

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ IBN KHALDOUN DE TIARET.



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES
DEPARTEMENT GÉNIE CIVIL

Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de Master
Spécialité : **Travaux public**
Option : **V.O.A**

Présenté par :
OMAR MOKHTARIA KADIA
HOUARI SABRINA

Sujet du mémoire :

**Etude de dédoublement de la RN23 allant vers Laghouat
sur un linéaire de 5 Km du PK 256+000 au PK 261+000
A l'aide du logiciel Autopiste**

Soutenu publiquement le 02/07/2022 devant le jury composé de :

M. BENYAMINA.A
M. ABADA.G
M. MIMOUNI .M
M. KLOUCHE.B

Président
Rapporteur
Examinateur
Examinateur

PROMOTION : 2021/2022

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.

Ce mémoire n'aurait pas été possible sans l'intervention consciente, d'un grand nombre de personnes. Nous souhaitons ici les remercier.

Nous tenons d'abord à remercier très chaleureusement M. ABADA GHENAM qui nous a permis de bénéficier de son encadrement. Les conseils qu'il nous a prodigués, sa patience et la confiance qu'il nous a témoigné ont été déterminants dans la réalisation de notre travail. Nos remerciements s'étendent également à tous nos enseignants durant tout notre parcours universitaire en IBN KHALDOUN.

Et nous remercions nos familles pour les sacrifices qu'elles ont faits pour que nous puissions terminer nos études.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre mémoire en acceptant d'examiner notre travail.

Enfin, nous tenons à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

DEDICACES

*Au nom d'ALLAH, Le Tout Miséricordieux, Le Très
Miséricordieux.*

*Je remercie ALLAH Le Tout Puissant, m'avoir motivé à réaliser ce
travail.*

Le fruit de ce travail, je le dédis très spécialement à :

A ma très chère mère

*Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier
comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance et tes
prières me guide, ta présence à mes côtés a toujours été ma force
pour affronter les difficultés.*

Que Dieu te bénisse, te prête santé et longue vie.

A mon cher fiancé

*Tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager.
Que dieu te protège*

*A tout ma grande famille et tous ceux ayant une relation de près ou
de loin avec elle.*

*A celui qui j'ai partagé ce modeste travail, **HOUARI SABRINA***

Toute la promotion Voies et Ouvrages d'Arts (VOA) 2021-2022

OMAR Mokhtaria Kadia

DEDICACES

Tout d'abord je tiens à remercier le bon Dieu de m'avoir aidé à arriver jusqu' à ce niveau d'études et de réaliser ce modeste Travail que je dédie :

A ma très chère mère

Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A la mémoire de mon grand père

Ce travail est dédié à mon grand père décédé, qui m'a toujours et motivé dans mes études.

A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

*A celui qui j'ai partagé ce modeste travail, **OMAR Mokhtaria***

Toute la promotion 2021/20022

Houari Sabrina

TABLE DES MATIERES

Remerciements	I
Dédicaces.....	II
Table des matières.....	IV
Liste Les tableaux	VIII
Liste les figures.....	IX
Résumé :	XIII
Abstract :	XIII
ملخص.....	XIII
INTRODUCTION GENERALE	02

CHAPITRE I : SITUATION ET PRESENTATION DU PROJET

I.1 Introduction :	04
I.2 Situation Du Projet :	04
I.2.1 Situation géographique de la wilaya :	04
I.2.2 Localisation du projet :	05
I.3 Objectif de l'étude :	06

CHAPITRE II : ETUDE CINEMATIQUE

II.1 ETUDE DU TRAFIC :	08
II.1.1 Introduction :	08
II.1.2 Analyse du trafic :	08
II.1.3 Différents types de trafic :	08
II.1.4 Modèles de présentation de trafic :	09
II.1.5 Calcul de la capacité :	10
II.1.5.1 Capacité d'une route :	10
II.1.5.2 Projection future du Trafic :	10
II.1.5.3 Calcul du trafic effectif :	10
II.1.5.4 Débit de pointe horaire normal :	11
II.1.5.5 Débit horaire admissible :	11
II.1.6 Application au projet :	12
II.2 Paramètres de bases d'un projet de route :	14
II.2.1 Classifications des routes :	14

II.2.1.1 Classification administrative :	14
II.2.1.2 Classification technique :	15
II.2.2 Application ou projet :	18
II.2.3 La vitesse de référence :	18
II.2.4. Le choix de la vitesse de référence :	19
II.2.5 Temps perception réaction :	19
II.2.6 Distance de freinage :	20
II.2.7 La distance de réaction :	21
II.2.8 Distance d'arrêt :	21
II.2.9 Distance de sécurité entre deux véhicules :	22
II.2.10 Distance de dépassement :	23

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

III.1. Introduction :	26
III.1. Trace en plan :	26
III.1.1. Définition :	26
III.1.2. Règles à respecter dans le tracé en plan :	26
III.1.3. Les éléments du tracé en plan :	27
III.1.3.1. Alignements droits :	27
III.1.3.2 Les arcs de cercle :	27
III.1.3.3. Courbes de raccordements :	30
III.1.4. Règles pour l'utilisation des rayons en plan :	32
III.1.5 Combinaison des éléments du tracé en plan. :	32
III.1.6 Application ou projet :	33
III.2. Profil en long. :	34
III.2.1 Définition :	34
III.2.2 Règles à respecter dans le profil en long :	34
III.2.3. Les éléments de composition du profil en long. :	35
III.2.4. Déclivités :	35
III.2.4.1. Déclivité Minimum :	35
III.2.4.2. Déclivité maximum :	35
III.2.5. Raccordements en profil en long :	36
III.2.5.1 Raccordement convexes (angle saillant) :	36
III.2.5.2. Raccordements concaves (angle rentrant) :	37
III.2.6. Profil en long de notre projet :	38

III.3. Profil en travers :	38
III.3.1. Définition :	38
III.3.2. Les éléments constitutifs du profil en travers :	39
III.3.3. Application au projet :	41

CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

IV.1 ETUDE GEOTECHNIQUE :	43
IV.1.1. Les moyens de la reconnaissance :	43
IV.1.2 Les différents essais en laboratoire :	43
IV.1.2.1. Les essais d'identification :	43
IV.1.2.2. Les essais mécaniques :	43
IV.1.3. Condition d'utilisation des sols en remblais :	47
IV.2 DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE :	48
IV.2.1 Introduction :	48
IV.2.2 Définition de la chaussée :	48
IV.2.3 La constitution d'une chaussée :	49
IV.2.4 Les différents types de chaussées :	49
IV.2.4.1. Chaussée souple :	49
IV.2.4.2 Chaussée semi –rigide :	50
IV.2.4.3 Chaussée rigide :	51
IV.3. Méthodes de dimensionnement :	51
IV.3.1 Les différents facteurs déterminants pour le dimensionnement de la chaussée :	51
IV.3.2. Les principales méthodes de dimensionnement :	52

CHAPITRE V : CALCUL DES CUBATURES

V.1 Introduction :	57
V.2 Méthode De Calcul Des Cubatures :	57
V.2.1 Méthode de la moyenne des aires :	57
V.2.2. Méthode classique	59
V.2.2.1 Méthode de Gulden	59
V.2.2.2 Méthode linéaire :	59
V.3 Application au projet :	59
V.4 Implantation de l'axe :	60

CHAPITRE VI : OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT

VI.1 Introduction :	62
VI.1.2 Objectif De L'assainissement :	62
VI.1.3. Ouvrages d'assainissement de la chaussée :	62
VI.1.4 Définitions Des Termes Hydrauliques :	63
VI.1.5. Ouvrages d'évacuation :	64
VI.2. Dimensionnement des ouvrages d'assainissement :	64
VI.2.1. Dimensionnement des fossés :	65
VI.2.2. Dimensionnement des ouvrages traversés :	65
VI.2.3 Ouvrages hydrauliques proposés :	66

CHAPITRE VII : SIGNALISATION

VII.1 Introduction :	68
VII.2 Objectifs de la signalisation routière :	68
VII.3 règles à respecter pour la signalisation :	68
VII.4 Catégories de signalisation :	68
VII.5 Types de signalisation :	68
VII.5.1 Signalisation verticale :	68
VII.5.2 Signalisation Horizontale :	70
VII.6 La Largeur des lignes :	72
Devis quantitatif et estimatif :	73
Conclusion générale	75
Référence bibliographique	
Annexes	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1 : Coefficient d'équivalence « P »	11
Tableau II.2 : Valeurs de la capacité théorique.	12
Tableau II.3 : Valeurs du coefficient K_1	12
Tableau II.4 : Valeurs du coefficient K_2	12
Tableau II.5 : Classification de type de relief.....	17
Tableau II.6 : Environnement de la route.....	18
Tableau II.7 : vitesse de référence.....	19
Tableau II.8 : F_L en fonction de l'état de la chaussée et des pneus.	20
Tableau II.9 : Coefficient de frottement longitudinal en fonction de vitesse	20
Tableau II.10 : Distances de visibilité de dépassement.	24
Tableau III.1 : Rayon en plan et dévers associé.	29
Tableau III.2 : Déclivité maximum.....	36
Tableau IV.1 : Classe de portance des sols S_i	52
Tableau IV.2 : Epaisseurs totale de corps de chaussée en fonction du trafic	54
Tableau IV.3 : Coefficients d'équivalence de matériaux	54
Tableau IV.4 : Correspondance des épaisseurs.....	54
Tableau V.1 : Tableau récapitulatif AXE1	59
Tableau V.2 : Tableau récapitulatif AXE2.	60
Tableau VI.1 : Emplacement des ouvrages proposés.	66

LISTE DES FIGURES

Figure I-1 Situation géographique de la wilaya de Laghouat.....	05
Figure I-2 Photo Satellitaire de la zone du projet	06
Figure II-1 Dénivelée cumulée.....	16
Figure II-2 Définition de la Sinuosité.....	17
FigureII-3 Distance d'arrêt.....	21
Figure II-4 Distance de sécurité	23
FigureIII-1 Les éléments du tracé en plan	27
FigureIII-2 Stabilité en courbe	28
Figure III.3: Les éléments de la Clothoïde	30
FigureIII-4 Courbe en S	32
FigureIII-5 Courbe à sommet	33
FigureIII-6 Courbe en C	33
FigureIII-7 Courbe Ovale	33
FigureIII-8 Extrait du Tracé en plan.....	34
FigureIII-9 : Raccordements en profil en long	36
FigureIII-10 Visibilité au sommet	37
FigureIII-11 Profil en long axe1.....	38
Figure III-12 Profil en long axe2.....	38
Figure III-13 Déférents profil en travers type	39
Figure III-14 les éléments constitutifs du profil en travers	41
Figure IV.1 : Essai analyse granulométrique	43
Figure IV-2 Essai équivalent de sable.....	44
Figure IV-3 Etats de consistance des sols	45
Figure IV-4 Essai au bleu méthylène	45
Figure IV-5 Principe de l'essai Proctor normal et modifié	46
Figure IV-6 Essai CBR	46
Figure IV-7 Essai Los Angeles.....	47
Figure IV-8 Essai Micro Deval	47
Figure IV-9 Constitution d'une chaussée.....	49
Figure IV-10 Chaussée souple.....	50
Figure IV-11 chaussée semi-rigide	50
Figure IV-12 chaussée rigide.....	51
Figure IV-13 La structure de chaussée	55

Figure V-1 Profil adopté pour tracé en long	58
Figure V-2 Méthode de Gulden	59
Figure VI-1 Profil en travers d'un fossé	65
Figure VII-1 Les signaux de danger	69
Figure VII-2 Plaque d'interdiction	69
Figure VII-3 Plaque l'obligation	69
Figure VII-4 Signaux d'indication (route prioritaire)	70
FigureVII-5 Signaux de direction.....	70
FigureVII-6 Ligne continue	71
FigureVII-7 Ligne discontinue	71
FigureVII-8 Ligne mixte	71
FigureVII-9 Autre marquage	72

LISTE DES ABREVIATIONS

RN	: Route Nationale
CW	: Chemin de Wilaya
CC	: Chemin communal
B40	: Normes techniques d'aménagement routier Algérien
F_L	: Coefficient de frottement longitudinal
RH_m	: Rayon minimal absolu
RH_n	: Rayon minimal normal
RH_d	: Rayon au dévers minimal
RH_{nd}	: Rayon minimal non déversé
Δd	: Variation des dévers
I_{max}	: Déclivité maximum
I_{min}	: Déclivité minimum
Rv_{min}	: Rayon vertical minimal
d_a	: Distance d'arrêt
d_f	: Distance de freinage
d_θ	: Distance de réaction
d_s	: Distance de sécurité
D_{dep}	: Distance de dépassement
V_r	: Vitesse de référence
T.P.C	: Terre-plein central
B.A.U	: Bande d'arrêt d'urgence
B.D.G	: Bande dérasée de gauche
TN	: Terrain naturel
BB	: Béton bitumineux
GT	: Grave traité
GNT	: Grave non traité
GC	: Grave concassé
LL	: Limite de liquidité
LP	: Limite de plasticité
IP	: Indice de plasticité
ES	: Equivalent de sable
TJMA	: Trafic journalier moyen annuel

TPL : Trafic poids lourd

τ : Taux d'accroissement annuel

PL : Poids lourd

CBR: California Bearing Ratio

ICBR: Indice CBR

e : Epaisseur équivalente

PK : Point kilométrique

U : Unitaire

CTTP : Contrôle technique de travaux publics

Résumé :

La route joue un rôle moteur très important dans l'aménagement du territoire, elle favorise l'implantation d'activités économiques et industrielles et réduit les coûts de transport. L'état actuel de la plupart des routes en Algérie, nécessite des opérations de réhabilitation, de renforcement ou de dédoublement de la route actuelle. D'où l'importance de notre étude, qui consiste à faire l'étude de dédoublement de la route nationale N°23 sur un linéaire de 05 km du PK 256+000 au PK 261+000 qui se situe dans la Wilaya de Laghouat à l'aide du logiciel Autopiste. Le but de cette étude est de réduire le taux d'accidents et d'assurer la forte demande en matière de transport de marchandises qui traverse cet axe (champ pétrolier Hassi R'mel et Hassi Messaoud).

Mots clés : réhabilitation, renforcement, Dédoublement.

Abstract

The road plays a very important role in the development of the territory, it favors the establishment of economic and industrial activities and reduces transport costs. The current state of most roads in Algeria requires rehabilitation, reinforcement or duplication of the current road. Hence the importance of our study, which is to make the study of duplication of the national road No. 23 on a linear of 05 km from PK 256+000 to PK 261+000 which is located in the Wilaya of Laghouat using the Autopiste software. The purpose of this study is to reduce the accident rate and ensure the high demand for transport of goods that crosses this axis (Hassi R'mel and Hassi Messaoud oil fields).

Keywords : réhabilitation, renforcement, duplication.

Keywords : rehabilitation, reinforcement, duplication.

ملخص

يلعب الطريق دوراً مهماً للغاية في تهيئة الإقليم، فهو يشجع على إنشاء الأنشطة الاقتصادية والصناعية ويقلل من تكاليف النقل. يتطلب الوضع الحالي لمعظم الطرق في الجزائر إعادة تأهيل أو تعزيز أو ازدواجية الطريق الحالي. ومن هنا تأتي أهمية دراستنا التي تتمثل في إجراء دراسة ازدواجية الطريق الوطني رقم 23 على خط طول 05 كم من PK 261+000 إلى PK 256+000.

والموجود بولاية الأغواط باستخدام برنامج Autopiste، الغرض من هذه الدراسة هو تقليل معدل الحوادث وضمان ارتفاع الطلب على نقل البضائع الذي يعبر هذا المحور (حقلاً حاسي الرمل وحاسي مسعود).

الكلمات المفتاحية: التأهيل، التعزيز، الازدواجية.

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Le réseau routier occupe une place stratégique dans notre système de transport, en supportant plus de 90% du volume de transport national, Le réseau routier est un élément essentiel du développement national car il représente le fondement de multiples secteurs.

La route est l'une des voies de communication la plus utilisée au monde, elle permet de relier tous les points d'un territoire. Elle est un axe de communication nécessaire au développement économique et social d'un pays. Car elle permet le transport de marchandises, le déplacement des personnes et contribue à l'occupation du territoire ainsi qu'à l'exploitation des ressources.

Les programmes routiers mis en œuvre ces dernières années reflètent la volonté de l'état de disposer et de mettre au service de l'économie nationale et du citoyen, un réseau routier capable de satisfaire à la demande en transport routier de plus en plus croissante (augmentation de la motorisation), et aussi d'améliorer les conditions de sécurité sur les routes algériennes.

D'où l'importance de notre étude, qui consiste à faire la conception du dédoublement d'un Tronçon routier de la RN23 à 05km, cette route a une Importance stratégique pour le réseau routier national.

Ce projet de dédoublement étant nécessaire, compte tenu de l'importance de la route existante Qui doit supporter :

- L'intensité du trafic actuel.
- Des différentes activités économiques, commerciales et sociales de la région.
- La demande croissante en matière de transport de marchandises qui traverse cet axe.

Le travail que nous présentons est structuré en sept (07) chapitres comme suit :

- **Chapitre 1 : Présentation du projet**
- **Chapitre 2 : Etude cinématique**
- **Chapitre 3 : Etude géométrique**
- **Chapitre 4 : Dimensionnement du corps de chaussée**
- **Chapitre 5 : Calcul de cubatures**
- **Chapitre 6 : Ouvrages d'assainissement**
- **Chapitre 7 : Signalisations horizontales et vertical**

Enfin ; on termine ce travail par un devis quantitatif et estimatif et une conclusion générale.

CHAPITRE I

SITUATION ET PRESENTATION

DU PROJET

CHAPITRE I : SITUATION ET PRESENTATION DU PROJET

I.1. Introduction :

La route joue un rôle moteur dans l'aménagement du territoire, elle facilite l'implantation d'activités économiques et industrielles, et réduit les coûts de transport, de sorte que la production qui est à la base des projets d'infrastructures routières est souvent associée à des réseaux existants insuffisants, soit par défaut, soit par saturation. Il faut alors, pour bien identifier le problème, puis tirer la solution et quantifier précisément les composants.

La route nationale (RN23) constitue, sur son tronçon reliant Laghouat à Aflou sur une centaine de kilomètres, un axe meurtrier et un danger qui pèse sur la vie de ses usagers. D'une longueur de 155km, depuis la ville de Laghouat aux limites territoriales avec la wilaya de Tiaret, via la ville d'Aflou, cet axe routier, dont une vingtaine de kilomètres seulement est dédoublée.

Cela a encouragé la conduite d'études dédoublement d'un tronçon de la RN23 sur 05 km du PK 256+000 AU PK 261+000.

I.2. Situation du projet :

La Route Nationale (RN) numéro 23 débute de la wilaya de Mostaganem en passant par la RN4 à l'ouest de Yellal- RN4 jusqu'à l'est de Relizane – Zemmoura – Mendes – Rahouiya – Tiaret – Sougueur – Ain deheb – Aflou - Laghouat.

La partie appartenant à la Wilaya de Laghouat (sujette de notre étude) débute de Hassiane Eddib en passant par Aflou vers Laghouat sur 155 Km.

Vue l'augmentation du Trafic d'une façon vertigineuse, on a enregistré au niveau de ce tronçon plusieurs accidents de circulation, ce qui a incité le ministère des travaux publics à dédoubler cette route urgemment.

I.2.1 Situation géographique de la wilaya :

La wilaya de Laghouat est partie des wilayas du sud de l'Algérie, le chef-lieu de la wilaya est situé à 700 km à l'est de la capitale Alger. S'étend sur 25000 km². Elle est limitée par les wilayas suivantes (Figure I.1) :

- **Au nord** : wilaya de Tiaret.
- **Au sud** : wilaya de Ghardaïa.
- **A l'Est** : wilaya de Djelfa.
- **A l'Ouest**: wilaya d'El-Bayad.

- **Climat :**
- À Laghouat, les étés sont caniculaires et arides. Les hivers sont longs, frisquet, sec et venteux. Et le climat est dégagé dans l'ensemble tout au long de l'année.
- **Réseaux routiers de la wilaya :**

La wilaya de Laghouat dispose d'un réseau routier long de 1310 km,

- 403 km de RN
- 394 km de CW
- Le reste constitué de routes communales.



Figure I.1 : Situation géographique de la wilaya de Laghouat

I.2.2. Localisation du projet :

Notre projet fait partie d'un réseau routier national RN23, c'est un tronçon situé dans la wilaya de Laghouat qui débute du PK256 et se termine au PK261 et qui s'inscrit parfaitement dans cette stratégie de développement et de densification du réseau routier d'Algérie. Cette section est à étudier sur une longueur de **05 km** à l'aide du logiciel Autopiste (Figure I.2).



Figure I.2 : Photo Satellitaire de la zone du projet

I.3 Objectif du projet :

Notre objectif principal consiste à augmenter le niveau de service de la route existante par un dédoublement de (2×2 voies), et de procéder à son dimensionnement ce qui permet :

- De créer des conditions de transport favorables aux échanges commerciaux dans la région.
- Résoudre les problèmes de congestion du trafic routier, en assurant la fluidité de la circulation et la sécurité des usagers de la route.
- D'assurer deux chaussées unidirectionnelles de largeur de 7m et de 2m d'accotement.

CHAPITRE II

ETUDE CINEMATIQUE

CHAPITRE II : ETUDE CINEMATIQUE**II.1. Etude du trafic :****II.1.1 Introduction :**

L'étude du 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, pour partie « stratégie et planification » sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, elle est nécessaire pour :

- Apprécier la valeur économique des projets routiers.
- Estimer les coûts d'entretien du réseau routier, qui sont en fonction du volume de circulation.
- Définir les caractéristiques techniques des différentes tranches de la route constituant le réseau qui doit être adapté au volume et la nature des circulations attendues (nombres de voies).
- Estimer les coûts de fonctionnement des véhicules.

II.1.2 Analyse du trafic :

Afin de déterminer en un point et en un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage qui nécessite une logistique et une organisation appropriée. Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont :

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

II.1.3. Différents types de trafics :

On distingue quatre types de trafic :

- **Trafic normal** : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.
- **Trafic induit** : C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.
- **Trafic dévié** : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.
- **Trafic total** : C'est la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

II.1.4. Modèles de présentation de trafic :

Dans l'étude de la prévision de trafic, la première opération consiste à définir un certain nombre de flux de trafic qui constituent un ensemble homogène en termes 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.

a) Prolongation de l'évolution passée :

L'approche consiste en une extrapolation globale des évolutions de trafic observées dans le passé sur les prochaines années. En général, On établit des modèles de croissance du type exponentielle.

Le trafic T_n à l'année n sera :

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

Où :

T_0 : est le trafic à l'arrivée pour l'origine.

τ : est le taux de croissance.

b) Corrélation entre le trafic et les 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 national brut (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.

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 des facteurs de croissance :

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

- Le taux de motorisation des véhicules légers
- Le nombre d'emploi.

- La population de la zone

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

II.1.5 Calcul de la capacité :

II.1.5.1 Capacité d'une route :

La capacité est le nombre maximal de véhicules qui peuvent raisonnablement passer par une section donnée d'une voie ou d'une chaussée dans une direction (ou dans les deux directions pour une route à deux ou trois voies) avec des caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propres, durant une période de temps déterminée. Elle dépend des caractéristiques géométriques, de son environnement et de la répartition du trafic à l'heure de pointe par sens de circulation. Cette capacité doit être comparée à un trafic horaire, appelé débit ou trafic horaire fictif, établi à l'aide de comptages horaires permanents, sur la base du trafic moyen journalier annuel. La capacité horaire et les trafics horaires doivent être exprimés dans une unité commune : l'unité de véhicules particuliers.

La capacité dépend :

- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre).
- Le type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
- Des conditions météorologiques.
- Des caractéristiques géométriques de la route.

II.1.5.2 Projection future du trafic :

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

$$TMJA_h = TMJA_0(1 + \tau)^n$$

Avec :

$TMJA_h$: le trafic à l'année horizon.

$TMJA_0$: le trafic à l'année de référence.

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

n : nombre d'année.

II.1.5.3 Calcul de trafic effectif : C'est le trafic traduit en unités des véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de type de la route et de l'environnement, pour cela on utilise des coefficients d'équivalences pour convertir les PL en (UVP).

Le trafic effectif est donné par la relation :

$$T_{eff} = [(1 - z) + p \times z] \cdot TMJA_h$$

Avec :

T_{eff} : Trafic effectif à l'année horizon en (uvp/J).

z : Pourcentage de poids lourd.

p : Coefficient d'équivalence pour le poids lourds il dépend.

Tableau II.1 : Coefficient d'équivalence « P »

Routes \ Environnement	E1	E2	E3
2 Voies	3.00	6.00	12.00
3 voies	2.5	5.00	10.00
4 voies	2.00	4.00	8.00

II.1.5.4. 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 :

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

Avec :

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

Q : est exprimé en UVP/h.

II.1.5.5. Débit horaire admissible :

C'est le débit admissible que peut supporter une route :

$$Q_{adm} = K_1 \times K_2 \times C$$

Avec :

C : la capacité théorique.

K_1 : coefficient qui dépend de l'environnement.

K_2 : coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.

Tableau II.2 : Valeurs de la capacité théorique.

Type de voies	Capacité théorique (UVP/h)
Route à 2 voies de 3,5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3,5m	2400 à 3200
Route à chaussée séparé	1500 à 1800

Tableau II.3 : Valeurs du coefficient K_1

Environnement	E1	E2	E3
K_1	0.75	0.85	0.90-0.95

Tableau II.4 : Valeurs du coefficient K_2

Environnement	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
E1 : facile	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2 : moyen	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3 : difficile	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

II.1.6 Application au projet :

Les données :

- Vitesse de référence : 80km/h
- Le taux d'accroissement annuel du trafic : $\tau = 4\%$
- Le pourcentage du poids lourds : $P = 50\%$
- La durée de vie est de 20ans
- Le trafic à l'année 2015 $TMJA_{2015} = 3331 \text{ v/j}$
- L'année mise en service sera 2023

Projection future de trafic :

$$TMJA_h = TMJA_0(1 + \tau)^n$$

Avec :

$TMJA_h$: trafic à l'horizon (année de mise en service 2023)

$TMJA_0$: trafic à l'année zéro (origine 2015)

$$TMJA_{2023} = TMJA_{2015} (1 + \tau)^8$$

$$TMJA_{2023} = 3331 \times (1 + 0.04)^8 = 4558.70 \text{ V/J}$$

$$TMJA_{2023} = 4559 \text{ V/J}$$

$$TMJA_{2043} = TMJA_{2023} \times (1 + \tau)^{20}$$

$$TMJA_{2043} = 4558.70 \times (1 + 0.04)^{20} = 9988.67 \text{ V/J}$$

$$TMJA_{2043} = 9989 \text{ V/J}$$

Calcul du trafic effectif actuel :

$$T_{eff} = [(1 - z) + p \times z] \cdot TMJA_h$$

$$z = 50\%$$

$$p = 3 \text{ PL/UVP (E1 ; 2 voies)}$$

- Année de mise en service :

$$T_{eff2023} = [(1 - 0.5) + 3 \times 0.5] \times 4558.70 = 9117.4 \text{ UVP/J}$$

$$T_{eff2023} = 9117 \text{ UVP/J}$$

- Année horizon :

$$T_{eff2043} = [(1 - 0.5) + (3 \times 0.5)] \times 9988.67 = 19977.34 \text{ UVP/J}$$

$$T_{eff2043} = 19977 \text{ UVP/J}$$

Calcul débit de pointe horaire normal :

$$Q_{2023} = 0.12 \times T_{eff2023}$$

$$Q_{2023} = 0.12 \times 9117.4 = 1094.09 \text{ UVP/h}$$

$$Q_{2023} = 1094 \text{ UVP/h}$$

$$Q_{2043} = 0.12 \times T_{eff2043}$$

$$Q_{2043} = 0.12 \times 19977.34 = 2397.28 \text{ UVP/h}$$

$$Q_{2043} = 2397.28 \text{ UVP/h}$$

Calcul Débit admissible :

$$Q_{adm} = K_1 \times K_2 \times C$$

Catégories C2

$$K_1 = 0.75$$

Environnement E1

$$K_2 = 1.00$$

Selon la B40, C= 1800 UVP/h

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1 \times 1800 = 1350 \text{ UVP/h}$$

$$Q_{adm} = 1350 \text{ UVP/h}$$

Le nombre des voies :

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

S : coefficient de dissymétrie, en générale égale à 2/3

$$N = \frac{2}{3} \times \frac{2397.28}{1350} = 1.18 \cong 2 \text{ voies/sens}$$

II.2. Paramètres de bases d'un projet de route :

II.2.1. Classifications des routes :

L'infrastructure routière est un ouvrage important et tactique dans le développement économique d'un pays.

Les routes peuvent être classées de point de vue administratif selon la domanialité et de point de vue technique selon la vitesse de référence établie en fonction des conditions du terrain ou selon le trafic qu'elles supportent, elles peuvent aussi être classées suite à leurs fonctions ou selon les différentes contraintes environnementales.

Les principales classifications les plus utilisées sont : la classification administrative et la classification technique.

II.2.1.1 Classification administrative :

– Les chemins communaux (C.C) :

Les chemins communaux représentent l'ensemble des voies de circulation appartenant au domaine routier public. Ce type de voie est non seulement imprescriptible, mais aussi inaliénable.

Ils permettent la liaison des villages au réseau principal des routes, ils peuvent s'étendre sur une seule commune et sont entretenus par une collectivité locale.

– **Les chemins de wilaya (C.W) :**

Les chemins de wilaya qui desservent uniquement une wilaya ou chemins départementaux qui relient les réseaux des routes communales au réseau national.

Leurs constructions et leurs entretiens relevant de la responsabilité de la wilaya.

– **Les routes nationales (RN) :**

Elles représentent des voies de grandes circulations et d'intérêt commun pour le pays. Elles constituent des itinéraires inter-wilayas que supportent un grand trafic et sont assurées par le budget de l'Etat.

– **Autoroutes**

Ils sont des routes nationales mais de catégorie spéciale dont les caractéristiques sont les suivants :

- Elles sont réservées à la circulation rapide ($V \geq 100 \text{ km/h}$).
- Elles sont accessibles en des points spécialement aménagés.
- Elles ne comportent aucun carrefour à niveaux, dont il existe deux types de carrefour à savoir : à niveau (giratoire) et dénivelée (Echangeur).

Les autoroutes ont en générale deux chaussées unidirectionnelles séparées par une terre pleine centrale ne comportant aucun passage ou carrefour à niveau. Elles permettent un grand trafic dans des conditions de circulation excellente.

II.2.1.2 Classification technique :

La norme B40 recommande d'utiliser Des infrastructures pour le développement des transports, compte tenu des contraintes budgétaires, grâce à politique réaliste de développement progressif.

• **Classification des routes selon la B40 :**

Les routes algériennes sont classées en cinq (5) catégories correspondant au finalité économique et administrative de l'itinéraire selon B40 (norme technique d'aménagement routier algérien). Les cinq catégories de la route sont :

Catégorie 1 : Les liaisons entre les grands centres économiques et les centres d'industries lourdes considérés deux à deux et les liaisons de rabattement de centres d'industrie de transformation vers le réseau de base.

Catégorie 2 : Liaisons de pôles d'industrie de transformation entre eux et liaison de raccordement de pôles d'industrie légère diversifiées avec le réseau précédent.

Catégorie 3 : Liaisons des chefs-lieux de daïra et les chefs-lieux de wilaya non desservis par le réseau précédent avec le réseau de catégorie 1 et catégorie 2.

Catégorie 4 : Liaisons de tous les centres de vie qui ne sont pas reliés au réseau de catégorie 1, 2 et 3 avec les chefs-lieux de daïra, dont ils dépendent, et avec le réseau précédent.

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

- **Environnement du la route :**

Trois classes d'environnement (E1, E2, E3) ont été proposées dans le rapport B40 sur les coûts d'aménagement et d'entretien. Les deux indicateurs adoptés pour caractériser chaque classe d'environnement sont :

- **Dénivelée cumulée moyenne au kilomètre :** $(\frac{H}{L})$

- **La sinuosité :** σ

a) Dénivelée cumulée moyenne :

C'est la somme des dénivelées cumulées le long de l'itinéraire existant rapportée à la longueur de cet itinéraire, permet de mesurer la variation longitudinale du relief (**Figure II.1**).

$$\text{Relief} = \frac{\sum Hi}{\sum Li} = \frac{\sum \text{dénivelées}}{\text{longueur développée}} = \frac{H}{L}$$

Le terrain peut être classé comme suit (**Tableau II.5**) :

- Terrain plat $\frac{H}{L} \leq 1,5\%$
- Terrain vallonné $1,5\% \leq \frac{H}{L} \leq 4\%$
- Terrain montagneux $\frac{H}{L} \geq 4\%$

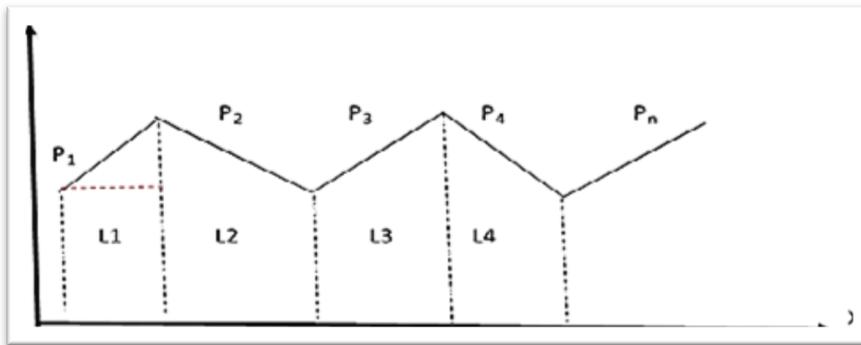


Figure II.1 : Dénivelée cumulée.

Tableau II.5 : Classification de type de relief

Type	Classification	Indicateur
1	Plat	$\frac{h}{L} \leq 1,5\%$
2	Plat inondable	$\frac{h}{L} \leq 1,5\%$
3	Accidenté (valloné)	$1,5 < \frac{h}{L} \leq 4\%$
4	Montagneux	$\frac{H}{L} > 4\%$

b) La sinuosité :

La sinuosité σ d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse L_s sur la longueur totale de l'itinéraire (Figure II.2).

$$\sigma = \frac{L_s}{L_t}$$

Avec :

L_s : longueur sinueuse.

L_t : longueur totale.

La longueur sinueuse L_s est la longueur cumulée des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m (ce qui correspond au rayon minimum normal pour une vitesse d'environ 60 km/h) selon la norme B40 (Fig.)

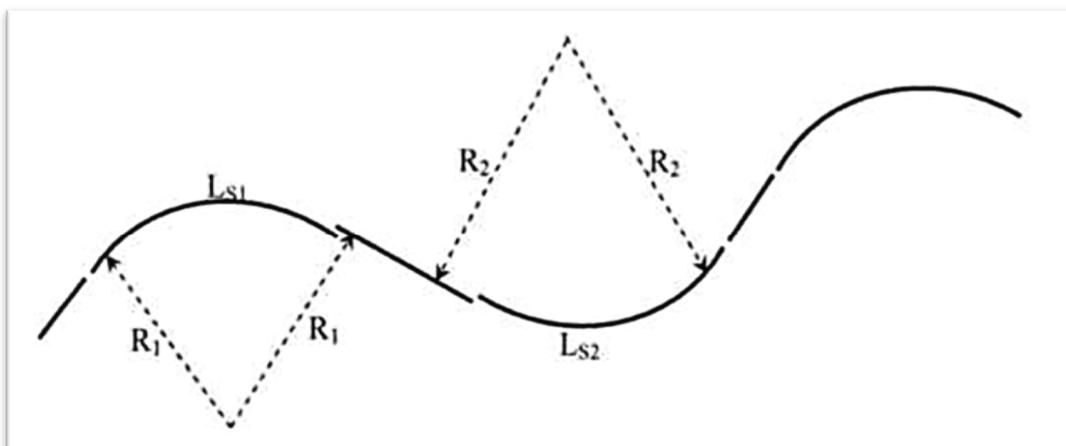


Figure II.2 : Définition de la sinuosité

Si :

$\sigma \leq 0,1$ → **Sinuosité faible.**

$0,1 \leq \sigma \leq 0,3$ → **Sinuosité moyenne.**

$\sigma \geq 0,3$ → **Sinuosité forte.**

En fonction des valeurs du relief et de sinuosité telle que défini ci-dessus, les classes d'environnement sont données par le Tableau II.6 suivants :

Tableau II.6: Environnement de la route

Sinuosité Relief	Faible	Moyenne	Forte
Plat	E1	E2	
Vallonné	E2	E2	E3
Montagneux		E3	E3

II.2.2 Application ou projet :

Pour notre projet on a :

Pour le relief :

$$\frac{\text{Altitude maximale} - \text{Altitude minimale}}{\text{Longueur}} = \frac{\Delta h}{L}$$

$$\frac{1366.130 - 1316.034}{4969.57} \times 100 = 1.01\% \quad \text{Ce qui conduit à un terrain plat.}$$

Pour la sinuosité :

Dans notre tracé, nous avons utilisés des rayons supérieurs à 200m ce qui implique que notre sinuosité est égale à 0, sinuosité faible.

De ces résultats, on déduit que nous sommes dans un environnement **E1**.

II.2.3. La vitesse de référence :

On appelle vitesse de référence ou base V_b c'est la vitesse qui peut être pratiquée en tout point de la section considérée. Elle est donc imposée par les zones dont les caractéristiques géométriques sont les plus contraignantes et elle permet ainsi de définir les caractéristiques minimales d'aménagement de ces zones particulières. En effet, le choix de vitesse de référence joue un rôle très important sur le cout du projet. Ce pendant Le choix de la vitesse de référence dépend de :

Type de route ;

- L'importance et genre du trafic (volume, structure).
- La Topographie (degré de difficulté de terrain).
- Conditions économiques d'exécutions et d'exploitations.

II.2.4. Le choix de la vitesse de référence (V_r) :

La connaissance de choix de la vitesse de référence dépend de la catégorie et l'environnement de la route. Les valeurs de la vitesse de référence sont classées en fonction de la catégorie et de l'environnement selon B40 dans le tableau II.7 ci-dessous :

Tableau II.7 : vitesse de référence

E \ Cat	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5
E1	120/100/80	120/100/80	120/100/80	100/80/60	80/60/40
E2	100/80/60	100/80/60	100/80/60	80/60	60/40
E3	80/60/40	80/60/40	80/60/40	60/40	40

Nous sommes dans un environnement E1 et de catégorie 2, on choisit dans notre projet $V_r = 80 \text{ km/h}$ comme vitesse de référence.

II.2.5. Temps perception réaction :

Le temps de perception- réaction est le temps nécessaire au conducteur pour prendre en toute situation les mesures nécessaires à sa sécurité, sa durée est conditionnée par les caractéristiques du conducteur et du véhicule. Les temps de perception-réaction interviennent pour :

- Le freinage ;
- Le dépassement ;
- L'observation de la signalisation.

Selon les catégories et l'environnement dans B40, le temps perception-réaction est :

Catégories 1-2, Environnement (E1) et (E2) :

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

T = 2 s **pour V ≤ 80 km/h**

Catégories 1-2, Environnement (E3)

T = 1,8 s **quelle que soit V** Catégories 3-4-5 :

T = 1,8 s **pour V > 60 km/h**

T = 2 s **pour V ≤ 60 km/h**

II.2.6 Distance de freinage d_f :

La distance de freinage d_f est la distance parcourue pendant l'action de freinage, le véhicule passe durant cette distance d'une vitesse V à une vitesse nulle ($V = 0$).

La distance de freinage d_f varie en fonction de la pente longitudinale de la chaussée.

Dans le plan horizontal la formule de la distance de freinage est :

$$d_f = \frac{4}{1000} \times \frac{v^2}{f_l}$$

Dans le cas de pente ou rampe la formule de la distance de freinage est

$$d_f = \frac{4}{1000} \times \frac{v^2}{f_l \pm \sin \alpha}$$

Si i exprime la tangente α de et puisque α est petit dans le cas des routes ($\sin \alpha = \operatorname{tg} \alpha \approx i$)

d_f : la distance de freinage s'exprime en m

v : la vitesse de référence s'exprime en km/h

i : la déclivité de (pente ou rampe) en

F_L : le coefficient de frottement longitudinal

α : angle

$$d_f = \frac{4}{1000} \times \frac{v^2}{f_l \pm i}$$

☞ Remarque :

Le coefficient $F_L(v)$ varie avec l'état de pneus et l'état de la chaussée comme il peut varier avec la vitesse du véhicule (Tableau II.8).

Tableau II.8 : F_L en fonction de l'état de la chaussée et des pneus.

État de la chaussée et des pneus	$F_L (V)$
Chaussée sèche, pneus en bon état	0,8 à 0,9
Chaussée mouillée, pneus en bon état	0,6 à 0,8
Chaussée mouillée, pneus en moyen état	0,3 à 0,4
Chaussée mouillée, pneus usés	0,1 à 0,2
Verglas, boue, etc.	0,05 à 0,1

Nous avons dans le tableau suivant le coefficient longitudinal en fonction des vitesses et des catégories (Tableau II.9) :

Tableau II.9 : Coefficient de frottement longitudinal en fonction de vitesse

V (km/h)	40	60	80	100	120	140
Catégories 1-2	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30
Catégories 3-4-5	0.49	0.46	0.43	0.40	0.36	/

II.2.7. La distance de réaction d_{θ} :

C'est la distance parcourue pendant le temps de perception-réaction est donnée par :

$$d_{\theta} = V \times t$$

d_{θ} : distance de réaction qui s'exprime en m.

V : la vitesse qui s'exprime en km/h.

t : temps de perception-réaction qui s'exprime en s.

II.2.8. Distance d'arrêt d_a :

C'est la distance minimum nécessaire pour stopper un véhicule se déplaçant à la vitesse de référence avant qu'il n'atteigne un objet placé dans sa trajectoire (Figure II.3).

Elle est calculée ou plutôt estimé en tenant compte de la somme des deux distances :

- La distance d_1 parcourue à partir du moment où l'objet a été aperçu jusqu'au moment où les freins entre en actions.
- La distance d_0 requise pour arrêter le véhicule après avoir mis en action le freinage.

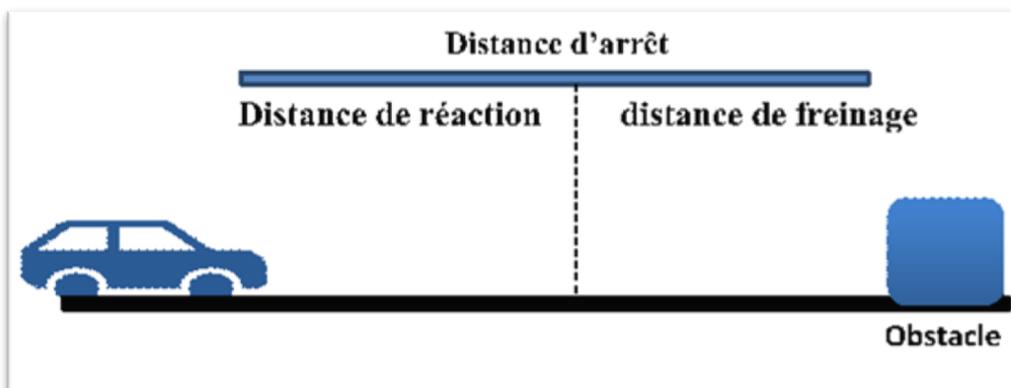


Figure II.3 : La distance d'arrêt.

$$d_a = d_f + d_{\theta}$$

d_a : La distance d'arrêt en m

d_f : La distance de freinage en m

d_θ : La distance de réaction en m.

En alignement droit :

Pour $V \leq 100$ km/h et quand $t = 2$ s alors $d_a = d_f + (0,55 \times V)$

Pour $V > 100$ km/h et quand $t = 1.8$ s alors $d_a = d_f + (0,50 \times V)$

En courbe

Dans les raccordements courbes, le freinage est moins énergique afin de ne pas perdre le contrôle de véhicule, la distance de freinage est majorée de 25.

Pour $V \leq 100$ km/h et quand $t = 2$ s

$$d_a = 1,25 \times d_f + (0,55 \times V).$$

Pour $V > 100$ km/h et quand $t = 1.8$ s

$$d_a = 1,25 \times d_f + (0,50 \times V).$$

II.2.9. Distance de sécurité entre deux véhicules D_s :

La distance de sécurité D_s est l'espacement entre les deux véhicules A et B pour que, si le premier s'arrête après avoir freiné au maximum le second puisse s'arrêter sans risque de collision théoriquement, les deux véhicules roulent à la même vitesse, doivent s'arrêter sur la même distance de freinage et dans le même temps (Figure II.4).

L'espacement doit être égale au chemin parcouru par le véhicule B pendant le temps t de perception –réaction.

$$D_s = (V \times t) + L$$

Avec :

L : Longueur moyenne des deux véhicules en m

t : Temps de perception-réaction en s

V : La vitesse en km/h

D_s : La distance de sécurité en m

Le code de la route impose un signal arrière lumineux déclencher dès la mise en action des freins ce qui correspondant à la circulation en attention concentrée, $t = 1$ s ; $L = 8$ m

$$D_s = \frac{V}{3.6} \times \frac{3}{4} + L = 0.2 \times V + L$$

$$D_s \cong \frac{1}{5} \times V + 8 \quad \longrightarrow \quad \text{La forme théorique.}$$

Pratiquement la distance de sécurité (D_s) est plus grande parce que lorsque le véhicule (B) voit s'allumer le stop de (A), il ne sait pas avec quelle intensité (A) va freiner et il hésite à freiner.

En se basant sur des expériences :

$$d_s = 8 + 0.2 \times V + 0.003 \times V^2$$

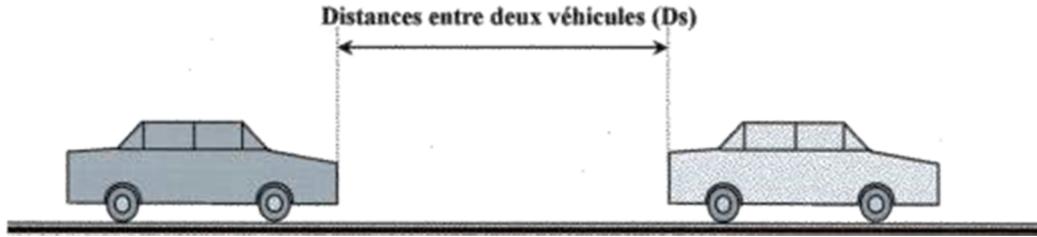


Figure II.4 : Distance de sécurité.

II.2.10. Distance de dépassement D_{dep} :

C'est la distance pour laquelle, sur une route à deux voies un véhicule B circulant à la vitesse V_1 , ayant devant lui un véhicule A roulant à la vitesse V_2 dont il sait rapprocher au maximum, exécute la manœuvre de dépassement de B, y compris son retour sur la voie de droite. Pendant le temps de dépassement d_{dep} , le véhicule B va parcourir la distance de dépassement $D_{dep} = V_1 \times t_{dep}$, le véhicule A va parcourir une distance de $V_2 \times t_{dep}$.

Il existe deux types des distances de visibilité :

- **Distance de visibilité de dépassement minimal D_m :**

Qui est la longueur parcourue pendant environ 15 secondes à la vitesse V et qui correspond à une manœuvre de dépassement qui dure 7 à 8 secondes, effectuée par des véhicules disposant d'une réserve suffisante de puissance. Elle sert au calcul du rayon en profil en long R_{vm} .

On adopte: $d_m(m) = 4 \times V$ (km/h). Pour $V \leq 90$ km/h

Pour $V = 140$ km/h, on adoptera $d_m(m) = 5 \times V$ (km/h). Le coefficient multiplicateur de V sera interpolé linéairement pour une vitesse V comprise entre 90 km/h et 140 km/h.

- **La distance de visibilité de dépassement normale d_n :**

Qui lui est supérieure d'environ 50, correspondant à une manœuvre courante de dépassement qui dure 11 et 12 secondes. On adopte: $d_n(m) = 6 \times V$ (km/h) pour $V \leq 90$ km/h

Pour $V = 140$ km/h, on adopte a $d_n(m) = 7 \times V$ (km/h). Le coefficient multiplicateur de V sera interpolé linéairement pour une vitesse V comprise entre 90 km/h et 140 km/h.

- **La distance de visibilité de manœuvre de dépassement d_{md} :**

Qui est la distance de visibilité permettant en sécurité au véhicule de passant d'abandonner en freinant ou de poursuivre en accélérant une manœuvre de dépassement amorcée dans l'hypothèse où le véhicule adverse freine. Elle sert au calcul des rayons minimaux en point haut pour les chaussées bidirectionnelles. Elle est évaluée en supposant qu'en début de manœuvre le véhicule dépassant et adverse roulent à la vitesse V , et que le véhicule dépassé roule à la vitesse $(V - 15)$ km/h.

D'après la norme B40 les distances sont données dans le Tableau II.10 ci-dessous :

Tableau II.10 : Distances de visibilité de dépassement.

V (km/h)	40	60	80	100	120
d_m(m)	150	250	325	425	550
d_n (m)	250	350	500	625	800
d_{md}(m)	70	120	200	300	425

CHAPITRE III :

ETUDE GEOMETRIQUE

CHAPITRE III : ETUDE GEOMETRIQUE

III.1. Introduction :

La surface de roulement d'une route est une conception de l'espace, définie géométriquement par trois groupes d'éléments qui sont :

- Tracé de son axe en situation ou en plan.
- Profil en long.
- Profil en travers.

III.1. Trace en plan :

III.1.1. Définition :

Le tracé en plan est une projection de la route sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée, il est constitué d'une succession de droites, raccordés par arcs de cercle. Il doit permettre d'assurer les bonnes conditions de sécurité et de confort.

III.1.2. Règles à respecter dans le tracé en plan :

- Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles.
- Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des Ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- Adapter au maximum le terrain naturel.
- Appliquer les normes du B40 si possible.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Respecter la cote des plus hautes eaux.
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- Se raccorder sur les réseaux existants.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Il est recommandé que les alignements représentent 60% au plus de la longueur totale du trajet.
- En présence des lignes électriques aériennes prévoir une hauteur minimale de 10m.
- Respecter la longueur minimale entre deux virages de sens contraire en respectant la Condition $L_{\min} = 5 V_r$.

III.1.3. Les éléments du tracé en plan :

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments (Figure III.1):

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

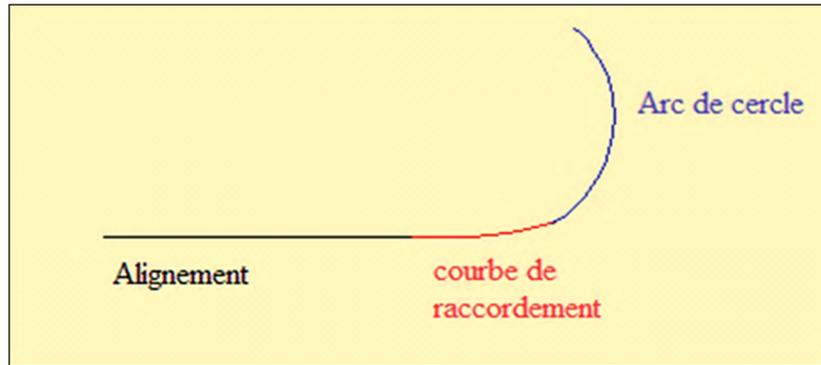


Figure III.1: les éléments de tracé en plan

III .1.3.1. Alignements droits :

Il existe une longueur minimale d'alignement L_{min} qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles. Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe en C, Ovale, S, ou à sommet. La longueur maximale L_{max} est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.

$$L_{max}=60 V$$

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

III.1.3.2 Les arcs de cercle :

Trois problèmes se posent :

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

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

- **Stabilité en courbe :**

Le véhicule subit en courbe une instabilité à l'effet de la force centrifuge, afin de réduire cet effet on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur, pour éviter le glissement des véhicules, en fait de fortes inclinaisons et augmenter le rayon (Figure III.2).

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

Les rayons en plans dépendant des facteurs suivants :

- Force centrifuge F_c .
- Poids de véhicule P .
- . Dévers d .

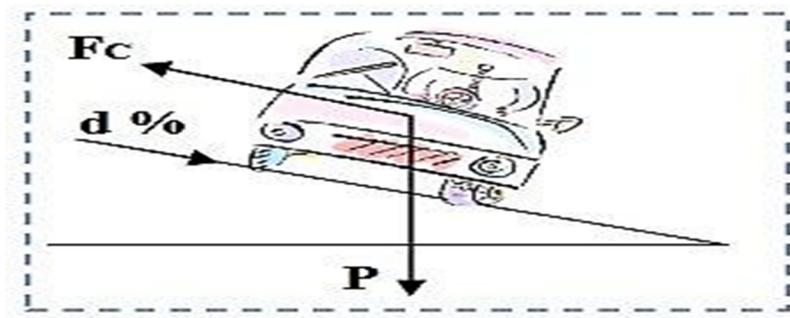


Figure III.2 : Stabilité en courbe

- **Rayon horizontal minimal absolu :**

C'est le rayon minimum pour lequel la stabilité du véhicule est assurée, il ne faut jamais descendre au-dessous de cette valeur, et il est défini comme étant le rayon de dévers maximal.

$$RH_m = \frac{V^2}{127 \times (ft + d_{max})}$$

- **Rayon minimal normal :**

Le rayon minimal normal (RH_n) doit permettre à des véhicules dépassant Vb de 20 (km/h) de rouler en sécurité

$$RH_n = \frac{(V + 20)^2}{127 \times (ft + d_{max})}$$

- **Rayon au dévers minimal :**

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

$$RH_d = \frac{V^2}{127 \times 2 \times d_{min}}$$

- **Rayon minimal non déversé :**

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

$$RH_{nd} = \frac{V^2}{127 \times (f'' - d_{min})}$$

Avec :

$f'' = 0.06$ cat 1 et 2

$f'' = 0.07$ cat 3 et 4 E1

$f'' = 0.075$ cat 4 -5 E2 E3

En ce qui concerne notre projet de dédoublement situé dans l'environnement E1 et Classé en catégorie Cat2 avec une vitesse de base 80km/h, on utilise comme référence les rayons normalisés(B40) ainsi que les devers qui leurs sont associés.

Tableau III.1 : Rayon en plan et devers associé.

Paramètres	Symboles	Devers	Valeurs
Rayon minimal absolu	RH_m	7%	250
Rayon minimal normal	RH_n	5%	450
Rayon au devers minimal	RH_d	2.5%	1000
Rayon non déversé	RH_{nd}	-2.5%	1400

- **Visibilité masquée dans une sinuosité :**

Un virage d'une route peut être masqué de côté intérieur de la courbe par le talus du déblai si la route est en tranchée, par une construction ou un 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.

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

Avec :

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

R : rayon de l'axe de la route ;

S : Sur largeur théorique.

III.1.3.3. Courbes de raccords :

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

- a) La stabilité transversale du véhicule.
- b) Confort des passagers du véhicule.
- c) Transition de la forme de la chaussée.
- d) Un tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant

La Clothoïde :

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d’une façon continue dès l’origine ou il infini jusqu’au point asymptotique ou il s’annule, la courbure de la clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l’arc. Parcourue à vitesse constante, la clothoïde maintient constante la variation de l’accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers (Figure III.3).

- **Expression mathématique de la Clothoïde :**

$$A^2 = R \times L$$

Avec :

- A : la Clothoïde en m ;
- R : rayon de raccordement en m ;
- L : la longueur en m.

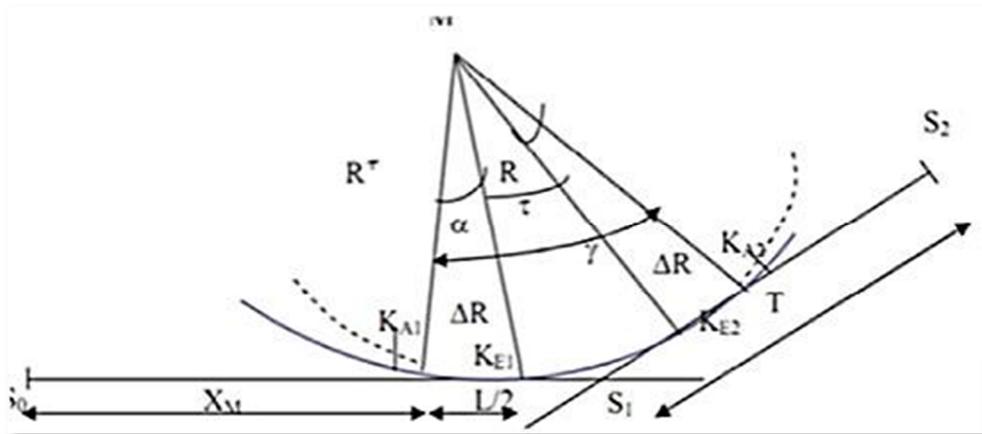


Figure III.3: Les éléments de la Clothoïde

- | | |
|--|--|
| Y : angle entre alignement droit | S _L : la corde à la clothoïde |
| T : Grande tangente | σ : l’angle polaire |
| ΔR : Ripage | L : longueur de clothoïde |
| X _M : Abscisse centre de cercle | K _A : début de clothoïde R |

R : rayon de virage

K_E : fin de clothoïde

t : l'angle de tangente

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

➤ **Condition optique :**

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

$$\tau \geq 3^\circ \text{ Soit } \tau \geq \frac{1}{18} \text{ rad}$$

$$\tau = \frac{L}{2 \times R} > \frac{1}{18} \text{ rad} \Rightarrow L \geq \frac{R}{9} \text{ Soit } \geq \frac{R}{3}$$

$$\frac{R}{9} \geq A \geq R$$

D'après les règles générales de (B40) :

Pour $R \leq 1500\text{m}$ $\longrightarrow \Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5m) $L = \sqrt{24R\Delta R}$

Pour $1500 < R \leq 5000\text{m}$ $\tau = 3^\circ$ c'est-à-dire $L \geq \frac{R}{9}$

Pour $R > 5000\text{m}$ $\longrightarrow \Delta R$ Limité à 2,5m soit $L = 7.75\sqrt{R}$

➤ **Condition de confort dynamique :**

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

Avec :

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

R : rayon en (m).

Δd : variation de dévers.

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

➤ **Condition de gauchissement :**

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

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

$$L \geq 1 \times \Delta d \times V$$

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

III.1.4. Règles pour l'utilisation des rayons en plan :

Il n'y a aucun rayon inférieur à RH_m , on utilise autant des valeurs de rayon à RH_n que possible.

Les rayons compris entre RH_m et RH_d sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en $\frac{1}{R}$ arrondi à 0,5% près entre d_{max} et $d(RH_m)$. Si $RH_m < R < RH_n$:

$$d = d_{max} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RH_m} \right) \times \frac{d_{max} - d_{RHn}}{\frac{1}{RH_m} - \frac{1}{RHn}}$$

Entre $d(RH_n)$ et d_{min} si $RH_n < R < RH_d$

$$d = d_{min} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RH_d} \right) \times \frac{d_{min} - d_{RHn}}{\frac{1}{RH_d} - \frac{1}{RHn}}$$

✎ *Remarque :*

Les rayons compris entre RH_d et RH_{nd} sont en dévers minimal d_{min} .

Les rayons supérieurs à RH_{nd} peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage ;

Un rayon RH_m doit être encadré par des RH_n .

III.1.5 Combinaison des éléments du tracé en plan :

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

➤ Courbes en (s) :

Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle (Figure III.4).

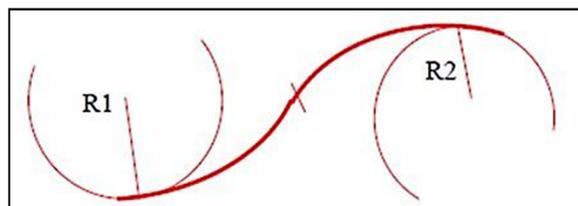


Figure III.4 : Courbe en S

➤ **Courbe à sommet :**

Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements (Figure III.5).

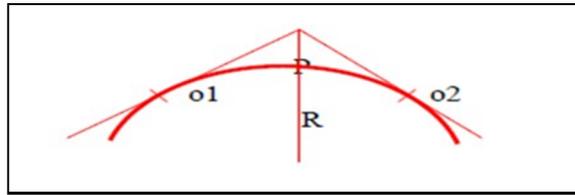


Figure III.5 : Courbe à sommet

➤ **Courbe en C :**

Une courbe constituée de deux arcs de clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre (Figure III.6).

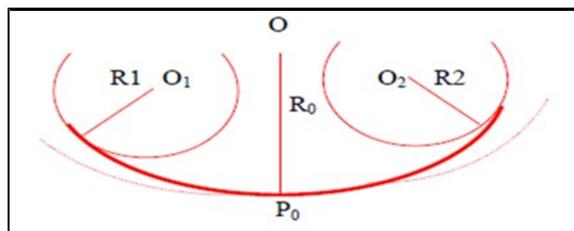


Figure III.6 : Courbe en C

➤ **Courbe en Ovale :**

Un arc de clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique (Figure III.7).

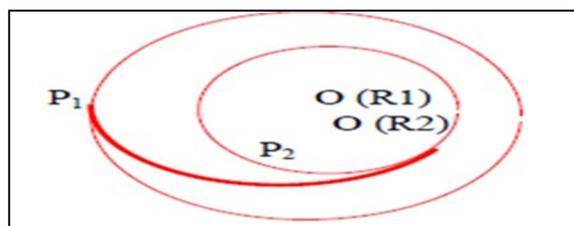


Figure III.7 : Courbe en ovale

III.1.6 APPLICACION DE PROJET

Le tracé est projeté parallèlement à droite de la chaussée en allant vers Tiaret à cause de la contrainte fixe (la fibre optique), séparé par un T.P.C avec rectification des points noirs.

Dans notre étude, nous avons pris sur le logiciel Autopiste 10 un extrait du tracé Nous avons un extrait du tracé en plan dans la figure suivante (figure III.8)

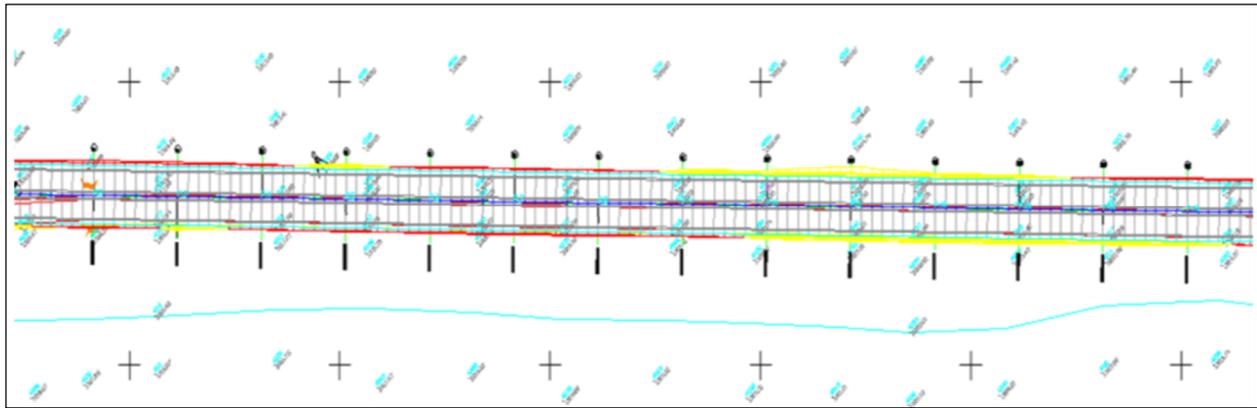


Figure III.8 : Extrait de la trace en plan.

III.2. Profil en long

III.2.1 Définition :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développé et représentée sur un plan à une échelle. Ou bien c'est une élévation verticale dans le sens de l'axe de la route de l'ensemble des points constituant celui-ci.

C'est en général une succession d'alignement droit (rampes et pentes) raccordés par courbe circulaires.

III.2.2 Règles à respecter dans le profil en long :

Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur :

- Eviter les angles entrants 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 devers nuls dans une pente du profil en long.
- Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais dans la partie de tracé neuve.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage

III.2.3. Les éléments 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....

III.2.4. Déclivités :

On appelle déclivité d'une route la tangente de l'angle qui fait le profil en long avec l'horizontale. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montés.

III.2.4.1. Déclivité Minimum :

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

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.

III.2.4.2. Déclivité maximum I_{min} :

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

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

Donc, La déclivité maximale dépend de :

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

- **Selon la norme B40 :**

Nous avons dans tableau III.2 suivant la déclivité maximum en fonction de vitesse de référence.

$$\text{Pour } g=10\text{m/s}^2 \quad R_{v_{\min}} = \left\{ \begin{array}{l} 0.3 V^2 \text{ pour cat 1-2} \\ 0.23V^2 \text{ pour cat 3-4} \end{array} \right\}$$

Pour $g = 10 \text{ m/s}^2$

$$R_{v_{\min}} = 0.23 \times V^2$$

Avec :

$R_{v_{\min}}$: rayon vertical (m).

V : vitesse référence (km/h)

➤ **Condition de visibilité :**

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

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

d_a : distance d'arrêt (m).

h_0 : hauteur de l'œil (m).

h_1 : hauteur de l'obstacle (m).

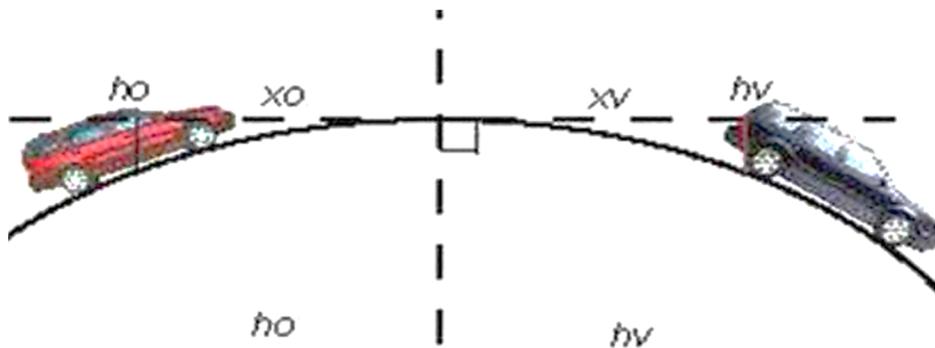


Figure III.10: Visibilité au sommet

III.2.5.2. Raccordements concaves (angle rentrant) :

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

$$R'_v = \frac{d_0^2}{(1.5 + 0.035 \times d_0)}$$

Avec :

d_0 : distance d'arrêt en m

➤ **Condition esthétique :**

Il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivité sur des distances courtes, pour éviter cet effet on impose une minimale (b 50) pour dévers d 10 (spécial échangeur).

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

Avec :

Δd : changement de dévers Rv_{\min} : rayon verticale minimal

III.2.6. Profil en long de notre projet :

Dans notre étude, nous avons pris dans notre travail sur le logiciel Autopiste 10

Nous avons les figures suivantes de profil en long du l'axe 1 et l'axe 2 (figure III.11, III.12).

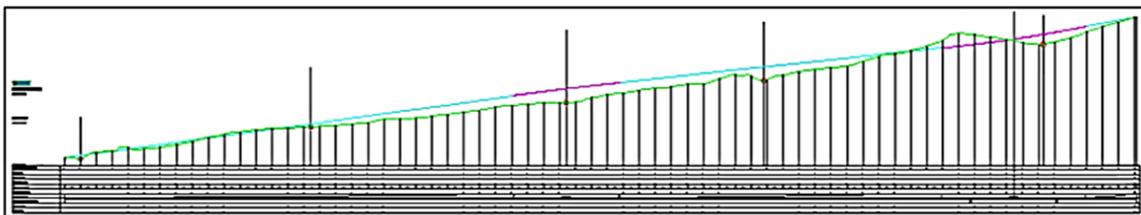


Figure III.11: Profil en long axe1

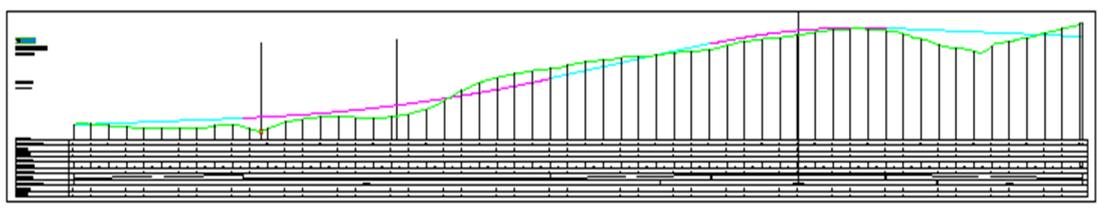


Figure III.12 : Profil en long axe2

III.3. Profil en travers :

III.3.1. Définition :

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical.

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « Profil

en travers » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc....).

Il existe deux types de profil en travers qui sont :

➤ **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).

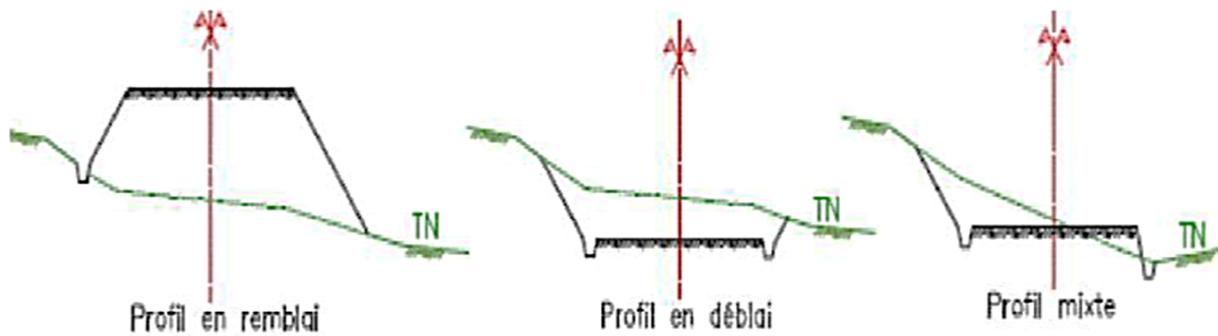


Figure III.13 : Différents profil en travers type

➤ **Profil en travers courant :**

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

III.3.2. Les éléments constitutifs du profil en travers :

Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants (Figure III.14):

- **La chaussée :**

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

- **La largeur rouable :**

Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt. Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

- **La plate-forme :**

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais, Comprenant la ou les deux chaussées et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les Bandes d'arrêts.

- **Assiette :**

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

- **Emprise :**

C'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc...), elle coïncidant généralement avec le domaine public.

- **Les accotements :**

Les accotements sont les zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés.

Ils comportent généralement les éléments suivants :

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

- **Le terre-plein central :**

Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

- Les surlargeurs de chaussée (bande de guidage).
- Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

- **Le fossé :**

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

- **Le talus :**

Le talus est l'inclinaison de terrain qui dépend de la cohésion des sols qui le constitue.

Cette Inclinaison exprimé par une fraction (A/B) telle que :

A : la distance sur la base du talus.

B : la hauteur du talus

En terre de moyenne cohésion, l'inclinaison de talus est de (3/2) pour les remblais et (1/1)

Pour les déblais.

- **Bande Dérasée de Gauche (B.D.G) :**

Elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité, elle est dégagée de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée.

- **Bande Médiane :**

Elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation, etc...), sa largeur dépend, pour le minimum des éléments qui sont implantés.

- **Trottoirs :**

Les trottoirs sont des accotements spécialement aménagés pour la circulation permanente des Piétons, ils sont généralement séparés de la chaussée par une bordure surélevée.

- **La Bande d'Arrêt d'Urgence (B.A.U) :**

Partie de l'accotement, contigu 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.

- **La Berme :**

Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (Barrières de sécurité, signalisations.). Sa largeur qui dépend tout de l'espace Nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

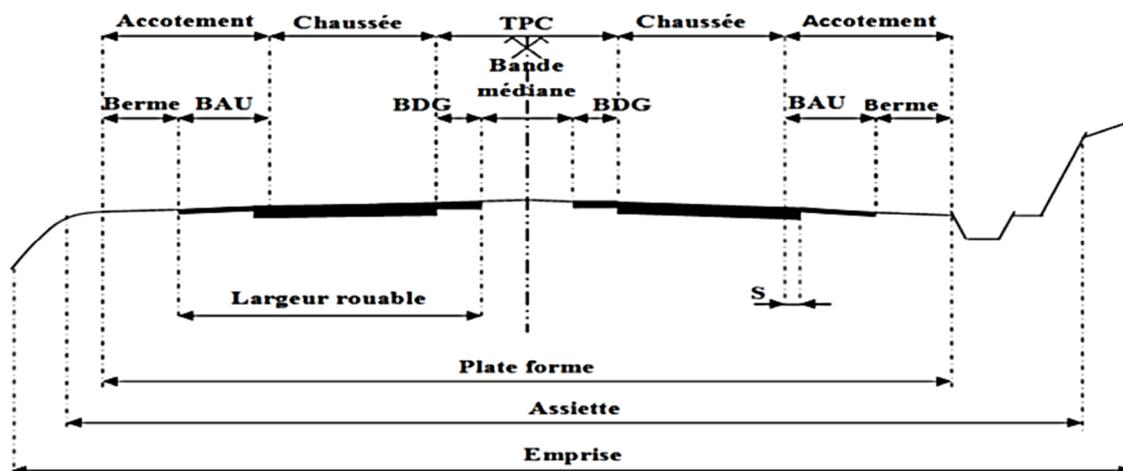


Figure III.14 : Les éléments constitutifs du profil en travers

T.P.C : Terre-Plein Central

B.A.U : Bande d'Arrêt d'Urgence

B.D.G : Bande Dérasée de Gauche

III.3.3. Application au projet :

Le profil en travers type retenu pour la RN23 sud sera composé d'une chaussée de dédoublement.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- Deux chaussées à double voies : 2×7.00 m.
- Accotement : 2×2 m.
- Terre-plein centrale : 2 m.
- Corps de chaussée : 3 Couche (8BB/ 14GN/20GNT) en (cm).

CHAPITRE IV :

ETUDE GEOTECHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

**CHAPITRE IV : ETUDE GEOTECHNIQUE
ET DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE**

IV.1. Etude géotechnique :

IV.1.1. 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.

IV.1.2. Les différents essais en laboratoire :

Les essais réalisés en laboratoire sont :

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

IV.1.2.1. 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).

IV.1.2.2. Les essais mécaniques :

- Essai PROCTOR.
- Essai CBR.
- Essai Los Angeles.

a) Analyse granulométrique :

Est un essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur. Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite sur un graphique, cette analyse se fait en générale par un tamisage (Figure IV.1) :



Figure IV.1 : Essai analyse granulométrique.

b) Equivalent du sable :

L'essai équivalent de sable 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. 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) (Figure IV.2).

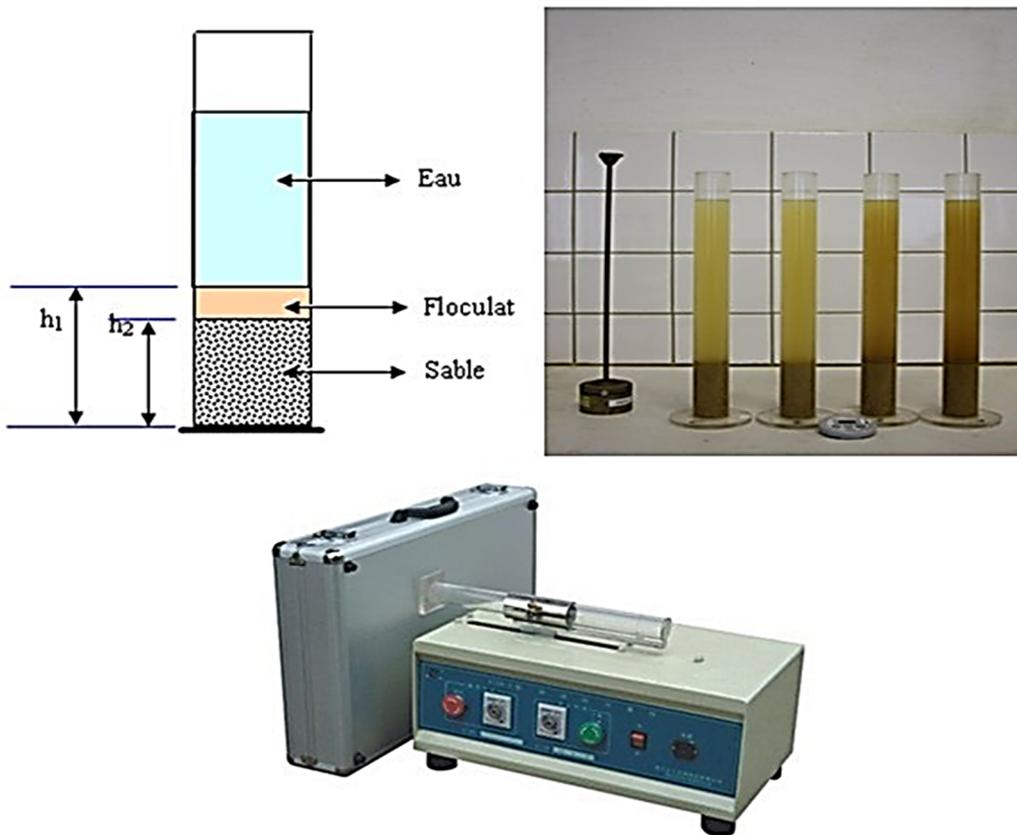


Figure IV.2 : Essai équivalent de sable.

c) Limites d'Atterberg :

Limite de plasticité (WP) et limite de liquidité (WL), ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol : WP sépare l'état solide de l'état plastique et WL sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui représentent des limites d'Atterberg voisines, c'est-à-dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité (Figure IV.3).

$I_p = W_L - W_P$, est donc très sensible à une faible variation de leur teneur en eau.

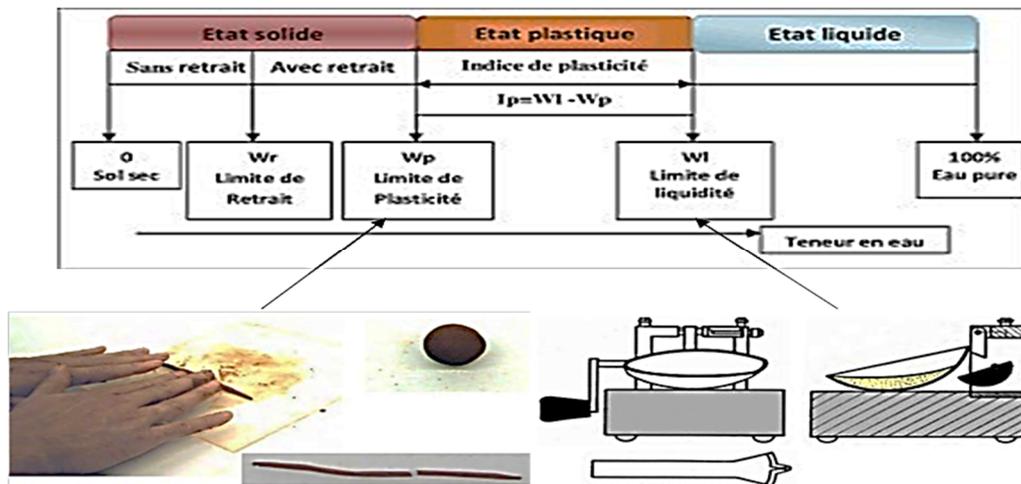


Figure IV.3 : Etats de consistance des sols

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

Déterminer la propreté d'un sable, d'un granulat et plus généralement d'un sol, et les différents types d'argiles qu'il contient (Figure IV.4).



Figure IV.4 : Essai au bleu de méthylène.

e) Essai Proctor :

L'essai PROCTOR est un essai routier, il consiste à étudier le comportement d'un sol sous l'influence de compactage et une teneur en eau, il a donc pour but de déterminer une teneur en eau afin d'obtenir une densité sèche maximale lors d'un compactage d'un sol prévu pour l'étude, cette teneur en eau ainsi obtenue est appelée « optimum PROCTOR » (Figure IV.5).

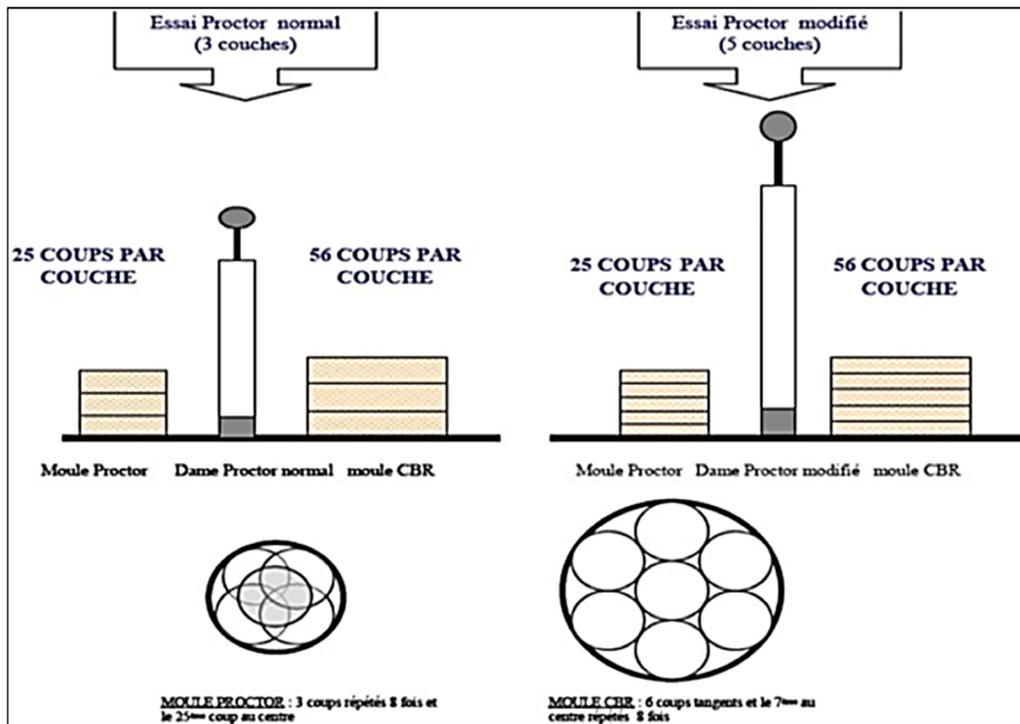


Figure IV.5 : Principe de l'essai Proctor normal et modifié

f) Essai C.B.R :

C'est un essai qui a pour but d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement, afin de pouvoir dimensionner le corps de chaussée et orienter les travaux de terrassements. L'essai consiste à soumettre des échantillons d'un même sol au poinçonnement, les Échantillons sont compactés dans des moules à la teneur en eau optimum (PROCTOR modifier) avec 3 énergies de compactage 55 c/c ; 25 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant 4 jours (Figure IV.6).

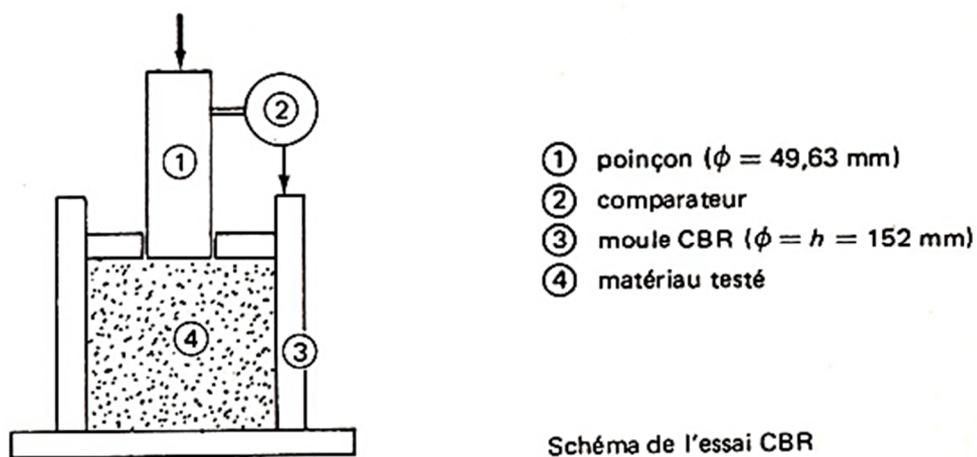


Figure IV.6 : Essai CBR.

g) Essai Los Angeles :

Cet essai a pour but de mesurer la résistance à la fragmentation par chocs des granulats utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements réciproques dans la machine « Los Angeles » (Figure IV.7).



Figure IV.7 : Essai Los Angeles.

h) Essai Micro Deval :

L'objectif de cet essai est d'apprécier la résistance à l'usure des granulats ; l'essai est réalisé en présence d'eau pour se rapprocher des conditions réelles de séjour des granulats dans les chaussées.

Il consiste à mesurer dans des conditions bien définies l'usure des granulats par frottements réciproques dans un cylindre en rotation. L'usure est mesurée par la quantité de fines produites (Figure IV.8).



Figure IV.8 : Essai Micro Deval.

IV.1.3. Condition d'utilisation des sols en remblais :

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

Les matériaux de remblais seront exempts de :

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

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

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 30cm d'épaisseur en moyenne avant le compactage. Une couche ne devra pas être mise en place et compactée avant que la couche précédente n'ait été réceptionnée après vérification de son compactage.

⌘ Remarque :

Les résultats des essais géotechniques pour notre projet figurent sur les annexes 1 ci-joint.

IV.2. DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE :

IV.2. 1. Introduction :

La qualité des travaux de voirie ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé et d'une bonne coupe longitudinale. En effet, une fois construite, la route devra résister aux agressions extérieures et aux surcharges (rôle des essieux des véhicules, notamment des poids lourds). Il y a aussi les gradients thermiques, la pluie, la neige, la glace, etc. Pour cela, il faut s'assurer non seulement de bonnes propriétés géométriques de la chaussée, mais aussi de bonnes propriétés mécaniques pour qu'elle puisse supporter toutes les charges durant tout son cycle de vie. Cette étude doit de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

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

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

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

IV.2.2. Définition de la chaussée :

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

IV.2.3. La constitution d'une chaussée :

Une chaussée est constituée de plusieurs couches mises en œuvre sur un sol terrassé appelé **sol support**. Le sol support est généralement surmonté d'une **couche de forme** (Figure IV.9).

Le corps de la chaussée proprement dit couches de forme, d'assise, de surface, de fondation de base, d'usure, de roulement, de liaison est constitué de deux types de couche, **les couches d'assises et la couche de surface**.

L'**assise** de la chaussée est généralement constituée de deux couches, **la couche de fondation** et, par-dessus, **la couche de base**. Ces couches, généralement constituées de matériaux liés, permettent à la chaussée de résister mécaniquement aux charges induites par le trafic.

Quant à **la couche de surface**, elle est constituée de la **couche de roulement** (ou **d'usure**) qui subit directement les agressions du trafic et du climat. Une couche dite de **liaison** est parfois intégrée entre la couche de roulement et la couche de base de l'assise.

Elle permet de spécialiser la couche de roulement au confort et à la sécurité des usagers. La **couche de roulement** et la **couche de liaison** constituent la **couche de surface** d'une chaussée.

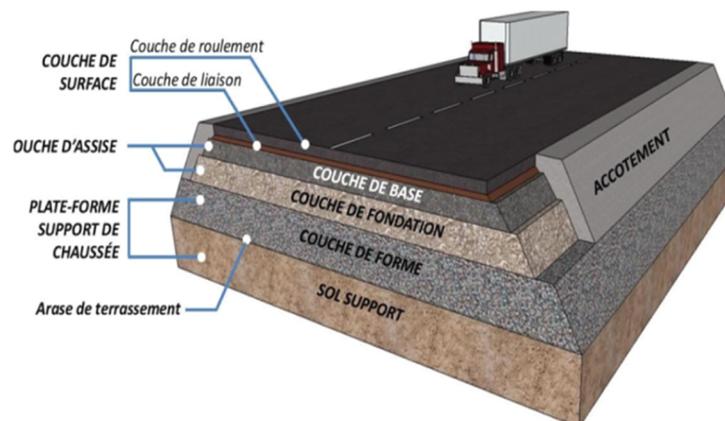


Figure IV.9 : Constitution d'une chaussée.

IV.2.4. Les différents types de chaussées :

Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, Il existe trois types de chaussée :

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

IV.2.4.1. Chaussée souple :

Les chaussées souples constituées par des couches superposées des matériaux non susceptibles de résistance notable à la traction, les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformables que les couches inférieures. Pour une assurance parfaite et un

Chapitre – IV –ETUDE GEOTECHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

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

La chaussée souple se compose généralement de 3 ou 4 couches différentes (Figure IV.10):

- Couche de roulement (de surface ou encore d'usure).
- Couche de base.
- Couche de fondation.
- Couche de forme.

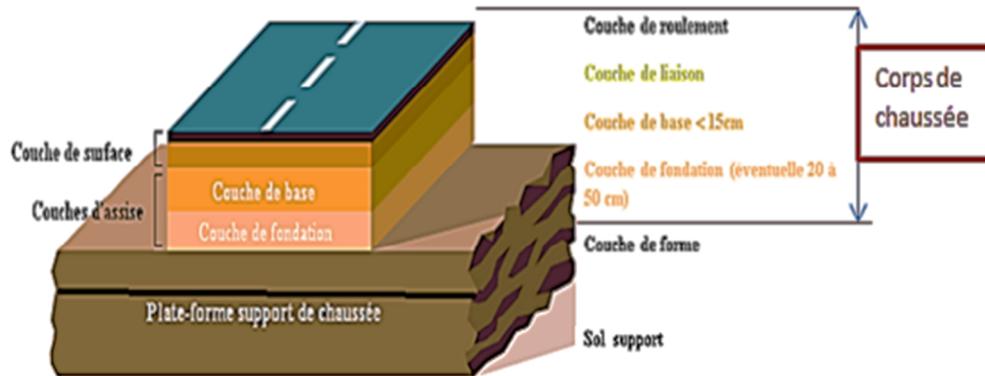


Figure IV.10: Chaussée souple

IV.2.4.2. Chaussée semi –rigide :

On distingue (Figure IV.11) :

➤ Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat...)

La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 cm. Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.

➤ Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

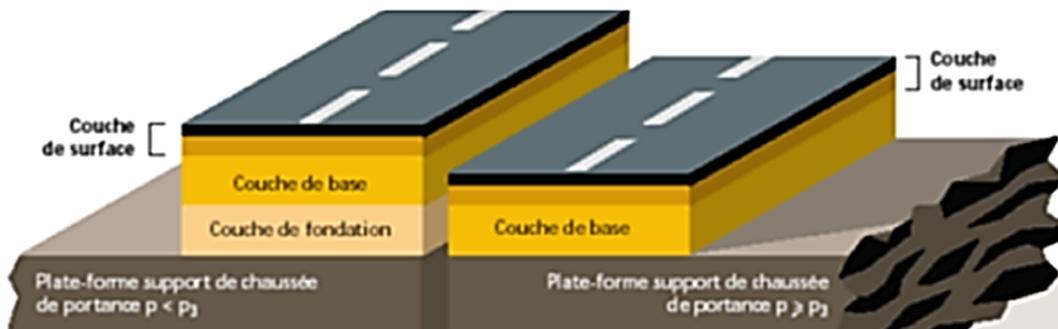


Figure IV.11 : Chaussée semi-rigide

IV.2.4.3. Chaussée rigide :

Elle est constituée d'une dalle de béton de ciment, éventuellement armée (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) reposant sur une couche de fondation qui peut être un grave stabilisé mécaniquement, une grave traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques, Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie (Figure IV.12).

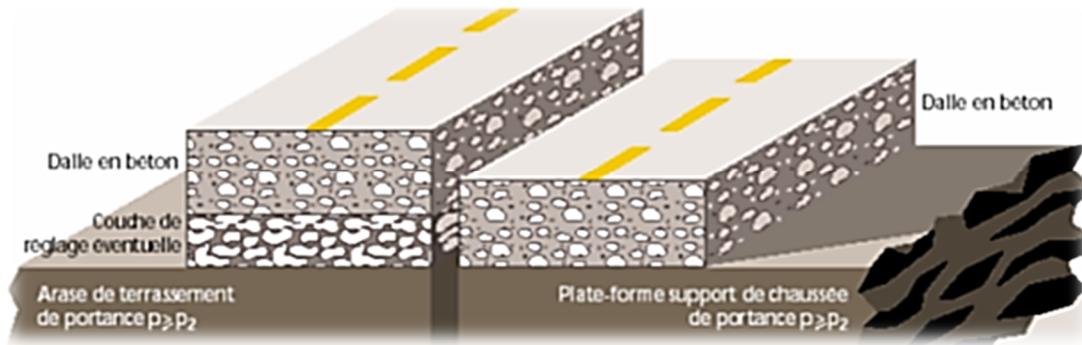


Figure IV.12 : Chaussée rigide

IV.3. Méthodes de dimensionnement :

IV.3.1. Les différents facteurs déterminants pour le dimensionnement de la chaussée :

Les différents paramètres intervenant dans le dimensionnement du corps de chaussée sont liés aux facteurs suivants :

- Trafic à supporter pendant une période prédéterminée ; appelée durée de service.
- Le climat et L'environnement.
- Portance du sol support le long du tracé.
- Les matériaux utilisés en revêtement, couche de base et en couche de fondation.

a. Trafic :

La connaissance du trafic et principalement du poids lourd, constitue un des éléments essentiels pour un bon dimensionnement de la structure de 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 « poids lourd » comprend tous les véhicules dont la charge utile est supérieure ou égale à cinq (5) tonnes.

b. Le climat et L'environnement :

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations. L'amplitude des variations de température et la température maximum interviennent dans le choix du liant hydrocarboné.

Les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support et donc sa portance ainsi que les possibilités de réemploi des matériaux de déblai en remblai.

c. Le sol support :

Les sols support sont, en général, classés selon leur portance, elle même fonction de l'indice CBR. Ce dernier est, en principe, mesuré à la teneur en eau d'équilibre à long terme du sol support. Le tableau IV.5 suivants donnent la classe de portance des sols :

Tableau IV.5 : Classe de portance des sols Si

Portance	CBR	Interprétation
S4	< 5	Très mauvaise portance
S3	5-10	Mauvaise portance
S2	10-25	Portance moyenne
S1	25-40	Bonne portance
S0	> 40	Très bonne portance

d. Les matériaux :

Les matériaux utilisés doivent être conformes aux exigences en fonction de la couche de chaussée concernée et du trafic de poids lourd (PL).

IV.3.2. Les principales méthodes 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. Pour cela on intéresser aux méthodes empiriques les plus utilisées.

Chapitre – IV –ETUDE GEOTECHNIQUE ET DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

⊗ *Remarque*_: la méthode C.B.R donne le corps de chaussée le plus économique et tout en sachant que cette méthode est la plus utilisée en Algérie donc on utilise dans notre projet la méthode C.B.R.

Dimensionnement par la méthode CBR (California-Bearing-Ratio) :

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

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

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

Où :

- e : épaisseur totale équivalente de la chaussée (cm);
- N : trafic cumulé.
- P : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).
- I_{CBR} : indice CBR (sol support) =14.
- Log : logarithme décimal ;

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$e = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

Avec :

$a_1 \times e_1$: couche de roulement

$a_2 \times e_2$: couche de base

$a_3 \times e_3$: couche de fondation

Où : a_1, a_2, a_3 : coefficients d'équivalence de chacun de matériau à utiliser.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches en cm.

Calcul du trafic cumulé :

Les classes de trafic considérées pour le dimensionnement des structures sont celles définies à partir du trafic cumulé pour la durée de vie (Tableau IV.2) :

$$T_c = 365 \times T_{pl} \times \frac{(1+i)^N - 1}{i} \times A$$

T_c : Trafic cumulé pour la durée de vie ;

T_{pl} : trafic de poids lourd de la voie de circulation considérée 3331pl/j/sens ;

N : Durée de vie en 5, 10, 20 ans ;

i : Taux de croissance annuel = 4% ;

A : coefficient d'agressivité : A = 0.6

A cours terme (N=05 ans) : T_c = 3951147,73PL/sens.

A moyen terme (N=10 ans) : $T_c = 8758323,08\text{PL/sens}$.

A long terme (N=20 ans) : $T_c = 21722780,8\text{PL/sens}$.

Tableau IV.2 : Epaisseurs totale de corps de chaussée en fonction du trafic

<i>Temps</i>	<i>Epaisseur équivalente</i>
<i>Cours terme (05ans)</i>	<i>53cm</i>
<i>Moyen terme (10ans)</i>	<i>55cm</i>
<i>Long terme (20ans)</i>	<i>58cm</i>

Tableau IV.3 : Coefficients d'équivalence de matériaux

Matériaux utilisés	Coefficients d'équivalence (ai)
Béton bitumineux (BB)	2
Grave bitume (GB)	1.6 à 1.7
Grave ciment (GC)	1.5
Grave concassée ou gravier	1
Grave roulée – grave sableuse	0.75
Sable ciment	1 à 1.2
Sable	0.5
Tuf	0.8 à 0.9

Calcul de dimensionnement à long terme (n=20ans) :

On aura une épaisseur équivalente de **58cm**

Tableau IV.4 : Correspondance des épaisseurs

Type de couche	Nature du Matériau	Epaisseur Equivalente (cm)	Coefficient D'équivalence	Epaisseur Réelle (Cm)
Couche de Roulement	Enrobé à chaud BB0/14	16	2.0	08
Couche de Base	Grave Bitume GB0/20	21	1.5	14
Couche de Fondation	Grave non Traitée GNT0/31.5	20	1.00	20
Total	/	57	/	42

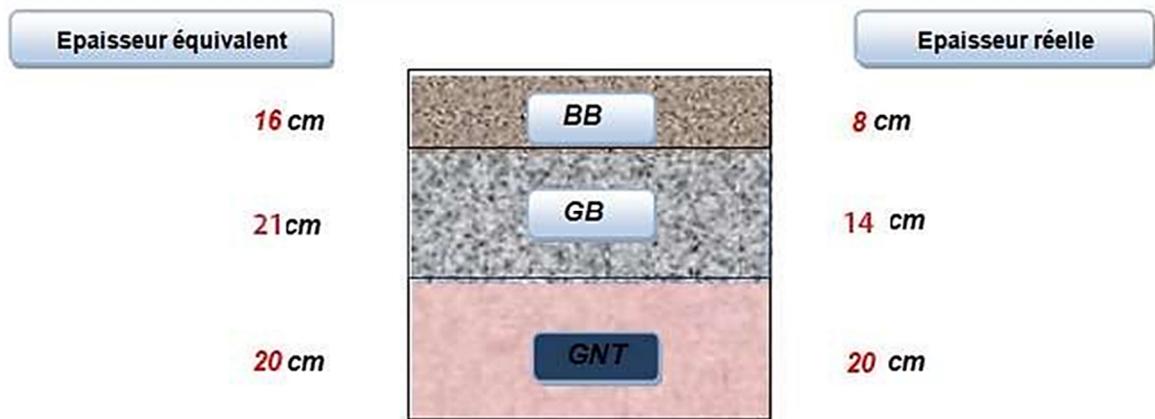


Figure IV.13 : Structure de la chaussée

CHAPITRE V

CALCUL DE CUBATURES

CHPITRE V : CALCUL DE CUBATURES

V.1 Introduction :

La construction d'ouvrages routiers nécessite toujours des modifications de la topographie naturelle sur laquelle se trouve l'ouvrage. Pour les chaussées, cela est très sensible tant en longueur qu'en coupe. Pour effectuer ces méthodes, le volume du sol se doit également être déterminé. Situé entre le tracé du projet et le tracé en terrain naturel. Changer la forme d'un terrain naturel implique deux actions, la première consiste à ajouter de la terre (remblai) et la seconde à enlever de la terre (déblai).

Le calcul du volume de déblai et de remblai est appelé « les cubatures de terrassement ».

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

V.2. Méthodes de calcul de cubatures :

Pour calculer un volume, il y a plusieurs méthodes parmi lesquelles il y a celle de la moyenne des aires que nous utilisons et qui est une méthode très simple mais elle présente un inconvénient c'est de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par le coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité.

V.2.1. Méthode de la moyenne des aires :

Elle consiste a calculé séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule des trois niveaux ou formule au prismatoïde. Le volume V compris entre S1 et S2 est égale à (Figure V.1) :

$$V = \frac{H}{6}(S_1 + S_2 + 4S_0)$$

Avec :

H : hauteur entre deux profils.

S₀ : surface limitée à mi- distances des profils.

S₁, S₂ : surfaces des deux profils.

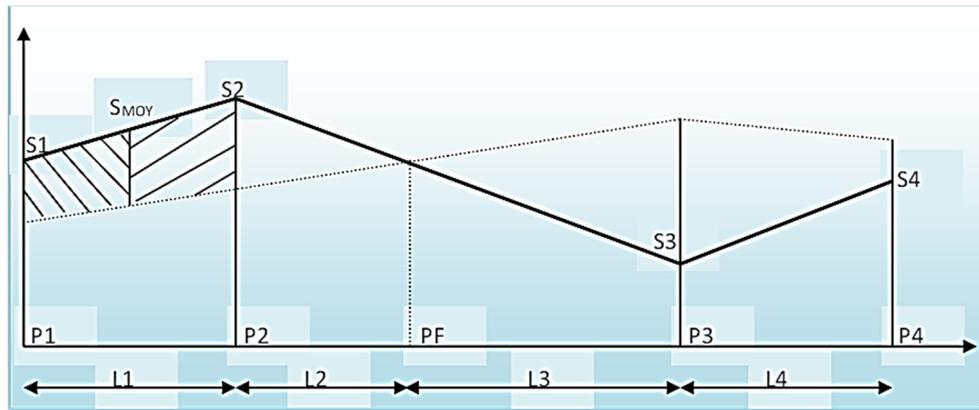


Figure V.1 : Profil adopté pour tracé en long.

P_F : Profil fictive, surface nulle.

S_i : Surface de profil en travers P_i .

L_i : Distance entre ces deux profils.

S_{MOY} : surface moyenne.

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

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

Pour éviter les calculs, on simplifie cette formule en considérant que : $S_{moy} = \frac{(S_1 + S_2)}{2}$

Ce qui donne :

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

Entre P_1 et P_2 : \longrightarrow $V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

Entre P_2 et P_f : \longrightarrow $V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0)$

Entre P_f et P_3 : \longrightarrow $V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)$

Entre P_3 et P_4 : \longrightarrow $V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)$

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

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

V.2.2. Méthode classique :

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

V.2.2.1. 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 (Figure V.2).

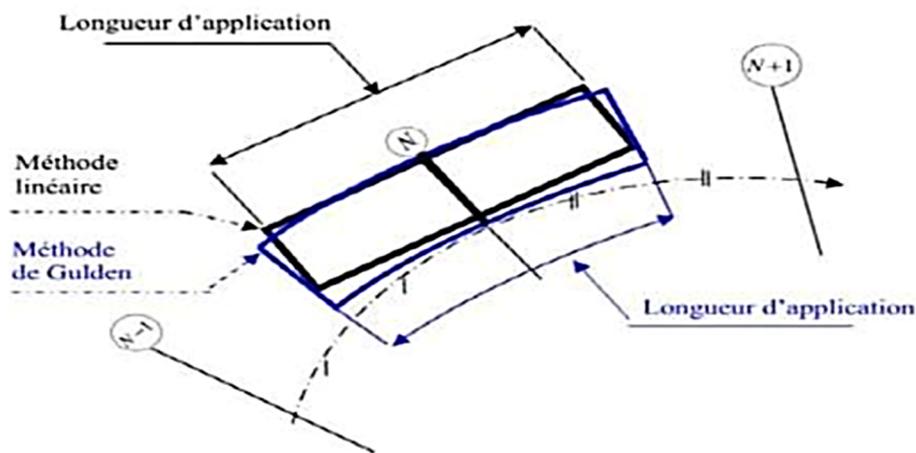


Figure V.2: Méthode de Gulden.

V.2.2.2. 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.

V.3 Application au projet :

Le calcul a été effectué à l'aide de logiciel Autopiste (Voir détails de calcul en annexe 2).

Décapage (m ³)	Déblai (m ³)	Remblai (m ³)
35422.38	14942	74118

Tableau V.1 : Tableau récapitulatif AXE1.

Décapage (m ³)	Déblai (m ³)	Remblai (m ³)
29712.41	25122	43363

TableauV.2 : Tableau récapitulatif AXE2.

V. 4. Implantation de l'axe :

Le piquetage est une opération topographique dont le but est de déterminer la position exacte de tout point par ses coordonnées et son altitude, celle-ci s'effectue sur le terrain à l'aide d'un théodolite à partir des coordonnées rectangulaires déjà calculées lors des études pour matérialiser sur le terrain, les repères nécessaires à la réalisation de la route (angles, distances).

L'implantation du projet s'appuie sur le canevas de base qui a servi au levé du terrain il est utile de matérialiser donc solidement les piquets de stations qui doivent être aménagés contre la disposition et la distraction.

L'implantation est donc le report du projet étudié sur le terrain naturel pour le réaliser. Pour implanter un alignement droit, deux points principaux suffisants entre lesquels il est facile de mettre des points intermédiaires.

Pour implanter une courbe, on aura besoin d'un certain nombre de points (points de tangences, points d'intersection et le rayonnement). Pour implanter une courbe, il existe plusieurs méthodes :

- Par abscisse ordonnée sur une tangente.
- Par abscisse ordonnée sur la corde.

N.B : L'implantation de l'axe a été effectuée à l'aide du logiciel Autopiste (Voir Annexe 3)

CHAPITRE VI

OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT

CHAPITRE VI : OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT**VI.1. Introduction :**

L'assainissement routier est l'une des composantes essentielles de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires. L'eau est la première ennemie de la route car elle pose des problèmes d'ordres multiples et complexes. Pour cela nous essayerons de répondre à ces problèmes afin de garantir, Son évacuation rapide sur la couche des chaussées et assurer la sécurité des usagers et la durabilité du corps de chaussée.

Les types de dégradation provoquée par l'eau sont :

a) Pour les chaussées :

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

b) Pour les talus :

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

Les études hydrauliques et hydrologiques permettent d'inventorier l'existence des oueds et d'une manière générale l'écoulement d'eau en surface. Afin de dimensionner adéquatement des ouvrages courants (ponceaux ou dalots et buses).

VI.1.2. Objectif d'assainissement :

L'assainissement des chaussées routières doit remplir les objectifs suivants :

– Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée.

– Le maintien de bonne condition de viabilité.

– Réduction du coût d'entretien.

– Eviter les problèmes d'érosions.

– Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de chaussée. (Danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).

– Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).

VI.1.3. Ouvrages d'assainissement de la chaussée :

L'emprise de la voie express doit être assainie et ce conformément aux normes du B40 du Ministère de l'Équipement.

Des ouvrages d'assainissement ont été projetés dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de l'autoroute dans les meilleures conditions possibles et avec un moindre coût.

– **Fossé de pied du talus de déblai :**

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires.

Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale. Ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %.

– **Fossé de crête de déblai :**

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

– **Fossé de pied de talus de remblai :**

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

– **Drain :**

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainante longeant l'autoroute. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements. Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet.

– **Descentes d'eau :**

Dans les sections d'autoroute en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau.

Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1 %, leur espacement est varié entre 30m et 40m.

VI.1.4. Définition des termes hydrauliques :

• **Bassin versant :**

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

• **Collecteur principal (canalisation) :**

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

- **Chambre de visite (cheminée) :**

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage.

Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent. Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m.

- **Sacs :**

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

- **Fossés de crêtes :**

C'est un outil construit afin de prévenir l'érosion du terrain au cours des pluies.

- **Décente d'eau :**

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

- **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.

VI.1.5. Ouvrages d'évacuation :

Rejeter les eaux hors de la plate-forme chaque Le choix des ouvrages d'évacuation des eaux superficielles doit s'appuyer sur les deux principes de base suivante :

c) L'utilisation d'ouvrage superficiel dont les coûts d'investissement et d'entretiens est plus faible que ceux des ouvrages enterrés.

Fois que cela est possible, afin de diminuer les déblais de transit.

VI.2. Dimensionnement des ouvrages d'assainissement :

La méthode de dimensionnement consiste à choisir un ouvrage, sa pente puis à vérifier sa capacité à évacuer le débit d'apport, et pour cela on utilise la formule Suivante :

$$Q_a = Q_s$$

Q_a : Débit d'apport provenant du bassin versant (m^3/s).

Q_s : Débit d'écoulement au point de saturation (m^3/s).

VI.2.1. Dimensionnement des fossés :

Le profil en travers du fossé choisit est de type trapézoïdal, compte tenu de sa forme facilement réalisable mais également son coût très supportable. Il est à noter que les fossés sont latéraux (Figure VI.1).

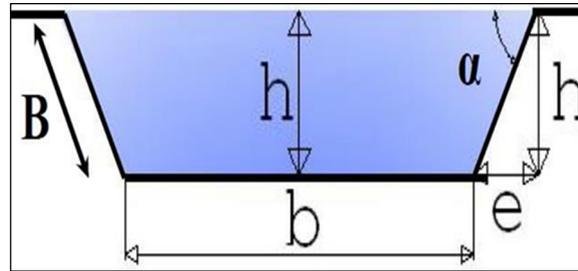


Figure VI.1: Profil en travers d'un fossé

– Calcul de la surface mouillée :

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

$$\tan \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \text{ d'où } e = n \times h$$

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

$$S_m = h \times (b + n \times h)$$

– Calcul du périmètre mouillé :

$$P_m = b + 2B$$

Avec

$$B = \sqrt{h^2 + e^2} = \sqrt{h^2 + n^2 \times h^2} = h \times \sqrt{1 + n^2}$$

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

VI.2.2. Dimensionnement des ouvrages traversés :

On appelle ouvrages hydrauliques traversés, toute construction dans le remblai pour permettre à l'eau de passer d'un côté à l'autre de la route. Dans le cadre de cette étude ces ouvrages se composent essentiellement, des ouvrages busés. Et leurs dimensions (diamètres) sont obtenues en s'écrivant : $Q_a = Q_s$

$$\text{Avec : } Q_a = C.I.A$$

I : l'intensité

A : superficie (Air) du bassin versant

C : coefficient de ruissellement

$$K.I.C.A = K_{st}.I^{1/2}.S_m.R_h^{2/3}$$

K_{st} : coefficient de rugosité de canalisation

I : Pente de canalisation (m/m)

R_h : Rayon hydraulique ($R_h = S_m / P_m$)

S_m : section transversale de l'écoulement (section mouillée)

VI.2.3. Ouvrages hydrauliques proposés :

Le tracé existant, traverse des Chaabas, des Gueltas ainsi que des Oueds. Les divers ouvrages rencontrés sont représentés sur le tableau VI.1 ci-dessous :

Tableau VI.1 : Emplacement des ouvrages proposés.

Endroit des ouvrages (PK)	Type d'ouvrage
PK 256+050	Ouvrage busé
PK 256+650	Ouvrage busé
PK 257+300	Ouvrage busé
PK 257+700	Ouvrage busé
PK 258+500	Ouvrage busé
PK 259+200	Ouvrage busé
PK 259+700	Ouvrage busé
PK 260+800	Ouvrage busé
PK 261+400	Ouvrage busé
PK 261+600	Ouvrage busé
PK 261+900	Ouvrage busé

CHAPITRE VII :

SIGNALISATION

CHAPITRE VII : SIGNALISATION

VII.1. Introduction :

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

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

VII.2. Objectifs de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour rôle :

- De rendre plus sûre et plus facile la circulation routière.
- De rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- D'indiquer et de rappeler les diverses prescriptions particulières.
- De donner des informations relatives à l'usager de la route.

VII.3. Règles à respecter de la signalisation routière :

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

Suivantes :

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

l'usager.

VII.4. Catégories de signalisation :

On distingue :

- La signalisation par panneaux.
- La signalisation par feux.
- La signalisation par marquage des chaussées.
- La signalisation par balisage.
- La signalisation par bornage.

VII.5. Types de signalisation :

VII.5.1 Signalisation verticale :

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

Elles peuvent être classées dans quatre classes :

a) Signaux de danger :

Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée) (Figure VII.1).

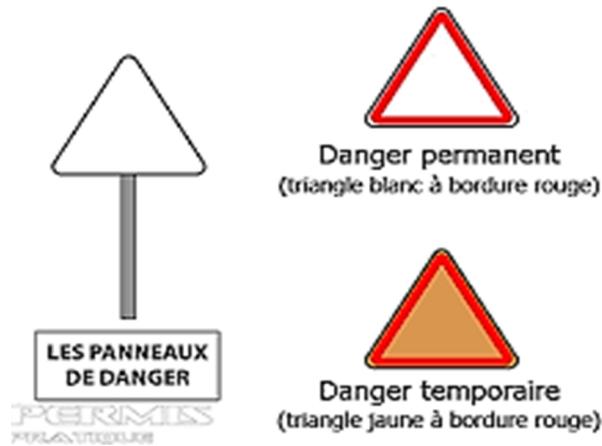


Figure VII.1 : Les signaux de danger

b) Signaux comportant une prescription absolue :

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

a) L'interdiction.



Figure VII.2: Plaque d'interdiction

b) L'obligation.

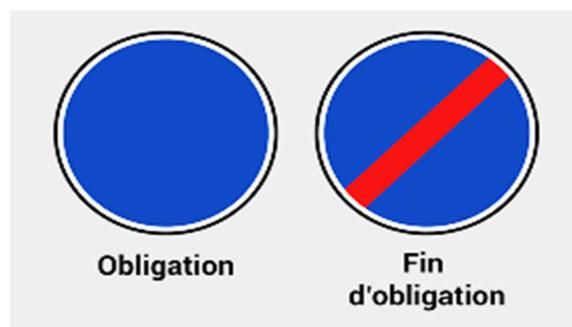


Figure VII.3: Plaque d'obligation.

c) Signaux à simple indication :

Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche (Figure VII.4) :

- Signaux d'indication.
- Signaux de direction

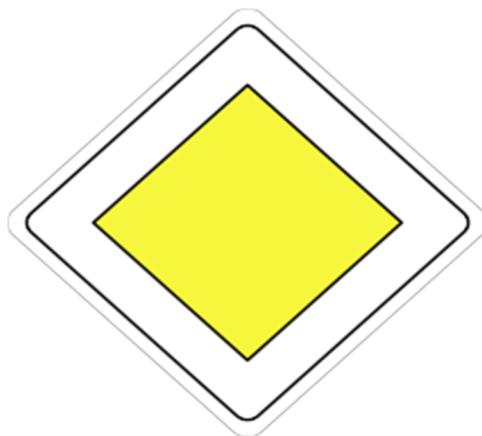


Figure VII.4 : Signaux d'indication (route prioritaire)

d) Signaux de direction :

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75° (Figure VII.5).



Figure VII.5 : Signaux de direction

VII.5.2. Signalisation horizontale :

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation. Elle se divise en trois types :

- **Marquage longitudinal :**
 - **Ligne continue :**

Infranchissable, dépassement et changement de voie interdits. Il est également interdit de la traverser perpendiculairement (Figure VII.6).



Figure VII.6: Ligne continue

- **Lignes discontinue :**

Trait 3m, intervalle 10m dépassement et changement de voie autorisés (Figure VII.7).



Figure VII.7 : Ligne discontinue

- **Lignes mixtes :**

Sont des lignes continues doublées par des lignes discontinues du type T1 dans le cas général (Figure VII.8).



Figure VII.8: Lignes mixtes

- **Marquage transversal :**
- **Lignes transversales continues :**

Éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient marquer un temps d'arrêt.

- **Lignes transversales discontinues :**

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

- **Autre marquage :**
- **Flèche de rabattement :**

Une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

- **Flèches de sélection :**

Flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée (Figure VII.9).

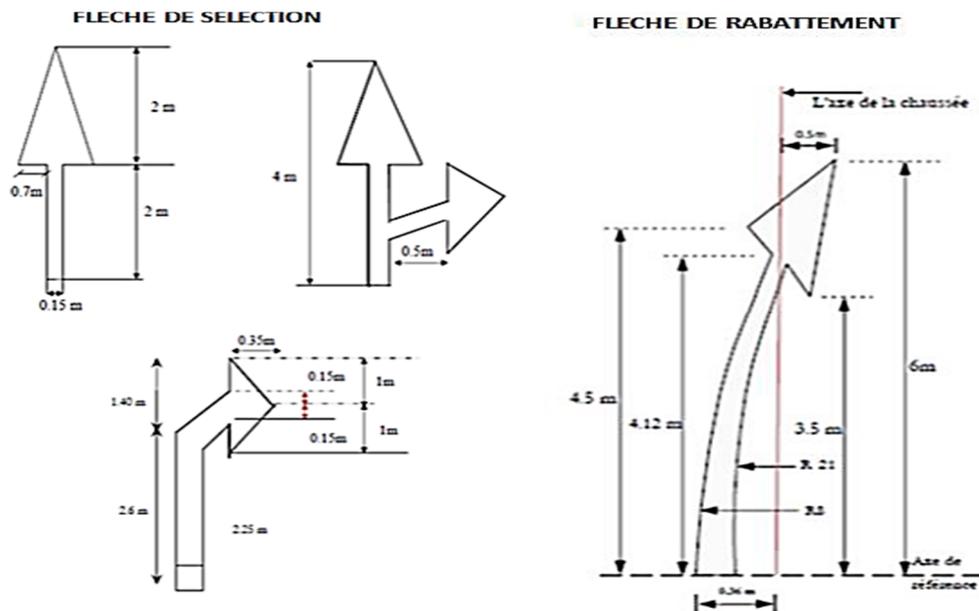


Figure VII.9: Autre marquage

VII.6. La largeur des lignes :

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route :

$U = 7.5\text{cm}$ sur autoroutes et voies rapides urbaines.

$U = 6\text{cm}$ sur les routes et voies urbaines.

$U = 5\text{cm}$ sur les autres routes.

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N ^o	DESIGNATION DES OUVRAGES	U	QUANTITE MARCHE	PRIX UNITAIRE	MONTANT
1	Terrassement				
1-01	Décapage de la terre végétale	M³	65134.79	300.00	19540437.00
1-02	Déblai en terrain meuble mise dépôt y compris transport à la décharge	M³	40064	300.00	12019200.00
1-03	Remblais en matériaux sélectionnée	M³	117481	400.00	46992400.00
2	Chaussées				
2-01	Couche de fondation en GNT 0/31,5 sur ép. :20 cm	M³	15200	1200.00	18240000.00
2-02	Couche d'imprégnation en Cut-back 0/1	M²	72000	60.00	4320000.00
2-03	Couche de base en grave bitume 0/14	T	24696	6200.00	153115200.00
2-04	Revêtement en béton bitumineux 0/08	T	5600	6500.00	36400000.00
2-05	Rechargement des accotements en GNT	M³	8400	1 500.00	12600000.00
3	Assainissement				
3-01	Fosse Bétonnes	ML	3500	2000.00	7000000.00
3-02	Réalisation des Ouvrages busés Ø1000 Y/C ouverture de tranchée. Chappe en béton légèrement arme têtes d'ouvrage et toutes sujétion de bonne exécution	U	11	50000.00	550000.00
3-03	Réalisation des séparateurs en béton Et toutes sujétion de bonne exécution	ML	10000	6000.00	60000000.00
4	Signalisation	F	1%		3707772
TOTAL HT					374485009
TVA 19%					71152152
TOTAL TTC					445637161

Arrête Le Présent Devis A La Somme De : quatre cent quarante–cinq millions six cent trente-sept mille cent soixante-et-un Dinar

CONCLUSION :

GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Tout au long de notre étude nous avons appliqué rigoureusement toutes les normes directives ainsi que les recommandations liées au domaine routier afin de faire face aux contraintes rencontrées sur le terrain, d'assurer le maximum de confort, de sécurité aux usagers qui emprunteront cette route, Cette étude est considérée pour nous comme une première expérience de projet réel à réaliser. C'est aussi l'occasion pour nous d'avoir une idée sur les projets du domaine des travaux publics en général et les projets routiers en particulier.

Ce projet de fin d'étude nous a permis de mettre en applications les connaissances théoriques acquises durant notre cursus universitaire grâce auxquelles nous avons pu faire face aux multiples problèmes rencontrés au cours de la réalisation de ce mémoire.

Cette expérience a été une opportunité pour nous d'approfondir nos connaissances dans le domaine des travaux publics et nous a permis d'enrichir notre savoir-faire en côtoyant les personnes du métier. Elle nous a également permis de mieux maîtriser l'outil informatique notamment les logiciels : Autopiste, Covadis et Autocad.

Enfin nous espérons que ce modeste travail sera un guide précieux pour les futures promotions.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuve, CTPP Fascicule 1, 2, 3, novembre 2001.
- B40 : (normes techniques d'aménagement des routes en Algérie », octobre 1977 par direction des études générales et de la réglementation technique
- Cours géotechnique routière (LOUALBIA HAMZA).
- Mémoire fin d'étude (CHADLI AHMED-REDHA 2020).
- Etude géotechnique (LTPS ANTENNE).

Sites internet utilisés :

- www.4geniecivil.com
- www.geniecivilpdf.com

Logiciels utilisés :

- Autocad2007.
- Covadis 10.1.
- Google Earth pro.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Etude géotechnique

DESCRIPTION GEOTECHNIQUE DU SOL SUPPORT

Numéro Du puits	Désignation	PK	Nature du Sol support	Profondeur Du puits (cm)
N° 01	P01	243+000	Sable limoneux	60 - 90
N° 02	P02	244+000	Sable graveleux	50 - 80
N° 03	P03	245+000	Grave sablo caillouteux	50 - 80
N° 04	P04	246+000	Sable limoneux graveleux	80 - 100
N° 05	P05	247+000	Sable graveleux limoneux	50 - 90
N° 06	P06	248+000	Grave limoneux sableux	80 - 100
N° 07	P07	249+000	Grave caillouteux sableux	70 - 110
N° 08	P08	250+000	Sable limoneux	50 - 90
N° 09	P09	251+000	Sable limoneux graveleux	60 - 70
N° 10	P10	252+000	Sable limoneux graveleux	70 - 80
N° 11	P11	253+000	Sable graveleux limoneux	60 - 90
N° 12	P12	254+000	Sable graveleux limoneux	50 - 70
N° 13	P13	255+000	Sable limoneux graveleux	80 - 110
N° 14	P14	256+000	Sable graveleux limoneux	60 - 100
N° 15	P15	257+000	Sable graveleux limoneux	70 - 100
N° 16	P16	258+000	Limon sableux graveleux	60 - 80
N° 17	P17	259+000	Sable graveleux limoneux	80 - 120
N° 18	P18	260+000	Grave sableuse	80 - 110
N° 19	P19	261+000	Limon sableux graveleux	70 - 80
N° 20	P20	262+000	Limon sableux graveleux	40 - 70
N° 21	P21	263+000	Limon sableux graveleux	80 - 110
N° 22	P22	264+000	Limon Graveleux sableux	60 - 80
N° 23	P23	265+000	Sable limoneux graveleux	70 - 80
N° 24	P24	266+000	Limon sableux graveleux	80 - 100
N° 25	P25	267+000	Grave sablo limoneux	70 - 90

Puits	Les essais d'identification										
	Analyse granulométrique (%)							Limites d'Atterberg			ES (%)
	<31.5 mm	< 10 mm	< 02 mm	< 01 mm	< 0.4 mm	< 0.2 mm	< 0.08 mm	LL (%)	LP (%)	IP (%)	
N°01	100	100	98	94	84	65	48	37.94	19.24	18.70	23.12
N°02	100	98	90	87	78	56	45	35.12	17.43	17.59	09.65
N°03	73	60	41	35	30	22	16	23.45	15.08	08.37	29.62
N°04	93	89	78	74	76	64	60	36.34	17.03	19.31	14.53
N°05	68	60	47	43	40	31	26	34.74	20.04	14.70	19.45
N°06	72	58	48	46	44	42	38	34.61	16.45	18.16	14.74
N°07	73	60	40	34	30	22	16	31.54	22.40	09.14	26.33
N°08	100	100	98	95	86	46	22	34.11	16.20	19.91	13.88
N°09	100	98	94	86	78	48	38	36.99	22.67	14.32	09.67
N°10	96	95	92	85	76	47	28	35.91	16.97	18.94	17.44
N°11	82	60	41	35	30	22	16	30.88	21.76	09.12	22.84
N°12	96	90	77	68	57	32	16	38.80	18.46	20.34	14.69
N°13	100	100	94	91	90	43	20	39.34	25.62	13.72	11.23
N°14	94	87	76	70	66	33	15	22.58	10.35	12.43	18.04
N°15	100	94	86	80	68	40	23	41.67	26.72	14.95	16.83
N°16	98	86	72	69	65	50	44	28.47	13.46	15.01	08.34
N°17	94	84	70	63	56	40	28	31.58	16.19	15.39	17.56
N°18	86	72	58	54	50	43	38	30.43	21.50	08.93	26.29
N°19	100	90	81	78	71	53	42	45.69	28.91	16.78	15.46
N°20	99	95	85	80	75	62	54	48.53	23.22	25.31	10.43
N°21	100	92	84	80	76	58	50	34.43	21.74	12.69	12.66
N°22	95	86	77	74	70	66	62	47.73	24.87	22.86	10.88
N°23	96	92	75	68	61	46	38	41.72	26.01	15.71	18.94
N°24	98	94	84	81	76	64	58	44.67	22.23	22.44	16.40
N°25	78	62	57	50	46	26	22	39.69	25.72	13.97	21.73

Puits		Les essais mécaniques des puits d'axe				
		Caractéristiques Proctor		Indice CBR Imbibé (4Jours)	Classe de portance	Classification selon NFP 11- 300
		Teneur en eau optimale (%)	Densité sèche maximale (t/m ³)			
N°01	P01	08.30	1.94	13.27	S2	A2
N°02	P02	09.40	1.96	14.98	S2	A2
N°03	P03	10.80	1.88	14.67	S2	C2A2
N°04	P04	10.20	2.07	13.34	S2	A2
N°05	P05	08.70	1.99	13.15	S2	C2A2
N°06	P06	07.30	2.01	14.65	S2	C2A2
N°07	P07	06.20	2.15	13.50	S2	C2A2
N°08	P08	08.80	1.97	17.21	S2	B6
N°09	P09	07.40	1.98	21.02	S2	A2
N°10	P10	09.40	1.99	15.82	S2	B6
N°11	P11	10.30	1.95	13.97	S2	B6
N°12	P12	08.90	1.93	17.15	S2	B6
N°13	P13	06.30	1.90	12.68	S2	B6
N°14	P14	7.70	1.95	16.33	S2	B6
N°15	P15	09.60	1.99	19.20	S2	B6
N°16	P16	08.50	1.98	15.64	S2	A1
N°17	P17	08.60	1.92	07.07	S3	B6
N°18	P18	09.02	1.94	12.43	S2	C2A2
N°19	P19	08.40	1.98	14.43	S2	A2
N°20	P20	9.30	1.95	11.37	S2	A2
N°21	P21	09.80	1.90	11.65	S2	A2
N°22	P22	7.90	1.92	13.06	S2	A2
N°23	P23	10.20	2.00	11.79	S2	A2
N°24	P24	09.60	1.98	12.78	S2	A2
N°25	P25	10.30	1.94	12.72	S2	C2A2

Les essais chimiques				
Echantillon		Caractéristiques		
		Insolubles (%) NP15- 461	Sulfates (%) BS1377	Carbonates (%) NFPI5- 461
N°01	P01	42	0.45	56
N°02	P02	51	Néant	44
N°03	P03	55	Néant	40
N°04	P04	61	1.56	33
N°05	P05	65	Néant	29
N°06	P06	63	Néant	32
N°07	P07	45	Néant	49
N°08	P08	51	Néant	42

N°09	P09	48	Néant	48
N°10	P10	45	Néant	51
N°11	P11	67	0.42	28
N°12	P12	42	Néant	51
N°13	P13	48	Néant	47
N°14	P14	33	Néant	62
N°15	P15	46	Néant	47
N°16	P16	58	Néant	35
N°17	P17	71	Néant	25
N°18	P18	67	Néant	24
N°19	P19	44	Néant	47
N°20	P20	33	Néant	62
N°21	P21	48	Néant	45
N°22	P22	63	Néant	40
N°23	P23	56	1.77	41
N°24	P24	69	Néant	26
N°25	P25	71	Néant	22

ANNEXE 2 : Cubatures Déblai Remblai

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P.1	0.000	20.00	6.71	1.20	134.100	24.018	134	24
P.2	40.000	40.00	0.00	14.36	0.000	574.286	134	598
P.3	80.000	40.00	4.36	3.97	174.207	158.667	308	757
P.4	120.000	40.00	1.99	2.18	79.616	87.038	388	844
P.5	160.000	40.00	11.65	0.86	465.860	34.592	854	879
P.6	200.000	40.00	0.00	6.96	0.000	278.306	854	1157
P.7	240.000	40.00	0.00	8.42	0.000	336.995	854	1494
P.8	280.000	40.00	0.55	5.14	21.816	205.785	876	1700
P.9	320.000	40.00	3.53	1.45	141.275	57.971	1017	1758
P.10	360.000	40.00	10.81	0.07	432.352	2.738	1449	1760
P.11	400.000	40.00	19.63	0.01	785.271	0.462	2234	1761
P.12	440.000	40.00	14.18	0.01	567.351	0.420	2802	1761
P.13	480.000	40.00	13.92	0.01	556.775	0.415	3359	1762
P.14	520.000	40.00	7.91	0.56	316.583	22.524	3675	1784
P.15	560.000	40.00	2.04	3.31	81.495	132.559	3757	1917
P.16	600.000	40.00	0.05	5.26	2.096	210.490	3759	2127
P.17	640.000	40.00	0.00	13.57	0.000	542.781	3759	2670
P.18	680.000	40.00	0.00	22.35	0.000	893.867	3759	3564
P.19	720.000	40.00	0.00	29.94	0.000	1197.674	3759	4762
P.20	760.000	40.00	0.00	32.54	0.000	1301.646	3759	6063
P.21	800.000	40.00	1.06	19.10	42.376	763.957	3801	6827
P.22	840.000	40.00	0.00	34.98	0.000	1399.013	3801	8226
P.23	880.000	40.00	0.00	45.05	0.000	1802.172	3801	10028
P.24	920.000	40.00	0.00	48.41	0.000	1936.507	3801	11965
P.25	960.000	40.00	0.00	49.08	0.000	1963.331	3801	13928
P.26	1000.000	40.00	0.00	51.16	0.000	2046.497	3801	15975
P.27	1040.000	40.00	0.00	49.08	0.000	1963.158	3801	17938
P.28	1080.000	40.00	0.00	43.05	0.000	1721.986	3801	19660
P.29	1120.000	40.00	0.00	43.64	0.000	1745.767	3801	21406
P.30	1160.000	40.00	0.00	56.14	0.000	2245.677	3801	23651
P.31	1200.000	40.00	0.00	55.10	0.000	2203.867	3801	25855
P.32	1240.000	40.00	0.00	67.75	0.000	2709.848	3801	28565
P.33	1280.000	40.00	0.00	73.04	0.000	2921.548	3801	31487
P.34	1320.000	40.00	0.00	64.01	0.000	2560.223	3801	34047
P.35	1360.000	40.00	0.00	54.22	0.000	2168.679	3801	36215
P.36	1400.000	40.00	0.00	51.62	0.000	2064.686	3801	38280
P.37	1440.000	40.00	0.00	48.17	0.000	1926.773	3801	40207
P.38	1480.000	40.00	0.00	49.55	0.000	1982.096	3801	42189
P.39	1520.000	40.00	0.00	46.48	0.000	1859.389	3801	44048
P.40	1560.000	40.00	0.00	44.58	0.000	1783.342	3801	45832
P.41	1600.000	40.00	0.00	48.45	0.000	1938.184	3801	47770
P.42	1640.000	40.00	0.00	31.52	0.000	1260.626	3801	49031
P.43	1680.000	40.00	3.01	16.29	120.597	651.796	3922	49682
P.44	1720.000	40.00	0.00	35.49	0.000	1419.542	3922	51102
P.45	1760.000	40.00	0.00	66.11	0.000	2644.325	3922	53746
P.46	1800.000	40.00	0.00	51.44	0.000	2057.514	3922	55804
P.47	1840.000	40.00	0.00	43.87	0.000	1754.980	3922	57559
P.48	1880.000	40.00	0.00	42.40	0.000	1695.940	3922	59255
P.49	1920.000	40.00	0.00	44.41	0.000	1776.578	3922	61031
P.50	1960.000	40.00	0.00	42.98	0.000	1719.365	3922	62751
P.51	2000.000	40.00	0.00	26.44	0.000	1057.559	3922	63808
P.52	2040.000	40.00	2.48	8.38	99.135	335.087	4021	64143
P.53	2080.000	40.00	9.85	5.84	393.811	233.644	4415	64377
P.54	2120.000	40.00	16.70	4.81	667.851	192.280	5083	64569
P.55	2160.000	40.00	26.79	2.26	1071.760	90.227	6154	64659
P.56	2200.000	40.00	48.89	0.01	1955.745	0.389	8110	64660
P.57	2240.000	40.00	73.56	0.01	2942.437	0.390	11053	64660
P.58	2280.000	40.00	53.46	0.01	2136.795	0.393	13189	64661
P.59	2320.000	40.00	27.21	0.01	1086.464	0.383	14276	64661

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P.60	2360.000	40.00	6.77	6.72	269.972	270.349	14546	64931
P.61	2400.000	40.00	0.00	23.60	0.000	946.493	14546	65878
P.62	2440.000	40.00	0.00	52.15	0.000	2086.834	14546	67965
P.63	2480.000	40.00	0.00	54.45	0.000	2181.255	14546	70146
P.64	2520.000	40.00	0.00	47.38	0.000	1895.103	14546	72041
P.65	2560.000	40.00	0.00	33.91	0.000	1356.372	14546	73397
P.66	2600.000	40.00	0.00	15.79	0.000	631.718	14546	74029
P.67	2640.000	40.00	3.24	2.10	129.793	83.847	14676	74113
P.68	2680.000	21.79	11.34	0.20	247.134	4.362	14923	74117
P.69	2683.573	1.79	10.97	0.25	19.598	0.443	14942	74118

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P.1	0.000	20.00	12.22	0.10	244.418	1.935	244	2
P.2	40.000	40.00	9.83	0.34	393.384	13.776	638	16
P.3	80.000	40.00	0.00	7.15	0.000	285.814	638	302
P.4	120.000	40.00	0.00	18.52	0.000	740.763	638	1042
P.5	160.000	40.00	0.00	23.64	0.000	945.481	638	1988
P.6	200.000	40.00	0.00	27.16	0.000	1086.580	638	3074
P.7	240.000	40.00	0.00	32.54	0.000	1301.625	638	4376
P.8	280.000	40.00	0.00	29.50	0.000	1180.017	638	5556
P.9	320.000	40.00	0.00	23.35	0.000	933.953	638	6490
P.10	360.000	40.00	0.00	26.31	0.000	1052.571	638	7543
P.11	400.000	40.00	0.00	43.97	0.000	1758.903	638	9301
P.12	440.000	40.00	0.00	48.66	0.000	1946.310	638	11248
P.13	480.000	40.00	0.00	27.24	0.000	1089.625	638	12337
P.14	520.000	40.00	0.00	11.35	0.000	453.828	638	12791
P.15	560.000	40.00	6.05	5.36	241.991	214.574	880	13006
P.16	600.000	40.00	0.98	7.98	39.219	319.396	919	13325
P.17	640.000	40.00	0.00	29.38	0.000	1175.366	919	14501
P.18	680.000	40.00	0.00	40.52	0.000	1620.871	919	16121
P.19	720.000	40.00	0.00	48.15	0.000	1926.123	919	18048
P.20	760.000	40.00	0.00	51.48	0.000	2059.360	919	20107
P.21	800.000	40.00	0.00	40.24	0.000	1609.433	919	21716
P.22	840.000	40.00	0.00	12.46	0.000	498.486	919	22215
P.23	880.000	40.00	22.00	0.01	879.809	0.201	1799	22215
P.24	920.000	40.00	59.36	0.00	2374.460	0.196	4173	22215
P.25	960.000	40.00	66.63	0.00	2665.365	0.175	6839	22215
P.26	1000.000	40.00	65.60	0.00	2624.164	0.195	9463	22216
P.27	1040.000	40.00	58.89	0.00	2355.564	0.198	11818	22216
P.28	1080.000	40.00	54.00	0.01	2159.900	0.219	13978	22216
P.29	1120.000	40.00	43.97	0.00	1758.649	0.191	15737	22216
P.30	1160.000	40.00	44.74	0.00	1789.798	0.178	17527	22216
P.31	1200.000	40.00	37.86	0.00	1514.410	0.197	19041	22217
P.32	1240.000	40.00	29.77	0.00	1190.787	0.200	20232	22217
P.33	1280.000	40.00	20.31	0.01	812.434	0.200	21044	22217
P.34	1320.000	40.00	12.20	0.00	488.182	0.197	21533	22217
P.35	1360.000	40.00	5.00	0.58	200.140	23.172	21733	22240
P.36	1400.000	40.00	0.00	7.75	0.000	309.411	21733	22550
P.37	1440.000	40.00	0.00	15.09	0.000	603.305	21733	23153
P.38	1480.000	40.00	0.00	17.48	0.000	698.489	21733	23852
P.39	1520.000	40.00	0.00	13.22	0.000	528.130	21733	24380
P.40	1560.000	40.00	0.00	10.44	0.000	417.321	21733	24797
P.41	1600.000	40.00	0.00	15.58	0.000	622.184	21733	25419
P.42	1640.000	40.00	0.00	17.45	0.000	696.619	21733	26116
P.43	1680.000	40.00	0.03	9.38	1.108	374.165	21734	26490
P.44	1720.000	40.00	2.23	1.97	89.133	78.831	21823	26569
P.45	1760.000	40.00	2.48	1.83	99.265	73.342	21922	26642
P.46	1800.000	40.00	2.21	2.04	88.316	81.855	22010	26724
P.47	1840.000	40.00	1.40	3.25	55.798	130.286	22066	26854
P.48	1880.000	40.00	0.00	13.39	0.000	535.415	22066	27390
P.49	1920.000	40.00	0.00	36.44	0.000	1457.530	22066	28847
P.50	1960.000	40.00	0.00	64.83	0.000	2592.434	22066	31440
P.51	2000.000	40.00	0.00	73.59	0.000	2943.680	22066	34383
P.52	2040.000	40.00	0.00	85.40	0.000	3416.056	22066	37799
P.53	2080.000	40.00	0.00	65.49	0.000	2619.765	22066	40419
P.54	2120.000	40.00	0.00	45.27	0.000	1810.739	22066	42230
P.55	2160.000	40.00	0.00	22.27	0.000	890.835	22066	43121
P.56	2200.000	40.00	8.21	6.06	328.291	242.403	22395	43363
P.57	2240.000	40.00	28.34	0.00	1133.518	0.190	23528	43363

P.58	2280.000	23.00	60.65	0.00	1395.008	0.109	24923	43363
P.59	2286.005	3.00	66.13	0.00	198.531	0.014	25122	43363

ANNEXE 3 : LISTING D'IMPLANTATION

Dossier : C:\Users\FADIA\Desktop\covdis\8888.dwg

Traité le : 23/03/2022 à 10 :56 :03

Station / Référence angulaire				
	Matricule	X (m)	Y (m)	Z (m)
Station	ST.86	-408.166	-230.127	1319.672
Référence V0	ST.85	46.982	-284.832	1325.710

Points rayonnés					
Matricule	Angle (gr)	Distance (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
P.1	188.5297	149.004	-556.897	-239.145	1316.584
P.2	186.8593	109.315	-517.069	-239.603	1317.050
P.3	183.2675	69.619	-477.072	-240.064	1317.705
P.4	170.4195	30.719	-437.074	-240.517	1317.888
P.5	41.7137	15.519	-397.077	-240.984	1318.453
P.6	6.2643	52.324	-357.080	-241.445	1318.414
P.7	0.5715	91.842	-317.082	-241.905	1318.786
P.8	398.3114	131.651	-277.085	-242.365	1319.367
P.9	397.1016	171.549	-237.088	-242.825	1320.141
P.10	396.3485	211.485	-197.090	-243.286	1320.850
P.11	395.8348	251.442	-157.093	-243.746	1321.258
P.12	395.4619	291.410	-117.096	-244.206	1322.115
P.13	395.1797	331.387	-77.098	-244.671	1322.596
P.14	394.9570	371.368	-37.101	-245.127	1322.835
P.15	394.7781	411.353	2.896	-245.587	1322.907
P.16	394.6310	451.329	42.882	-246.048	1323.176
P.17	394.5078	491.330	82.891	-246.508	0.000
P.18	394.4031	531.321	122.889	-246.968	1323.498
P.19	394.3131	571.313	162.886	-247.429	1323.749
P.20	394.2349	611.307	202.883	-247.889	0.000
P.21	394.1663	651.301	242.881	-248.349	0.000
P.22	394.1056	691.296	282.878	-248.810	0.000
P.23	394.0515	731.291	322.875	-249.270	1324.960
P.24	394.0031	771.287	362.873	-249.730	0.000
P.25	393.9595	811.284	402.870	-250.190	1325.740
P.26	393.9199	851.280	442.867	-250.651	1328.272
P.27	393.8839	891.277	482.865	-251.111	1326.613
P.28	393.8510	931.275	522.862	-251.571	1327.309
P.29	393.8208	971.272	562.859	-252.032	1327.728
P.30	393.7929	1011.270	602.857	-252.492	1327.912
P.31	393.7672	1051.267	642.854	-252.952	1330.581
P.32	393.7434	1091.265	682.851	-253.413	1328.191
P.33	393.7213	1131.264	722.849	-253.873	1328.339
P.34	393.7007	1171.262	762.846	-254.333	1329.207
P.35	393.6814	1211.260	802.843	-254.794	1329.942
P.36	393.6634	1251.259	842.841	-255.254	1330.293
P.37	393.6472	1291.257	882.838	-255.729	1330.712

Matricule	Angle (gr)	Distance (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
P.38	393.6306	1331.256	922.836	-256.174	1331.062
P.39	393.6156	1371.255	962.833	-256.635	0.000
P.40	393.6015	1411.253	1002.830	-257.095	0.000
P.41	393.5882	1451.252	1042.828	-257.555	1332.203
P.42	393.5755	1491.251	1082.825	-258.016	1333.240
P.43	393.5636	1531.250	1122.822	-258.476	0.000
P.44	393.5522	1571.249	1162.820	-258.936	1335.457
P.45	393.5414	1611.248	1202.817	-259.397	1333.144
P.46	393.5312	1651.248	1242.814	-259.857	0.000
P.47	393.5214	1691.247	1282.812	-260.317	0.000
P.48	393.5121	1731.246	1322.809	-260.778	1335.137
P.49	393.5031	1771.245	1362.806	-261.238	1335.656
P.50	393.4946	1811.244	1402.804	-261.698	1335.931
P.51	393.4865	1851.244	1442.801	-262.159	1336.869
P.52	393.4787	1891.243	1482.798	-262.619	1338.014
P.53	393.4687	1931.242	1522.797	-263.004	1338.708
P.54	393.4640	1971.242	1562.793	-263.539	0.000
P.55	393.4571	2011.241	1602.791	-264.000	1339.430
P.56	393.4505	2051.241	1642.788	-264.460	1339.792
P.57	393.4441	2091.240	1682.785	-264.920	1342.815
P.58	393.4401	2131.240	1722.781	-265.451	1342.605
P.59	393.4573	2171.234	1762.760	-266.701	0.000
P.60	393.5055	2211.198	1802.690	-269.048	1341.524
P.61	393.5821	2251.107	1842.543	-272.458	0.000
P.62	393.6856	2290.935	1882.291	-276.930	0.000
P.63	393.8146	2330.659	1921.906	-282.463	1341.043
P.64	393.9571	2370.311	1961.423	-288.659	1341.994
P.65	394.0953	2409.973	2000.938	-294.869	1343.180
P.66	394.2291	2449.646	2040.453	-301.078	1344.284
P.67	394.3585	2489.330	2079.968	-307.288	1345.659
P.68	394.4839	2529.023	2119.483	-313.498	0.000
P.69	394.4949	2532.569	2123.012	-314.052	1346.367

Station / Référence angulaire				
	Matricule	X (m)	Y (m)	Z (m)
Station	ST.80	2716.687	-391.811	1349.794
Référence V0	ST.79	3055.128	-473.421	1355.270

Points rayonnés					
Matricule	Angle (gr)	Distance (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
p.1	193.1920	572.076	2149.414	-317.833	1346.692
p.2	193.1085	532.082	2188.982	-323.697	1346.666
p.3	193.0114	492.090	2228.550	-329.561	1346.400
p.4	192.8972	452.099	2268.118	-335.424	1346.214
p.5	192.7608	412.110	2307.686	-341.288	1346.074
p.6	192.5950	372.123	2347.254	-347.152	1346.066
p.7	192.3894	332.139	2386.822	-353.016	0.000
p.8	192.1275	292.159	2426.389	-358.880	1347.499
p.9	191.7826	252.186	2465.957	-364.743	1346.341
p.10	191.3077	212.224	2505.525	-370.607	1347.730
p.11	190.6126	172.278	2545.093	-376.471	1347.847
p.12	189.4981	132.366	2584.661	-382.335	1345.902
p.13	187.4227	92.529	2624.229	-388.198	1347.151
p.14	182.2286	52.938	2663.797	-394.062	1348.376
p.15	150.1074	15.599	2703.364	-399.926	1348.616
p.16	16.0920	29.736	2742.932	-405.790	1348.073
p.17	3.5783	68.740	2782.500	-411.653	1349.192
p.18	0.1682	108.471	2822.068	-417.517	1347.767
p.19	398.5887	148.347	2861.636	-423.381	0.000
p.20	397.6788	188.276	2901.204	-429.245	0.000
p.21	397.0873	228.230	2940.772	-435.108	1349.201
p.22	396.6721	268.197	2980.340	-440.972	1350.671
p.23	396.3647	308.173	3019.907	-446.836	1351.688
p.24	396.1278	348.154	3059.475	-452.700	1352.216
p.25	395.9397	388.140	3099.043	-458.563	0.000
p.26	395.7868	428.128	3138.611	-464.427	1355.462
p.27	395.6600	468.118	3178.179	-470.291	1355.955
p.28	395.5531	508.109	3217.747	-476.155	0.000
p.29	395.4619	548.102	3257.315	-482.019	1357.015
p.30	395.3830	588.096	3296.883	-487.882	1355.994
p.31	395.3142	628.091	3336.450	-493.746	1357.926

p.32	395.2537	668.086	3376.018	-499.610	1358.301
p.33	395.1999	708.082	3415.586	-505.474	1358.012
p.34	395.1520	748.078	3455.154	-511.337	1358.685
p.35	395.0850	788.069	3494.763	-516.909	1359.170
p.36	394.9556	828.034	3534.487	-521.591	1360.031
p.37	394.7711	867.958	3574.308	-525.363	1359.821

Matricule	Angle (gr)	Distance (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)
p.38	394.5390	907.826	3614.205	-528.226	1361.345
p.39	394.2652	947.626	3654.156	-530.176	1361.907
p.40	393.9545	987.345	3694.142	-531.208	1361.613
p.41	393.6097	1026.970	3734.141	-531.293	1361.801
p.42	393.2410	1066.507	3774.132	-530.541	0.000
p.43	392.8442	1105.929	3814.095	-528.832	1362.794
p.44	392.4250	1145.236	3854.008	-526.216	1363.518
p.45	391.9852	1184.417	3893.851	-522.685	1363.280
p.46	391.5270	1223.467	3933.603	-518.244	1363.261
p.47	391.0522	1262.377	3973.243	-512.897	1363.525
p.48	390.5623	1301.141	4012.751	-506.644	1363.408
p.49	390.0586	1339.752	4052.105	-499.490	1363.290
p.50	389.5426	1378.205	4091.286	-491.442	0.000
p.51	389.0380	1416.642	4130.389	-483.019	1363.055
p.52	388.5601	1455.162	4169.492	-474.596	1362.938
p.53	388.1069	1493.761	4208.595	-466.173	1362.821
p.54	387.6766	1532.431	4247.698	-457.750	1361.113
p.55	387.2674	1571.168	4286.802	-449.327	1361.861
p.56	386.8779	1609.967	4325.905	-440.904	1362.469
p.57	386.5068	1648.823	4365.008	-432.481	1362.351
p.58	386.1528	1687.732	4404.111	-424.058	1364.321
p.59	386.1011	1693.577	4409.981	-422.793	1362.216