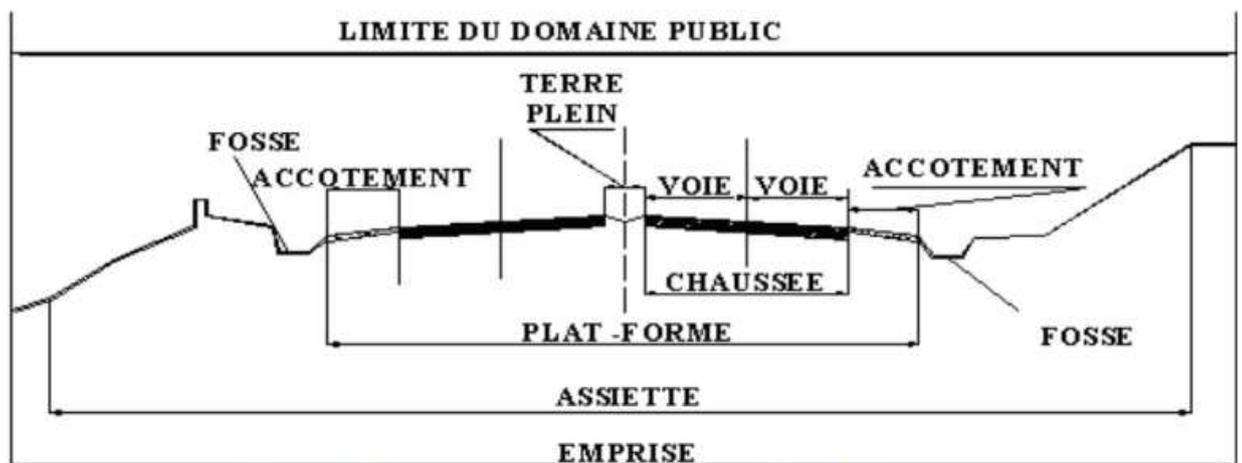


Figure VI.1 : Les éléments constitutifs du profil en travers

Schéma V-1:

Le profil en travers d'une chaussée est la coupe perpendiculaire à l'axe de la chaussée par un plan vertical. Le profil en travers contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais, trottoirs).

VI.2 DIFFERENTS TYPES DE PROFIL EN TRAVERS :

Dans une étude d'un projet de route l'ingénieur doit dessiner deux types de profil en travers :

A) - Profil En Travers Type :

Il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations

(En remblai, en déblai, en alignement et en courbe).

B) - Profil En Travers Courants :

Se sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel.

VI.3 Les éléments du profil en travers :

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

1). Emprise :

C'est la surface de terrain appartenant à la collectivité et affectée à la route ou ses dépendance, elle coïncidant généralement avec le domaine public.

2). Assiette :

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

3). Plate forme :

C'est la chaussée, elle comprend la ou les deux chaussées, les accotements et éventuellement les terres pleins.

4). Chaussée :

Au sens géométrique du terme c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent
Normalement les véhicules.

5). Accotement :

Se sont les zones latérales de la plate-forme que bordent extérieurement la chaussée, ils
Peuvent être dérasé ou sur élevés.

6). Fosse :

Ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement recueillies de la route et des talus (éventuellement les eaux du talus)

7). Terre plein central :

La terre pleine centrale, s'étend entre les limites intérieures de deux chaussées (au sens
Géométrique) du point de vue structural, il comprend :

- Les deux sur largeurs de chaussées supportant des bandes de guidages
- Une partie centrale en gazonnée

8). Bande Dérasé :

Bande contiguë à la chaussée, stabilisée, revêtue ou non, dégagée de tout obstacle ; elle

Comporte le marquage en rive

9). B. D. G :

Bande dérasée à gauche d'une chaussée bidirectionnelle.

10). Bande médiane :

Partie non rouable du terre-plein central comprise entre les deux bandes dérasées de gauche.

11). berme :

Partie latérale non rouable de l'accotement, bordant une B.A.U ou une bande dérasée, et
Généralement engazonnée

12). B. A. U :

Partie de l'accotement, contiguë à la chaussée, dégagée de tout obstacle et revêtue, aménagée pour permettre l'arrêt d'urgence des véhicules hors de la chaussée, elle inclut la sur largeur structurelle de la chaussée.

13). Sur largeur S :

Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

14). b. g :

Bande de guidage.

VI.4 Application au projet :

Notre route comportera le profil en travers type suivant :

-Chaussée : $3.5m \times 2 + 0.5 + = 7.50 m$

-Accotement : 2.00 m

-Terrain plein central : 2,00m

-Dévers minimum 2.5%

-Dévers maximum 4%

-Pente de talus en remblai 1/1.5

-Pente de talus en déblai 1/4

VI.5 PROFIL EN TRAVERS COURAN

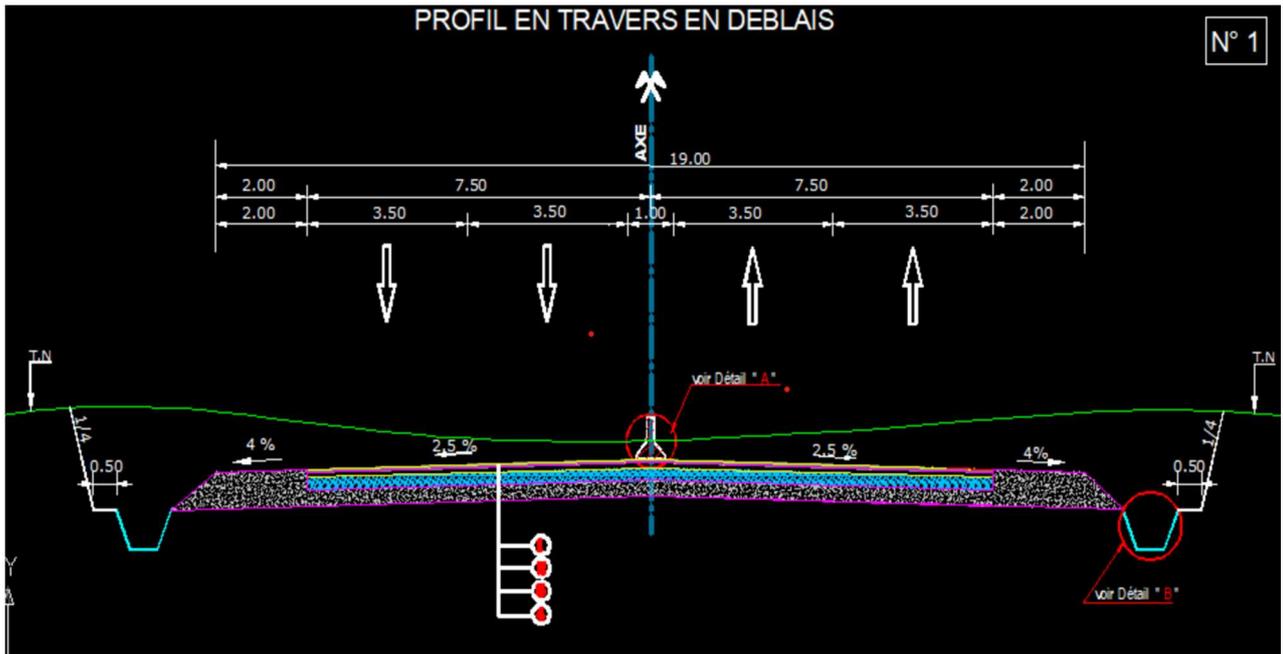


Fig. (VI-2) : Profil En Travers en deblais

Tableau du corps de chaussée			
N°	Matériaux	Epaisseur	Symbole
1	couche de roulement en Béton Bitumineux	08 cm	
2	couche de Base en Grave Bitume	10 cm	
3	couche de Fondation en Grave Concassée	25 cm	
4	couche de Forme Tuff	30 cm	

Fig. (VI-3) : tableau du corps de chaussée

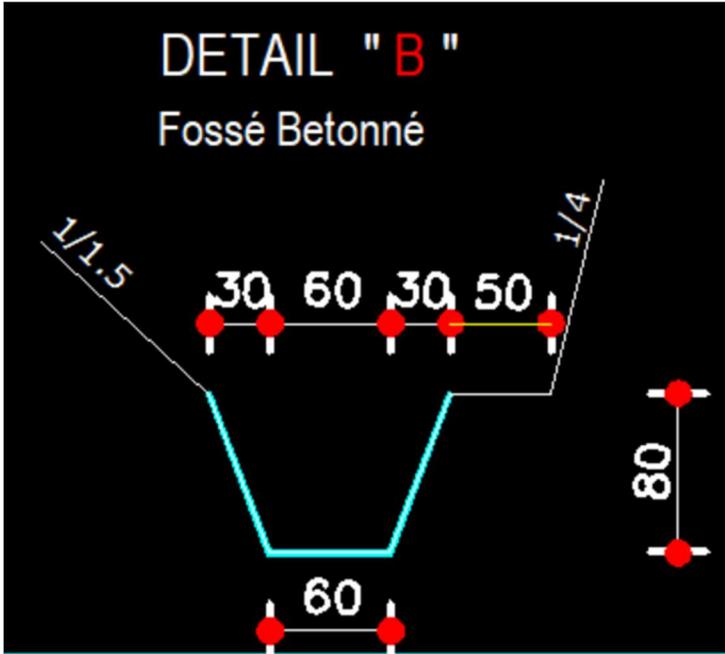


Figure. (VI-4) : détail fossé bétonné

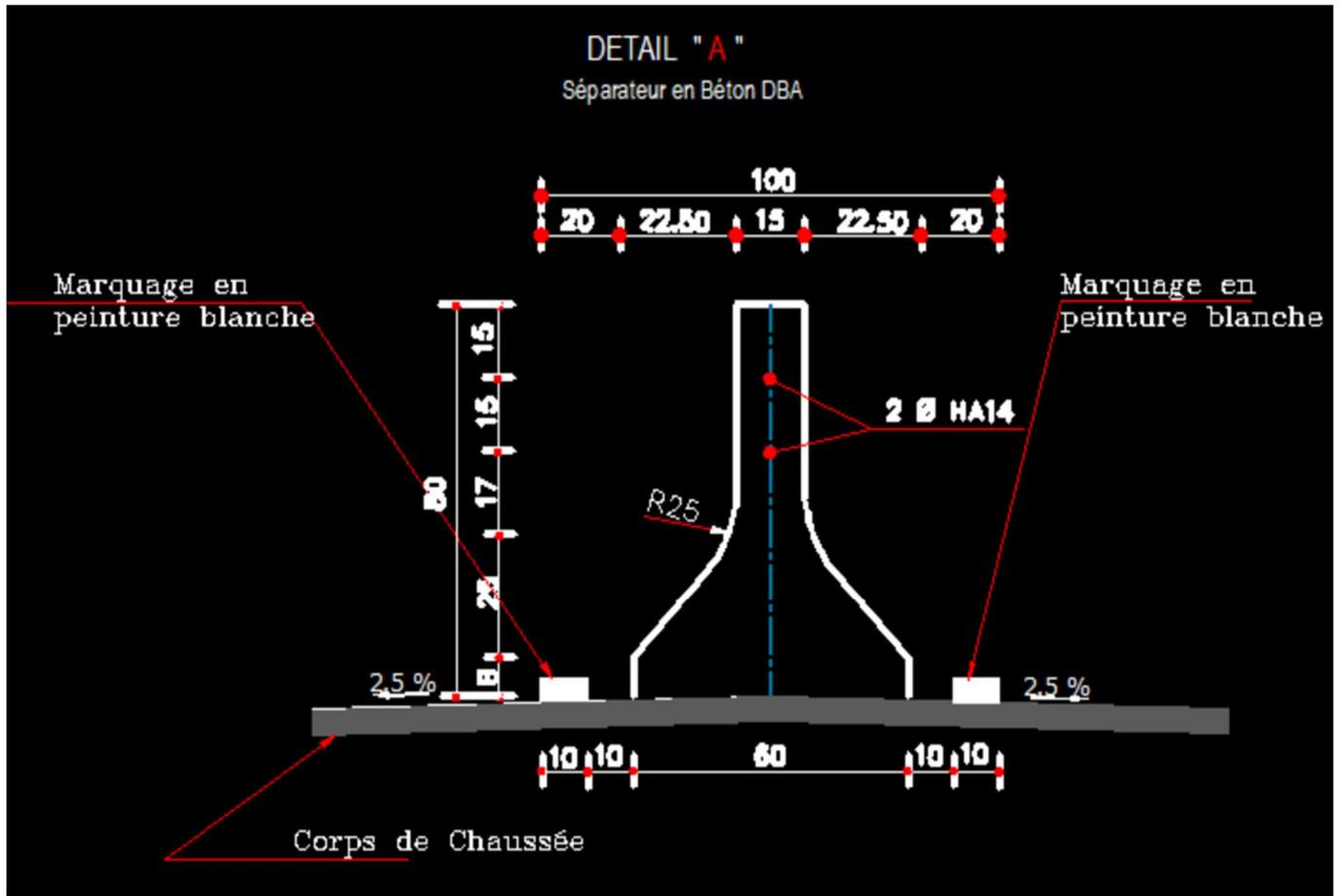


Figure. (VI-5) : détail séparateur en béton DBA

CHAPITRE VII

CUBATURES

VII.1 Généralités :

La réalisation d'un ouvrage génie civil nécessite toujours une modification du terrain

Naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté. Pour les voies de circulations ceci est très visibles sur les profils en longs et les profils en travers courants.

Cette modification s'effectue soit par apport de 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 trouve entre le tracé du projet et celui du naturel. Ce calcul s'appelle ((les cubatures des terrassements)).

VII.2 Définition :

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais et Remblais 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 joignent ces points

Différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

VII.3 Méthode de calcul des cubatures :

Ayant dessiné le profil en travers du terrain au droit des sections transversales de la plate

Forme de voie (une fois tous les 20 m et à chaque point de changement de déclivité) de la ligne rouge ou du profil en long du terrain naturel)

Nous considérons (sur ce profil en travers du terrain naturel, le profil type lui

Correspondant (profil en travers type en remblai, en alignement droit ou en courbe)

Nous calculons les surfaces SD et SR de déblai et de remblai pour chaque profil en travers

a. Formule de SARRUS :

Elle consiste à On calcule séparément les volumes des tronçons compris entre deux

Profils en travers successifs en utilisant la formule des trois niveaux ou formule au primatie Le volume V compris entre S_1 et S_2 est égale à : $V = h/6(S_1+S_2+4S)$

S_1 et S_2 : les surfaces des sections parallèles.

H : la hauteur ou la distance entre ces deux sections.

S : la section équidistante des deux bases.

Le volume V sera soit totalement en déblai soit totalement en remblai.

VII.4 Application :

La figure ci dessous représente le profil en long d'un tracé donné

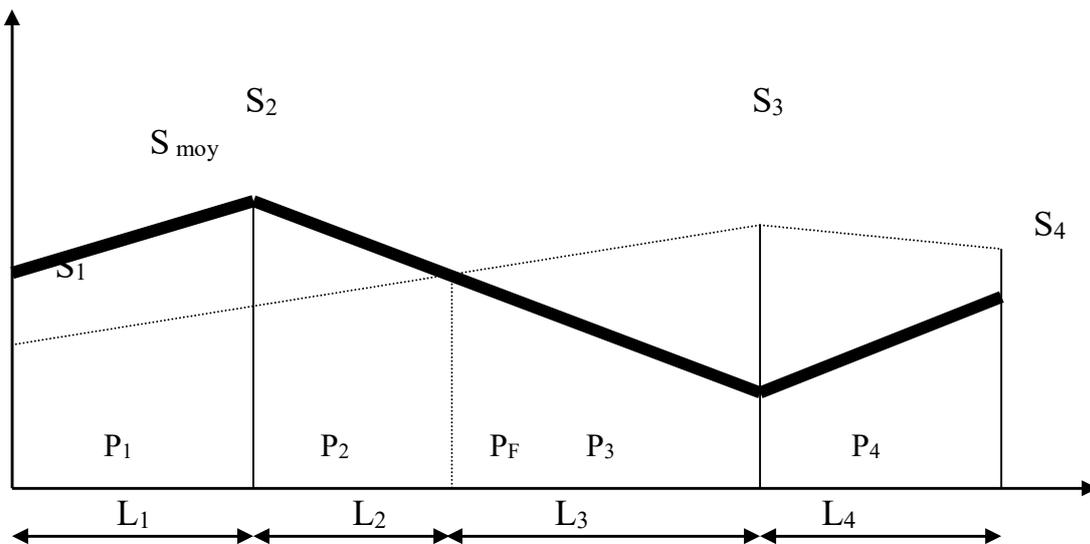


Figure. (VII-1) : le profil en long d'un tracé donné

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

$$V_1 = \frac{L_1}{6} (S_1 + S_2 + 4S_{\text{moy}})$$

Pour un calcul plus simple on à considérer que : $S_{\text{moy}} = \frac{(S_1 + S_2)}{2}$

D'ou :

$$V_1 = L_1 \cdot \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

$$\text{Entre } P_1 \text{ et } P_2 \quad V_1 = L_1 \cdot \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

$$\text{Entre } P_2 \text{ et } P_F \quad V_2 = L_2 \cdot \frac{(S_2 + 0)}{2}$$

$$\text{Entre } P_F \text{ et } P_3 \quad V_3 = L_3 \cdot \frac{(0 + S_3)}{2}$$

Le volume total V :

$$V = \left(\frac{L_1}{2}\right) \cdot S_1 + \left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right) \cdot S_2 + \left(\frac{L_2 + L_3}{2}\right) \cdot 0 + \left(\frac{L_3 + L_4}{2}\right) \cdot S_3 + \left(\frac{L_4}{2}\right) \cdot S_4$$

C'est la méthode de la moyenne des aires la plus utilisées en travaux publics. Elle est utilisée

Avec la moyenne des distances partielles.

Ou : $.L_1/2, L_1+L_2/2 \dots \dots$ etc.

Sont appelées : longueur d'application

a. 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.

b. 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.

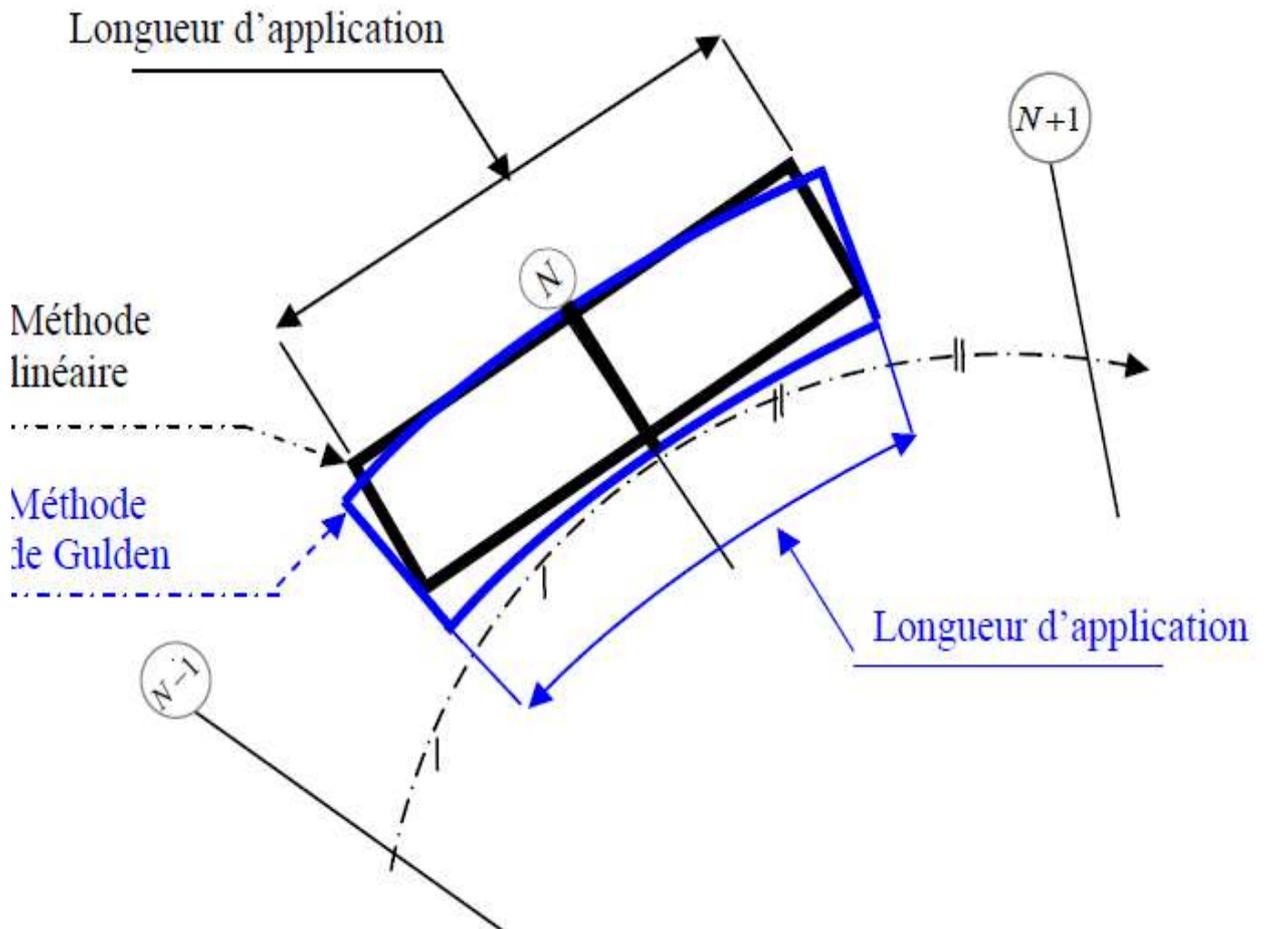


Figure. (VII-2) : utilisation de la méthode de gulden

Pour le calcul des cubatures, on a utilisé le logiciel COVADIS.

Les étapes à respecter pour réaliser cette opération sont :

Méthode 1 (commande Covadis)

1. MN chargement (pour mnt)
2. Genpl(pour dessiner le profil en long)
3. Plpro (pour dessiner la ligne rouge du profil en long)

4. Racci(pour le raccordement circulaire du profil en long)
 5. Rempl(pour le remplissage des cartouches)
 6. Genty (pour créer des profils en travers types)
 7. Cfgpt(pour affecter les profils types)
 8. Simul(pour le calcul de cubature)
- Genpt(pour dessiner les profils en travers courants)

Méthode 2 : (utilisation du Menu Covadis)

Utilisation des fenêtres « menu » du logiciel COVADIS

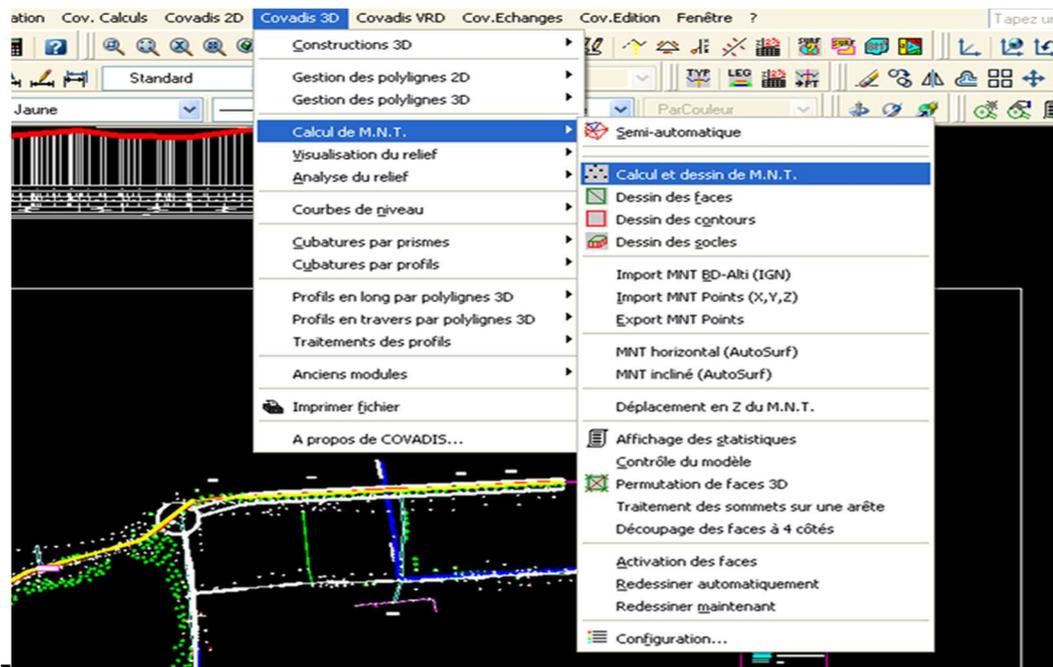


Figure VI13: les étapes de calcul de cubature sous COVADIS

REMARQUE:

Les résultats de calcul des cubatures sont joints en annexe.

CHAPITRE VIII

ETUDE GEOTECHNIQUE

VIII.1 INTRODUCTION :

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée.

Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes

Natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les

Renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés;

Et qui s'exige des reconnaissances géotechniques.

VIII.2 LES MOYENS DE LA RECONNAISSANCE :

Les moyens de la reconnaissance d'un tracé routier sont essentiellement :

- L'étude des archives et documents existants.
- Les visites de site et les essais « **in-situ** ».
- Les essais de laboratoire.

• **L'étude des archives et documents existants :**

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés.

Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi

apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologiques et géotechniques des formations existantes.

VIII.2 1) La visite de site et les essais « in-situ » :

Les visites sur site permettent de vérifier et de préciser les informations déjà recueillies sur

Les documents précédemment cités. Cependant, la connaissance précise des caractéristiques des sols en présence nécessite des investigations « **in-situ** » permettant :

- Soit la mesure de certaines caractéristiques en place.
- Soit le prélèvement d'échantillons pour les besoins d'essais de laboratoire.

Dans la plupart des cas, ces deux éléments sont combinés.

VIII.2 2) La reconnaissance « in-situ » :

La première reconnaissance visuelle, permet d'arrêter un premier programme de

Reconnaissance « **in-situ** » en fonction des sols rencontrés et des problèmes géotechniques pressentis. Le programme peut comprendre une gamme assez variée d'investigation que l'on présentera succinctement dans ce qui suit :

a). Les forages :

C'est le seul moyen précis pour reconnaître l'épaisseur et la nature des couches des sols en présence, on y prélève généralement des échantillons de sols remaniés ou intacts pour les besoins d'essais de laboratoire. Les forages permettent aussi de reconnaître le niveau des nappes éventuelles et le suivi de leur niveau à l'aide de types piézométrique.

Les forages peuvent être réalisés :

Manuellement : ce sont des puits creusés à la main ou à la pelle mécanique, la profondeur ne dépasse pas 3 à 4m. Ils permettent la reconnaissance visuelle directe des parois du puits et le prélèvement d'échantillons intacts et/ou remaniés.

A la tarière : la tarière est un outil hélicoïdal que l'on enfonce dans le sol et permettent de remonter en surface les terrains traversés à l'état remanié. La profondeur de la reconnaissance est limitée à une dizaine de mètres et la nature de sols est identifiée visuellement.

A la sondeuse : on peut atteindre plusieurs dizaines de mètres de profondeur en utilisant des tubes carottiers et couronnes diamantées. Les couches de sols sont identifiées visuellement, des échantillons intacts ou remaniés sont prélevés pour les essais de laboratoire.

b). Les méthodes géophysique :

La prospection sismique : le principe consiste à mesurer la vitesse de propagation des ondes primaires ou ondes P (les plus rapides) et à en déduire la nature du sol traversé.

Quelques valeurs de vitesses d' ondes P en fonction de la nature du sol

Tableau VIII-1 : Les valeurs de vitesses d'ondes P en fonction de la nature du sol

Nature du sol	Vitesse Vp (m/s)
Argiles et limons	400-1500
Sables et gravies	300-1200
Roches altérés	800-2500
Roches massives	200-6000

Ces méthodes permettent de déterminer de façon approximative l'épaisseur des différentes couches et leur nature, elles ne s'appliquent pas dans le cas de fortes teneurs en eau. **La prospection électrique :**

Cette méthode est basée sur la mesure de la résistance électrique d'un volume de sol entre deux électrodes placées en surface, elle permet de connaître les différentes couches de sols et leurs épaisseurs, et en général de contrôler l'homogénéité des terrains.

La méthode est bien adaptée pour les sols à fortes teneurs en eau.

c). Les essais de pénétration :

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

trousse coupante à son extrémité et de mesure de la résistance du sol à l'effort de pénétration.

Les types de pénétromètres sont utilisés :

- Pénétromètre dynamique.
- Le standard pénétromètre test ou **SPT**.
- Pénétromètre statique.

VIII.3 les différents essais en laboratoire :

Les essais réalisés en laboratoire sont :

- Les essais d'identification.
- Les essais mécaniques.

VIII.3 a) Les essais d'identification:

- Teneur en eaux et masse volumique.
- Analyse granulométrique.
- Limites d'Atterberg.
- Equivalent de sable.
- Essai au bleu de méthylène (ou à la tache).

VIII.3 b) Les essais mécaniques :

- Essai PROCTOR.
- Essai CBR.
- Essai Los Angeles.
- Assai Micro Deval

• Les Essais D'identification :**a). Masse volumique et teneur en eau:**

Teneur en eau : exprime, pour un volume de sol donné, le rapport du poids de l'eau au poids du sol sec, soit $\omega = W_w/W_s$

Masse volumique : (γ) est la masse d'un volume unité de sol :

$$\gamma = W/V.$$

On calcule aussi la masse volumique sèche :

$$\gamma_d = W_s/V$$

❖ **Principe de l'essai:**

on utilise le principe de la poussée d'Archimède. En effet, on mesure le volume d'eau déplacé hors de l'introduction d'un certain poids de sol sec, la connaissance du poids des grains solides et de leur volume permet de calculer le poids volumique des grains solides.

❖ **But de l'essai:**

Le but de cet essai est de déterminé expérimental au laboratoire de certains

Caractéristique physique des sols. **Domaine d'utilisation:** cet essai utilise pour classer les différents types de sols.

b). Analyses granulométriques :

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite

Courbe granulométrique et construite emportant sur un graphique cette analyse se fait en générale par un tamisage.

FIG VIII-1 Appareil De Tamisage



Dimension D des grains (mm)	dénomination	Type de sols
$D > 20$	Cailloux	Sols Grenus
$20 > D > 2$	Graves	Sols Grenus
$2 > D > 0.2$	Gros sable	Sols Grenus
$0.2 > D > 0.02$	Sable fin	Sols Grenus
$0.02 > D > 2 \mu$	Limons	Sols fins
$D < 2 \mu$	Argiles	Sols fins

Tableau VIII-2 : Classification Des Sols Par Dimension Du Grain

Principe d' essai : l'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis et passoires reposants sur un fond de tamis un matériau en plusieurs classes de tailles décroissantes

But de l' essai : c est un essai qui a pour objet de la détermination en poids des éléments d'un sol (matériau) suivant leurs dimensions (cailloux, gravier, gros sable, sable fin, limon et argile). Domaine d'utilisation: la granulométrie est utilisée pour la classification des sols en vue de leur utilisation dans la chaussée.

c). Limites d' Atterberg :

Limite de plasticité (W_p), caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plasticité. Elle varie de 0% à 100%, mais elle demeure généralement inférieure à 40%.

Limite de liquidité (W_L), caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide

$$W_L = \omega (N/25) 0.121$$

ω : teneur en eau au moment de l'essai donnant n coups

N: nombre de coups

L' indice de plasticité (Ip), $IP = WL - WP$;

❖ **Principe de l'essai :**

la détermination de WL et WP nous donnent une idée approximative des propriétés du matériau étudié, elle permet de le classer grâce à l'abaque de plasticité de Casagrande

❖ **But de l'essai :**

Cet essai permet de prévoir le comportement des sols pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action de la teneur en eau, il se fait uniquement sur les éléments fins du sol (caractériser les sols fins).

Domaine d'application : l'essai s'applique aux sols fins pendant les opérations de terrassement dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de forme)

Indice de plasticité	Degré de plasticité
$0 < I_p < 5$	Non plastique.
$5 < I_p < 15$	Moyennement plastique.
$15 < I_p < 40$	Plastique.
$I_p > 40$	Très plastique.



FIG VIII-2 : Appareil De Limites d'Atterberg

Tableau VIII –3: Classer Indice De Plasticité

d). Equivalent de sable :

Lorsque les sols contiennent très peu de particules fines, les limites **D'ATTERBERG** ne sont pas mesurables, pour décaler la présence en quantité plus ou moins importante de limon et d'argile, on réalise un essai appelé « **équivalent de sable** ».

Principe de l'essai :

L'essai équivalent de sable s'effectue sur la fraction des sols passant au tamis de 5mm ; il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments les plus fins contenus dans cette fraction, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments dits sableux et les éléments plus fins (argileux par exemple).

But de l'essai : cet essai permet de mettre en évidence la proportion de poussière fine nuisible dans un matériau. Et surtout utilisé par les matériaux routiers et les sables à béton. Car il permet de séparer les sables et graviers des particules fines comme les limons et argiles. Cet essai révèle très intéressant au laboratoire et sur chantier grâce à sa simplicité, sa rusticité, son faible coût et sa rapidité.

Domaine d'application: cette détermination trouve son application dans de nombreux domaines notamment les domaines suivants :

- Classification des sols.
- Etude des sables et sols fins peu plastique.
- Choix et contrôle des sols utilisables en stabilisation mécanique.
- Choix et contrôle des sables à béton.
- Contrôles des sables utilisés en stabilisation chimique.
- Choix et contrôle des granulats pour les enrobés hydrocarbonés.

e). Essai au bleu de méthylène (ou à la tache) :

Les molécules de bleu de méthylène ont pour propriété de se fixer sur les surfaces externes et internes des feuillets d'argile, la quantité de bleu adsorbée par **100gramme** de sol s'appelle « **Valeur Au Bleu** » du sol et est notée **VBs**, la **VBs** reflète globalement :

- La teneur en argile (associée à la surface externe des particules).
- L'activité de l'argile (associée à la surface interne).

L'essai consiste à mettre en suspension une fraction de sol (**0/d**) avec **d** ≤ **10mm** et à ajouter à cette suspension des doses successives de **5 ml** d'une solution de bleu de méthylène jusqu'à apparition d'une auréole bleue autour de la tâche constituée par le sol, l'auréole bleue indique l'excès de cette solution dans les particules d'argile.

La valeur **VBs** est alors calculée à l'aide de la relation :

$VBs = VBs (0/d) \times C (0/d) / 100C (0/d)$ étant le pourcentage de la fraction **0/d** du sol étudié.

- **Les Essais Mécaniques :**

a). Essai PROCTOR :

L'essai Proctor est un essai routier, il s'effectue à l'énergie dite modifiée, il y a aussi

L'énergie normale.

Principe de l'essai : l'essai consiste à mesurer le poids volumique sec d'un sol disposé en trois couches dans un moule Proctor de volume connu, dans chaque couche étant compacté avec la dame Proctor, l'essai

est répété plusieurs fois et on varie à chaque fois la teneur en eau de l'échantillon et on fixe l'énergie de compactage.

Les grains passants par le tamis de **5 mm** sont compactés dans le moule Proctor.

But de l'essai : l'essai Proctor consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage (la réduction de son volume par réduction des vides d'air) et une teneur en eau c'est-à-dire la détermination de la teneur en eau optimale et la densité sèche maximale, pour un compactage bien défini.

Domaine d'utilisation:

Cet essai est utilisé pour les études de remblai en terre, en particulier pour les sols de fondations (route, piste d'aérodromes).

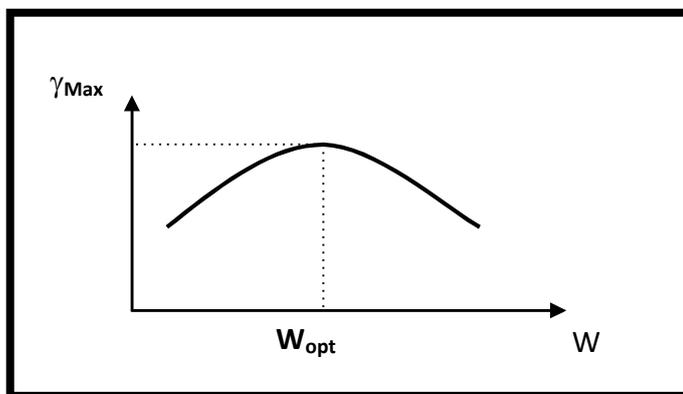


FIG VIII-3 : Courbe Proctor.

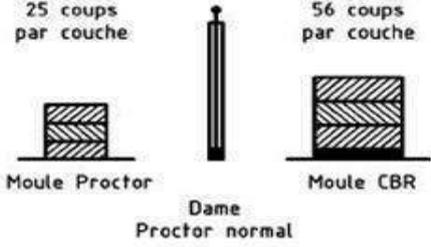
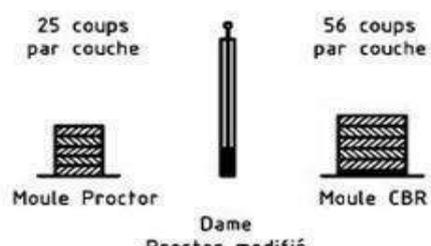
Nature de l'essai	Caractéristiques de l'essai	Moule Proctor	Moule CBR	Schéma récapitulatif
Essai Proctor normal	Masse de la dame	2 490 g	2 490 g	3 couches, à raison de : 25 coups par couche 56 coups par couche  Moule Proctor Dame Proctor normal Moule CBR
	Diamètre du mouton	51 mm	51 mm	
	Hauteur de chute	305 mm	305 mm	
	Nombre de couches	3	3	
	Nombre de coups par couche	25	56	
Essai Proctor modifié	Masse de la dame	4 535 g	4 535 g	5 couches, à raison de : 25 coups par couche 56 coups par couche  Moule Proctor Dame Proctor modifié Moule CBR
	Diamètre du mouton	51 mm	51 mm	
	Hauteur de chute	457 mm	457 mm	
	Nombre de couches	5	5	
	Nombre de coups par couche	25	56	

Tableau VIII -4: Détaille Essai Proctor

b). Essai C.B.R (California Bearing Ratio):

On réalise en général trois essais :

« CBR standard », « CBR immédiat », « CBR imbibé ».

On s'intéresse actuellement au « CBR imbibé ».

Principe de l'essai :

On compacte avec une dame standard dans un moule standard, L'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, à la teneur en eau optimum (Proctor modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) jours.

Les passants sur le tamis inférieur à 20 mm dans le moule CBR.

But de l'essai : l'essai a pour but de déterminer pour un compactage d'intensité donnée la teneur en eau optimum correspondant, elle permet d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement.

Domaine d'utilisation: cet essai est utilisé pour dimensionnement des structures des chaussées et orientation les travaux de terrassements.

c). Essai Los Angeles :

L'essai **LA** est un essai très fiable est de très courte durée, il nous permet d'évaluer la qualité du matériau. **Principe de l'essai :** l'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à **1,6 mm** produite en soumettant le matériau aux chocs de boulets normalisés dans la machine **Los Angeles**.

But de l'essai : l'essai a pour but de déterminer la résistance à la fragmentation par choc et la résistance obtenue par frottement des granulats.

Domaine d'application: l'essai s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle utilisés dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de roulement)

d). Essai Micro Deval :

Il est en général effectué deux essais, pour avoir deux coefficients (**Dévale sec**) et (**Dévale**

Humide). On s'intéresse actuellement au **MDE** (**DEVAL humide**) qui est de plus en plus Pratiquée.

Principe de l'essai : l'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à **1.6 mm** (Tamis de **1.6 mm**) produits dans la machine **Deval** par les frottements réciproques.

But de l'essai :

L'essai **Micro-Dévale** humide permet de mesurer la résistance à l'usure des matériaux dans des conditions bien définies. Cette résistance à l'usure pour certaines roches n'est pas la même à sec ou en présence d'eau.

Domaine d'application: choix des matériaux utilisés dans les structures de chaussée.

VIII.4 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 > 80mm.
- 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.

NB: A défaut de ne pas avoir eu le rapport géotechnique nous n'avons pas pu traiter la partie géotechnique à l'application de notre projet, et ceci parce qu'il n'a pas encore été réalisé

CHAPITRE IX

ASSAINISSEMENT

IX.1 INTRODUCTION:

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, c'est à dire :

1/ l'assèchement de la surface de circulation par des pentes transversale et longitudinale, par des fossés, caniveaux, curettes, rigoles, gondoles, etc....

2/ les drainages : Ouvrages enterrés récoltant et évacuant les eaux souterraines (tranchées drainantes et canalisations drainantes).

3/ les canalisations : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, cheminées, sacs, ...)

IX.2 Drainage des eaux souterraines :

2) A Nécessité du drainage des eaux souterraines :

Les eaux souterraines comprennent d'une part, les eaux de la nappe phréatique et d'autre part, les eaux d'infiltrations. Leurs effets sont nocifs si ces eaux détrempe la plate-forme, ce qui peut entraîner une baisse considérable de la portance du sol.

Il faut donc veiller à éviter :

- La stagnation sur le fond de forme des eaux d'infiltration à travers la chaussée.
- La remontée des eaux de la nappe phréatique ou de sa frange capillaire jusqu'au niveau de la fondation.

2) B Protection contre la nappe phréatique :

La construction d'une chaussée modifie la teneur en eau du sol sous-jacent, car le revêtement diminue l'infiltration et l'évaporation.

Si la portance du sol est faible, on pourra :

- Soit dimensionner la chaussée en conséquence.
- Soit augmenter les caractéristiques de portance du sol en abaissant le niveau de la nappe phréatique ou en mettant la chaussée en remblai.

Le choix de l'une ou l'autre de ces trois solutions dépend :

- Des possibilités de drainage du sol (coefficient de perméabilité).
- De l'importance des problèmes de gel.
- De leurs coûts respectifs.

Il n'est pas nécessaire, en général, d'assurer le drainage profond d'une grande surface car un bon nivellement et un réseau de drainage superficiel convenablement conçu suffisent à garantir un comportement acceptable des accotements.

IX.3 DEFINITIONS :

3)1 Bassin versant :

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de rencontre des versants vers le haut, ou la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eau pluviale, d'une façon naturelle, une canalisation en un point considéré.

3)2 Collecteur principal (canalisation) :

Conduite principale récoltant les eaux d'autres conduites, dites collecteurs secondaires, recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

3)3 Chambre de visite (cheminée) :

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.

3)4 Sacs :

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.

3)5 Gueule de loup, grille d'introduction et queulard :

Dispositifs constructifs permettant l'écoulement de l'eau superficielle dans les sacs.

3)6 Les 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.

3)7 Buses et dalots :

En général, il est nécessaire de faire passer l'eau sous les routes ou moyen de buses ou dalot.

Ceux-ci doivent être construits en béton ou en maçonnerie et conduisent les eaux dans un bassin d'amortissement

IX.4 Calculs des débits :

Le débit d'apport est évalué à l'aide de la formule rationnelle suivante :

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

Avec :

- K : coefficient de conversion des unités (les mm/h en l/s) $K = 0.2778$.
- C : coefficient de ruissellement.
- I : l'intensité de l'averse exprimée mm /h
- A : superficie du bassin versant.

4)1 Coefficient de ruissellement ‘c’

Le coefficient de ruissellement dépend de l’étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants : la couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain.

Tableau .IX.1.: Les valeurs de vitesses d’ondes P en fonction de la nature du sol

Type de chaussée	Coefficient ‘C’	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobé	0.8 – 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 – 0.4	0.35
Talus, sol perméable	0.1 – 0.3	0.25
Terrain naturel	0.05 – 0.2	0.2

4)2 Intensité de la pluie:

La détermination de l’intensité de la pluie, comprend différentes étapes de calcul qui sont :

a) Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle

$$P_j = \frac{P_{jmoy}}{\sqrt{c_v^2 + 1}} \cdot \exp(u \cdot \sqrt{\ln(c_v^2 + 1)})$$

(mm)

P_{jmoy} : pluie journalière moyenne (mm).

C_v : Coefficient de variation.

ln : Log. Népérien.

U : Variable de Gauss. (Fonction de la période de retour) dont les valeurs sont données par le tableau suivant :

Tableau .IX.2.: Les valeurs de la pluie journalière moyenne

Fréquence au dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (années)	2	5	10	20	50	100
	0	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

- Remarque

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

b) Calcul de fréquence d'averse :

Pour une durée de (t=15mn=0.25h), La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$P_t(\%) = P_j(\%) \cdot \left(\frac{tc}{24}\right)^b$$

Avec : t=0.25 h, b=0.42.

P_j : Hauteur de la pluie journalière maximale (mm).

b : Exposant climatique.

P_t : pluie journalière maximale annuelle.

t_c : Temps de concentration (heure).

c) Temps de concentration :

La durée 't' de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps de concentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandotti, comme suit :

- La formule de VENTURA :

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

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

- La formule de PASSINI :

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

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

-La formule de GIADOTTI :

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

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

Tc : Temps de concentration (heure).

A : Superficie du bassin versant (km²).

L : Longueur de bassin versant (km).

P : Pente moyenne du bassin versant (m.p.m).

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

d) L'intensité de l'averse :

L'intensité à l'averse est donnée par la relation suivante :

$$I_t = I. \left(\frac{t_c}{24} \right)^B$$

Avec :

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

$$B = b - 1 = 0.42 - 1 = -0.58$$

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

e) Calcul de débit de saturation (Qs) :

Le calcul du débit est déterminé par la formule de MANNING STRICKLER

$$Q_s = V S$$

$$V = K_{st} I^{1/2} R_H^{2/3}$$

Kst : coefficient de rugosité

Kst : 30 en terre

Kst : 40 en buses métalliques.

Kst : 50 en maçonneries.

Kst : 70 en bétons (dalots).

Kst : 80 en bétons (buses préfabriquées).

I : pente longitudinale de l'ouvrage.

R_H : Rayon hydraulique = (surface mouillée/ périmètre mouillée).

S : surface mouillée (m^2).

IX.5 les données pluviométriques :

Les données pluviométriques nécessaires pour le calcul sont :

Pluie moyenne journalière maximale $P_j = 65.4$ mm

Exposant climatique $b = 0.42$

Coefficient de variation $C_v = 0.39$.

5) 1 Surface des bassins versants :

Les bassins des différents écoulements présentent des surfaces peu importantes.

Les principales caractéristiques des bassins peuvent être déterminées :

- Les surfaces A sont mesurées au planimètre en Km^2 .
- Les longueurs de talweg principal L sont mesurées au curvimètre en Km
- La pente P est calculée en faisant le rapport de la dénivelée du talweg par longueur L en m/m .

5) 2 Dimensionnement des fossés :

Le profil en travers hypothétique de fosse est donné dans la figure ci-dessous

avec :

S_m : surface mouillée.

P_m : périmètre mouillé.

R : rayon hydraulique $R = S_m / U$.

P : pente du talus $P = 1/n$.

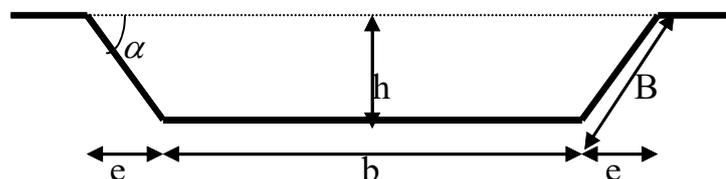


figure IX 1 détail dimensionnement des fossés

On fixe la base du fossé à ($b = 50$ cm) et la pente du talus à ($1/n = 1/1.5$) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h .

5) 3 Calcul de la surface mouillée :

$$S_m = bh + 2 \frac{eh}{2}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{d'où } e = n.h$$

$$S_m = bh + n.h^2 = h.(b + n.h)$$

$$S_m = h.(b + n.h)$$

- Calcul du périmètre mouille :

$$P_m = b + 2B$$

$$\text{avec } B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2.h^2} = h.\sqrt{1 + n^2}$$

$$P_m = b + 2 h.\sqrt{1 + n^2}$$

Les dimensions du fossé obtenues, en écrivant l'égalité, débit apport Q et débit de saturation Q.

Calcul le rayon hydraulique :

$$R_h = S_m / P_m = \frac{h.(b + n.h)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}}$$

5) 4 Calcul des dimensions des fosses :

Les dimensions du fossé sont obtenues en égalisant le débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation.

$$Q_a = Q_s \Rightarrow K.I.C.A = K_{st}.i^{1/2}S_m.R_h^{2/3}$$

$$\text{D'où } Q = F(h).$$

La hauteur (h) d'eau dans le fossé correspond au débit d'écoulement au point de saturation. Cette hauteur sera obtenue, en égalisant le débit d'apport au débit de saturation.

$$Q_a = Q_s = F(h) \quad \text{et calcul se fera par itération.}$$

$$Q_a = Q_s = (K_{st}.i^{1/2}). S_m.R^{2/3}$$

$$Q_a = Q_s = (K_{st}.i^{1/2}).h.(b + n.h). \left[\frac{h.(b + n.h)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3}$$

CHAPITRE X

signalisation

X.1 INTRODUCTION :

La signalisation fait partie intégrante du paysage routier. Elle est un outil de Communication essentielle pour l'usager de la route. Elle doit, par conséquent être conçue et installée de manière à aider l'usager de la route le long de son parcours en lui permettant d'adapter sa conduite aux diverses situations qui se présentent, et ce, en évitant l'hésitation et la fausse manœuvre.

X.2 Historique de la signalisation

Les premiers feux de circulation apparaissent à Detroit (Etats-Unis) en 1910, mais ce n'est qu'au début des années 1920 que s'amorce l'implantation d'une Signalisation symbolique. L'initiative en revient à J-Omer Martineau, un assistant Ingénieur en chef du ministère de la voirie de Québec. Mr Martineau avait compris que les conducteurs ne savaient pas tous lire, mais que tous désiraient conduire. En 1923, il entreprend de remplacer les panneaux avec les textes par des panneaux illustrés des symboles représentant des courbes, des intersections, etc. La même année, la Canadian Good Roads Condition Association adopte certains de ces éléments pour le réseau canadien. Le principe de signalisation symbolique obtiendra la reconnaissance Internationale dans le cadre de la conférence mondiale sur les transports routiers de 1949. Une idée québécoise qui a fait du chemin.

X.3 Les équipements et la signalisation existante :

La sortie sur site nous a permis de relever les insuffisances suivantes :

- Un manque flagrant des panneaux de signalisation et des balises de virage qui aggrave les dégâts en cas d'accident de la circulation.

- La variation d'écart de distance entre les bornes dites kilométriques implantées le long de l'itinéraire.
- Les glissières de sécurité sont insuffisantes.

X.4 Les dispositifs retenus :

Le but principal de ce genre de dispositif est la sécurité de l'utilisateur par la diminution du nombre d'accidents ou de leurs gravités. Il existe deux catégories de dispositifs à retenir :

- Les dispositifs souples qui se déforment sous l'effet du choc en conservant une Poche résiduelle (cas des glissières métalliques).
- Les dispositifs rigides (cas des glissières en béton adhérent et des barrières Lourdes en béton adhérent).

X.5 Les différents types de signalisation :

On distingue plusieurs types. On va en citer quelques exemples.

X5- 1- Signalisation de danger :

Ce sont des panneaux qui doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle signalé que soit un virage dangereux, intersection...etc.

X5- 2- Signalisation de simple indication :

En général, se sont des panneaux de forme rectangulaire, des fois terminées en point de flèche

- Signaux d'indication
- Signaux de direction
- Signaux de localisation

Et quand il s'agit d'un panneau de localisation le nom de la localité doit figurer sur ce panneau.

X.6 Marques sur les routes :

Les marques sur la chaussée peuvent être longitudinales ou transversales.

6- 1- Les marques longitudinales :

Se composent des lignes continues et des lignes discontinues :

- Les lignes continues sont impératives et ne peuvent pas être franchies (exemple : lignes axiales en zone de visibilité limitée)
- Les lignes discontinues peuvent être franchies.

6- 2- Les marques transversales :

Sont utilisées comme indications d'arrêt auxiliaire ou à vue.

Délimiter les passages utilisés par les piétons pour traverser la chaussée.

Les lignes continues ou discontinues indiquent :

- les voies de circulation, c'est-à-dire les fractions de chaussée ayant une largeur suffisante pour permettre la circulation d'une file de véhicules.
- les zones de dépassement interdit.
- les variations de la largeur de la chaussée.
- les abords d'obstacles.
- les lignes de «stop» (arrêt à l'intersection).
- les passages pour piétons.

Les lignes discontinues sont constituées par des pleins de 3 mètres de longueur séparés par des vides de 10 mètre (hors agglomération).

Toutes les lignes, y compris passage pour piétons sont de couleur jaune, sauf les

Suivantes qui sont blanches :

- Bande limites de chaussée,
- Bandes transversales formant ligne d'arrêt au droit du signal «stop»,
- Bandes limites des zones de stationnement.

X.7 Les critères de conception de la signalisation :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation tout en respectant les critères suivants :

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéités).
- Cohérence avec les règles de circulation.
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- Simplicité : elle s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatigue l'attention de l'utilisateur.

- Eviter la publicité irrégulière.

X.8 Application au projet :

L'étude la signalisation a été élaborée selon les normes des équipements des routes interurbaines " Guide de SETRA – Décembre 1998" et en application des Instructions sur les Conditions Techniques d'Aménagement des Routes bidirectionnelles. ICTAAL 2000.

Les équipements de signalisation prévus sont de type statique vertical et horizontal.

La signalisation horizontale consiste en un marquage complet au sol (axe, rives et hachures).

La signalisation verticale, peut être de:

- Police, comme pour les divers signaux de danger, d'interdiction ou d'obligation,
- De direction (signalisation de direction).
- De localisation.

Concernant les points particuliers du projet :

La signalisation de danger inclue les dispositifs classiques d'annonce et de balisage des courbes en fonction de leur rayons , compte tenu des caractéristiques géométriques du tracé en plan.

La signalisation de prescription se déduit du statut des voies concernées et de la réglementation en vigueur.

Dimension des panneaux :

La gamme proposée pour les panneaux est la suivante :

- Grande gamme sur la section courante de la route à 2 voies,

Rétroflexion :

Les panneaux et panonceaux sont rétro réfléchissants haute intensité (classe II).

L'implantation des panneaux doit être réalisée de façon à ne pas gêner la visibilité. L'aplomb du bord du panneau doit se situer à 0.70 m minimum de la zone de récupération.

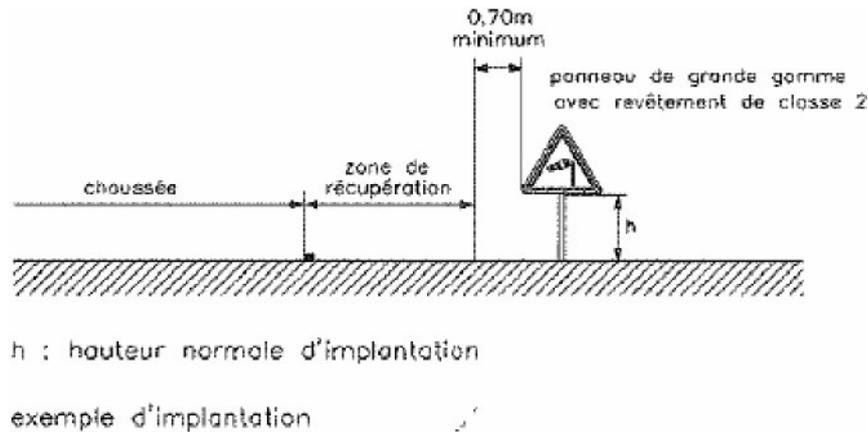


Figure X.1 exemple d'implantation d'un panneau

GENERALITES

Le rôle premier de la signalisation est de réduire les causes d'accidents et de faciliter la circulation aux usagers de la route qui ne sont pas forcément accoutumés à l'environnement dans lequel ils se trouvent.

Fondamentalement, les critères principaux nécessaires à une circulation saine et efficace sont:

- l'uniformité
- l'homogénéité - la simplicité

Afin de remplir ces critères, il faudrait prévoir des moyens strictement efficaces pour répondre parfaitement à l'objectif principal du mouvement de trafic, moyens qui consistent en une signalisation horizontale et verticale adéquates.

SIGNALISATION VERTICALE

Dans la présente étude, la signalisation verticale comporte deux catégories:

Signalisation de Police (Danger, de Prescription et d'Indication) et signalisation de localisation.

La signalisation de police

La signalisation de police est destinée à alerter les usagers des différents dangers à indiquer ou rappeler les diverses prescriptions ou

encore à donner les informations relatives à la bonne compréhension de la route.

Les panneaux seront conformes aux normes internationales.

En section courante, la signalisation de police est généralement composée de panneaux suivants :

- Prescription : Panneau de type B14 (limitation de vitesse (60 km/h), B3 (interdiction de dépasser), etc.,
- Danger : A4 (chaussée glissante), A3 (chaussée rétrécie), A1 5b (animaux sauvages), etc.,
- Indication : C1a (parcage), etc.

Les panneaux de la gamme normale et rétro réfléchissants de classe 2 sont recommandés.

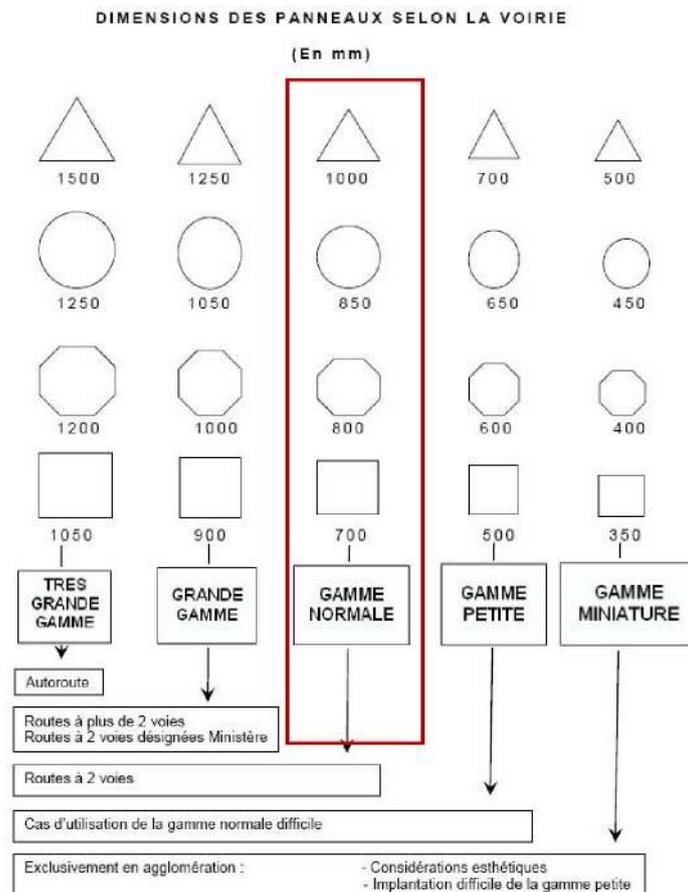


Figure dimensionnement des panneaux

Signalisation de localisation

Cette signalisation permet de porter à la connaissance de l'utilisateur le nom d'un lieu traversé par la route et de se repérer.

Signalisation horizontale Objectif

Afin de renforcer la sécurité routière. Une signalisation horizontale sera envisagée et consistera en un marquage sur chaussée des bandes en couleur blanche rétro réfléchissante en enduit à chaud selon la largeur et la modulation prévues dans l'Etude.

La signalisation horizontale sur chaussée a pour but d'indiquer d'une façon bien claire les parties de la chaussée consacrées aux différentes voies de circulation ou à certaines catégories d'utilisateurs de la route, ainsi que dans certains cas, le comportement que les conducteurs doivent observer.

En section courante, ce marquage assure le rôle de guidage par délimitation des voies de circulation et de prescription.

Catégorie de Marquage

Les catégories de marquages appliquées dans l'Etude sont les suivantes :

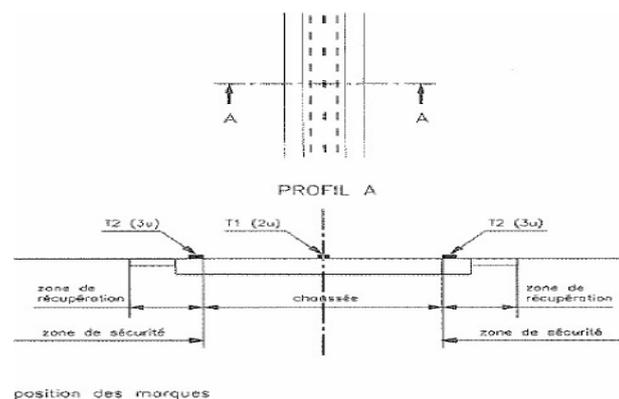


Figure X.4 Position de la Signalisation Horizontale

La largeur des marques longitudinales est définie par rapport à une unité « u ». Pour ce type de routes, cette unité « u » est portée uniformément à 6 cm

.- Marquage Transversaux

Ligne " STOP": largeur = 50 cm.

Ligne "Cédez le Passage": largeur est de type 2.

- Autres Marquages

Flèche de Rabattement

Flèche de Sélection Unidirectionnelle

Flèche de Sélection Bidirectionnelle

Marquage d'Ilot

Glissières de sécurité

Les barrières de sécurité sont utilisées pour diminuer les conséquences d'éventuelles sorties de chaussées des véhicules :

- Pour les occupants du véhicule (chute, choc sur obstacle, etc.),
- Pour les autres usagers de la route,
- Pour les zones riveraines de la route (présence ou activité humaine proche, habitations, autres voies ou préservation de zones sensibles à la pollution.

Les barrières de sécurité sont envisagées dès lors qu'elles peuvent apporter un gain potentiel de sécurité.



Figure X.5 Glissières de sécurité

CHAPITRE XI

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

XI. Devis du projet :

Désignation	Unité	Quantité	PU :DA	Prix : DA
1- Terrassement				
1.1. Décapage des terres végétal (20 cm)	m2	19022.64	400	7609056
1.2. Déblais en sol inutilisable mis en dépôt	m2	424720.61	350	148652213.5
1.3. Remblais en provenance d'emprunts	m2	51678.97	550	28423433.5
TOTAL 1				184684703
2- Chaussée				
2.1. couche de forme en TVO ep=40cm	m2	22526.82	850	19147797
2.2. couche de fondation GNT	m2	18772.31	2100	39421851
2.3. couche de base GB (2.2t/m 3	t	7508.92	5500	41299060
2.4. couche de revêtement BB (2.4t/m 3)	t	4505.35	6500	29284775
2.5. Accotement en TVO	m2	7108.46	850	6042191
2.6. couche d'imprégnation (0.75 kg/m 2)		56317.05	150	8447557.5
2.7. couche d'accrochage dose à (0.25kg/m 2)	m2	18772.35	200	3754470
TOTAL 2				147397701.5
3- Terre plein centrale				
3.1. Terre végétale	m2	1795.41	1000	1795410
TOTAL 3				1795410
TOTAL 1+ TOTAL 2+ TOTAL 3				333877814.5
Signalisation	F 5 %			18486960
Assainissement	F 10 %			36973920
Installation de chantiers et repliement	F 4 %			14789568
TOTAL 4				70250448
TOTAL GENERAL (DA)				404128262.5
TVA 19% (DA)				76784369.88
TOTAL TTC (DA)				480912632.4

- **Arête Le Présent Décompte A La Somme De En (TTC) :**

Quatre Cent Quatre-Vingt Millions, Neuf Cent Deux Mille, Six Cent Trente Deux Dinars Algériens et Quatre cts

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE :

Ce projet a été une opportunité pour concrétiser nos connaissances théoriques et techniques acquises le long de cycle de formation.

Ce projet nous a permis aussi d'être en face des problèmes techniques et administratifs qui peuvent se présenter dans un projet routier.

Il était aussi une grande occasion pour savoir le déroulement d'un projet des travaux publics en général et un projet routier en particulier et par conséquent l'utilisation du logiciel PISTE ainsi la maîtrise de nouvelles technologies dans le domaine des travaux publics.

En fin, l'élaboration de ce travail a été bénéfique pour nous et elle nous a ouvert les portes du monde professionnel et d'apprendre à connaître les signes de procéder sur plan pratique effectif un projet type Dédoublent de voie, à savoir :

Accroître l'efficacité économique du système de transport de la région en question.

Amélioration de la sécurité et assurer la fluidité de la circulation

Contribuer à l'aménagement du territoire et au développement économique.

Réduire la nuisance.

L'étude est faite en phases, une phase de sensibilisation à la concrétisation du projet par la mesure de l'indice du Trafic qui est le THMA, une fonction exponentielle qui suit le développement de la croissance de la circulation, une géométrique qui nous a permis de créer la spline adéquate assurant une sécurité et un confort à l'utilisateur, une dernière qui se traduit par une étude géotechnique relative au sol support du tracé, qui fait naître l'épaisseur théorique avec les diverses couches qui le forment.

Et en dernier une estimation sommaire au projet pour son inscription et sa feuille de route est établie.

Sans oublier de rappeler que le projet était une occasion pour nous de savoir tous les logiciels en relation avec une étude pareille tel que Autocad – Covadis et Excel.

REFERANCES
BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- B40 (Normes Techniques D'aménagement Des Routes Et Trafic Et Capacité Des Routes 1972).
- Rapport d'activités techniques, **DTP** Ghardaïa ET MENIA (Base De Données) mois d'Avril 2016.
- Rapport de sol de l' **LTPS** Ghardaïa (Etude Géotechnique) mois de mai 2001.
- Rapport de Levé Topographie de **SETS** (Société D'études Technique Sétif) 2015.
- Fascicule 3 Du Catalogue Algérien Réf 2002.
- Les Signaux Routiers Réglementaires - Edition Juin 2009
- Sites INTERNET: WWW. Google Earth.Com.
- Bureau De Statistique De L'état De Wilaya délégué D'el Menia 2010
- Rapport De La METEO, Météorologique De La Wilaya De Ghardaïa 2018.
- Catalogue De Dimensionnement Des Chaussées Neuves (C.T.T.P) Fascicule 1 .2 .3. Novembre 2001.
- Documentation **SETRA** (Aménagement Des Carrefours).
- Conception Géométrique Route (Collection Les Rapports Setra) Janvier 2006.
- Cours De Construction Routière Préparé Par Bannour Abdalilah Doctorat En Génie Civil Un Faculté des sciences semlalia université cadiayyad Marrakech Maroc 2013 / 2014
- Dimensionnements Verticale Des Routes
- Coure Route Module C5 Jut Ut St Pierre Département GC Année Universitaire 2008 / 2009



- Guide Technique Sétra République Française Mars 2006
- Cours Route Partie 1 Chaussés
- Amine Par : Saïd Hamani Iegc C/S Infra Dpt De Khouribga Marocannée2014.
 - ❖ **Les Mémoires Précédents :**
- ETUDE (APD) de dédoublement de la RN1B reliant Touggourt à Messaad (pk 360+000) et (PK 370 +000) sur 10km, avec une conception decarrefour Présenté par: DEGAA Saïd et DJOUAHI El hadj Encadré
 - Par : BENTATA Aissa université kasdi merbah Ouargla promotion : 2017.
- Etude en APD du dédoublement sur rn1 Blida – chiffa sur 3.5 km avec calcul du tablier d'un pont présenté par Mekarbi Mohamed et guenaizi Abdelhak école nationale des travaux publics promotion :2008.
- Tronçon d'une route évitement de la ville sefifef sur 7 km présenté par madouri youcef et zarouali abdelhafid université Abou beker belkaid Tlemcenpromotion: 2012.
- Etude de l'évitement de la ville de Tizi (w masakra) sur 6km avec étudedes carrefours giratoires présenté par Khalifa aissa / saoud Azzedine promotion: 2012.

