

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



Mémoire De Master

Présenté à l'Université 8 Mai 1945 de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de : Génie Civil & Hydraulique

Spécialité : Travaux Publics

Option : VOIES ET OUVRAGES D'ART

Présenté par : **SEBBANE Fouzi**

CHERIET Bessam

**Thème: Étude du Dédoublément de la RN16 du PK 14+000
au PK 21+430 sur 7,430 km.**

Sous la direction de : Pr. Belachia Mouloud

Juin 2023



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Avant tout nous remercions *Allah* le tout puissant de nous avoir donné la chance d'étudier, et nous avoir armé par la force, le courage et la patience afin d'accomplir cette mission de formation MASTER (S.fouzi).

Nous tenons à remercier en premier temps notre encadreur "**Pr. BELACHIA MOULOUD**" pour l'aide qu'il a su nous transmettre, nous le remercions également pour sa disponibilité et les conseils qui nous ont donné.

Nous tenons également à remercier le "**Pr. CHERAIT YACINE**", l'ensemble du personnel de la **DTP De La Wilaya De Guelma**, plus particulièrement les ingénieurs Laghrib Youcef, Zerfa Ahmed et Allout Amal, et au personnel des bureaux d'études **CTTP** et **SETS**.

Nous remercions les membres de jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

Nous souhaitons adresser nos remerciements au corps professoral et administratif du
Département De Génie Civil et hydraulique De L'université De Guelma.

Dédicaces

Louange à dieu tout puissant, qui ma permis de voir ce jour tant attendu

Je dédie ce modeste travail :

*A la mémoire de mon très **cher père** (رحمه الله) son soutien et sa motivation fut
une lumière dans tout mon parcours.*

*A ma précieuse **mère** que dieu vous protège, grâce à vous j'ai appris le sens du
travail et de la responsabilité.*

Merci beaucoup mes chers parents.

*A mes frères et mon binôme **fouzi**.*

*A ma **femme** et mes **sœurs***

*Sans oublier tous mes amis avec qui j'ai passé des moments inoubliables durant
tout mon cursus du primaire à l'université et à tous ceux qui nous ont aidés à
réaliser ce travail.*



Bessam

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à la mémoire de mon très **cher père** (رحمه الله)*

C'est avec un plaisir que je dédie ce modeste travail :

*A l'être le plus cher de ma vie ma **mère***

*A ma **femme***

*A mes **enfants***

*A mes frères et mon binôme **Bessam**.*

A tous mes frères et mes sœurs et à tous mes amis.

Sans oublier tous mes amis avec qui j'ai passé des moments inoubliables durant tout mon cursus à l'université et à tous mes amis de la DTP de Guelma et à tous ceux qui nous ont aidés à réaliser ce travail.



Fouzi



Dans le cadre de la préparation du projet de fin d'étude, un projet a été retenu
Dans le cadre de la préparation du projet de fin d'étude, un projet a été
relatif à l'étude du dédoublement de la route nationale RN16 sur une longueur de
retenu relatif à l'étude du dédoublement de la route nationale RN16 sur
7,430 km partant du point kilométrique 14+000 et se terminant au point
une longueur de 7,430 km partant du point kilométrique 14+000 et se
kilométrique 21+430, qui s'inscrit dans le cadre du projet reliant les frontières de
terminant au point kilométrique 21+430, qui s'inscrit dans le cadre du
la wilaya de Souk Ahras à l'autoroute est/ouest, Et en raison de l'importance de
projet reliant les frontières de la wilaya de Souk Ahras à l'autoroute
cet et de l'augmentation rapide du trafic, la route à double sens actuelle a créé
est/ouest, Et en raison de l'importance de cet et de l'augmentation
des problèmes majeurs affectant la sécurité et le confort de l'utilisateur, ainsi que la
rapide du trafic, la route à double sens actuelle a créé des problèmes
difficulté de la circulation.

majeurs affectant la sécurité et le confort de l'utilisateur, ainsi que la

Notre projet comprend également les parties suivantes :
difficulté de la circulation.

- Décompresser les zones urbaines,
- Notre projet comprend également les parties suivantes :
- Gérer le flux du trafic routier
 - Décompresser les zones urbaines,
- Assurer le confort et la sécurité des usagers de la route.
 - Gérer le flux du trafic routier
- Réduire le nombre d'accidents de la circulation.
 - Assurer le confort et la sécurité des usagers de la route.

Mots clés : Dédoublement – RN16 - Route - Modélisation – Chaussées souples.

- Réduire le nombre d'accidents de la circulation.

Mots clés : Dédoublement - Route - Chaussées -Modernisation – Projet.



Abstract

As part of the preparation of an end of study project, a project was selected relating to the study of the duplication of the RN16 national road over a length of 7,430 km starting from kilometer point 14+000 and ending at kilometer point 21+430 km, which is part of the project linking the borders of the states of Souk Ahras to the east/west highway, And due to the importance of this and the rapid increase in traffic, the road current two-way traffic has created major problems affecting the safety and comfort, as well as the difficulty of the traffic.

Our project also includes the following parts:

- Decompress urban areas.
- Manage road traffic flow.
- Ensuring the comfort and safety of road users.
- Reduce the number of traffic accidents.

Key words: Duplication – Road – Pavements – Modernization - Project.

ملخص

في إطار تحضير مشروع الخاص بنهاية الدراسة، تم اختيار مشروع يتعلق بدراسة ازدواجية الطريق الوطني رقم 16 على طول 430,7 كلم يبدأ من النقطة الكيلومترية 000+14 وينتهي عند النقطة الكيلومترية 21+430، والذي يندرج في إطار المشروع الرابط بين حدود والية سوق اهراس إلى المحول للطريق السريع شرق/غرب، ونظرا لأهمية ذلك والزيادة السريعة في حركة المرور، الطريق الحالي ثنائي الجهة الشيء الذي خلق مشاكل كبيرة تمس سلامة وراحة المستخدم، فبالإضافة عن صعوبة حركة المرور. يشمل مشروعنا أيضا على الأجزاء التالية:

- فك الضغط عن المناطق الحضرية.
- انسيابية حركة المرور.
- ضمان راحة وسلامة مستعملي الطريق.
- التقليل من عدد الحوادث المرورية.
- تنظيم الحياة الجوارية، العمل والثقافة.

الكلمات المفتاحية:

مشروع - الازدواجية - طريق - قارة الطريق - تحديث

Sommaire

Introduction Générale xvii

CHAPITRE I : PRESENTATION DU PROJET

I.1 Introduction 1

I.2 Présentation du projet..... 1

I.2 .1 Objectif du projet 2

I.2 .2 Description général du nouveau tracé 3

I.2 .3 Justification du dédoublement..... 3

I.2 .4 Justification du carrefour 3

I.3 Etude du trafic 4

I.3.1 Introduction 4

I.3.2 Définition 4

I.3.3 Différent types du trafic 4

Trafic normal 4

Trafic dévié..... 4

Trafic induit 5

Trafic total 5

I.3.4 L'Analyse du trafic 5

I.3.5 Les mesures des trafics 5

I.3.5.1 Les comptages 5

Les comptages manuels 5

Les comptages automatiques 5

I.3.5.2 Les enquetes origine destination 6

Les Enquêtes papillons ou distributions 6

Relevé des plaques minéralogiques 6

Interview des conducteurs 6

Les enquêteurs à domicile – Enquête ménage..... 7

I.3.6 Modèles de Présentation de trafic 7

I.3.7 Prolongation de l'évolution passée 7

I.3.8 Modèle gravitaire 8

I.3.9 Modèle des facteurs de croissance 8

I.4.1 Détermination de nombre de voies	9
I.4.2 Calcul de TJMA horizon.....	9
I.4.3 Calcul du trafic effectif	9
I.4.4 Débit de point horaire normal.....	10
I.4.5 Débit horaire admissible	10
I.4.6 Application au projet.....	11
I.4.7 Conclusion	14

CHAPITRE II :ETUDE GEOTECHNIQUE

II.1 Introduction.....	15
II.2 Les Différents essais en laboratoire	15
II.2.1 Reconnaissance géotechnique.....	15
II.2.1 Programme et moyens de reconnaissance	15
II.2.2 Les Différents essais en laboratoire	16
II.2.2.1 La Teneur en eau	16
Principe de l'essai	17
But de l'essai	17
Domaine d'utilisation	17
II.2.2.2 Analyses granulométriques.....	19
Objectif.....	17
Principe de l'essai.....	17
II.2.2.3 Limite d'atterberg	19
Limite de plasticité (WP).....	19
Limite de liquidité (WL).....	19
L'indice de plasticité (IP)	19
II.2.2.4 Equivalent du sable.....	21
II.2.2.5 Essai au bleu de méthylène	21
II.2.3 Définitions des essais mécaniques	22
II.2.3.1 Essai Proctor	22
II.2.3.2 Essai C.B.R.....	23
II.2.3.3 Essai los angeles	23
Principe de l'essai	23
But de l'essai	23
Domaine d'application	23
II.2.3.4 Essai micro deval	24

Principe de l'essai.....	24
But de l'essai	24
Domaine d'application	24
II.3 Condition d'utilisation des sols en remblais	25
II.4 Introduction.....	25
II.5 La Chaussée	26
II.5.1. Définition.....	26
II.6 Les Différentes couches de chaussée	26
a. Couche de surface (roulement)	26
b. Couche de base	26
c. Couche de fondation	26
d. Couche de forme.....	27
II.7 Les Différents types des chaussées.....	28
II.7.1 Les Chaussées souples	28
II.7.2 Les Chaussées semi rigides.....	28
II.7.3 Les Chaussées rigides	29
II.8 Dimensionnement du corps de chaussées.....	30
II.8.1 Introduction.....	30
II.8.2 Objectifs du dimensionnement	30
II.8.3 Principales méthodes de dimensionnement	30
II.9 Méthodes de dimensionnement	31
II.9.1 Méthodes CBR.....	31
II.9.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	32
1-Niveau de réseaux principaux	32
a. La Classe de Trafic	33
b. La Classe du Sol Support	33
c. Les Zones Climatiques	33
II.10 Application Au Projet	34
II.10.1 Méthode de C.B.R.....	34
II.10.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	32
II.10.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.....	32
II.11 Vérification en Fatigue des Structures et de la Déformation du Sol Support	39
CHAPITRE III CARACTERISTIQUE GEOMETRIQUE	
III. Tracé en plan.....	43
III. 1. Introduction	43

III. 2.Vitesse de Référence (de Base)	43
III. 2.1 .Choix de la vitesse de Référence.....	43
III.2.2. Les Règles à Respecter pour le Tracé en Plan.....	43
III.2.3. Les Eléments Géométriques du Tracé en Plan.....	44
III.2.3.1. Les Alignements.....	44
a. La Longueur minimale	44
b. La Longueur maximale	45
III.2.3.2. Arcs de cercle	45
1- Stabilité des véhicules en courbe	45
a. Rayon horizontal minimal absolu (RHm).....	46
b. Rayon minimal normal (RHN)	46
c. Rayon au dévers minimal (RHd).....	46
d. Rayon minimal non déversé (RHnd).....	46
2- Règles pour l'utilisation des rayons en plan	48
3- Visibilité en courbe	49
III.2.3.3 Les Courbes de Raccordement	50
III.2.3.3.1 Role et nécessité des courbes de Raccordement	50
a. Parabole cubique	50
b. Lemniscate.....	51
c. Clothoïde	51
III.2.4 Condition de Raccordement.....	50
Condition de confort optique.....	52
Condition de confort dynamique	52
a. Condition de gauchissement.....	52
III.2.5. Combinaison des Eléments du Tracé en Plan.....	53
a. Courbe en S	53
b. Courbe à sommet.....	53
c. Courbe en C.....	53
d. Courbe en Ove.....	53
III.2.6 Paramètres fondamentaux	55
III.3 Etude Cinématique	59
III.3.1 Distance de Freinage	59
III.3.2 Temps de Réaction	60
III.3.3 La distance d'Arrêt.....	60
III.3.4 Distance d'arrêt en courbe.....	61

Table des matières

III.3.5	Distance de visibilité de dépassement minimal (dm)	61
III.3.6	Distance de visibilité de dépassement normale (dN)	61
III.3.7	Manœuvre de dépassement	61
III.3.8	Espacement entre deux véhicules	62
III.4	Profil en Long	65
III.4.1	Définition	65
III.4.2	La ligne de projet (ligne rouge)	65
III.4.3	Règles à respecter dans le tracé du profil en long	66
III.4.4	Les éléments de composition du profil en long	66
III.4.5	Coordination de la trace en plan et du Profil en long	66
III.4.6	Déclivités	67
a.	Déclivité minimum	67
b.	Déclivité maximum	67
III.4.7	Raccordements en profil en long	68
III.4.7.1	Raccordements convexes (Angle Saillant)	68
a.	Condition de confort	68
b.	Condition de visibilité	68
c.	Distance élémentaire de freinage (d_0)	70
d.	Distance d'arrêt (d_1)	71
III.4.7.2	Raccordements concaves (Angle Rentrant)	71
III.5	Profil en Traves	74
III.5.1	Définition	74
III.5.2	Différents types de profil en travers	75
	profil en travers type	75
	profil en travers courants	75
III.5.3	Les éléments de composition du profil en travers	75
a.	La Chaussée	75
b.	La Largeur Roulable	75
c.	La Plat Forme	75
d.	L'Assiette	75
e.	L'Emprise	75
f.	Les Accotements	75
g.	Les Tottoires	75
h.	Banquettes	75

Table des matières

i. Desentes D'eau	75
j. Bande d'arret d'urgence	75
k. La Berme	75
l. Terre Plein Central	75
m. Le Fossé.....	75
n. Le Talus	75
o. La Largeur de la chaussée	75
III.6 Cubature	77
III.6.1 Généralité	77
III.6.2 Définition.....	77
III.6.3 Méthode de Calcul Des Cubatures	77
III.6.4 Méthode Utilisée	78
III.6.5 Méthode Classique	79
III.7 Conception de Carrefour	80
III.7.1 Définition.....	80
III.7.2 Les Principaux types de carrefour	80
III.7.2.1 Carrefour à trois branches	80
a. Carrefour à trois branches (en T).....	80
b. Carrefour à trois branches (en Y)	80
III.7.2.2 Carrefour à quatre branches (en croix).....	80
III.7.2.3 Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire.....	80
III.7.3 Données utiles à l'aménagement d'un carrefour	80
III.7.4 Principes généraux d'aménagement d'un carrefour	80
III.7.4.1 La Visibilité	80
III.7.4.2 Triangle de Visibilité.....	80
III.7.4.3 Données de base	80
III.7.5 Ilot Directionnel	83
III.7.6 Couloire d'entrée et de sortie	83
III.7.6.1 Voies de décélération.....	83
Type parallèle	83
Type diagonal	83
III.7.6.2 Voie d'insertion	84
III.7.7 Application au projet.....	84

CHAPITRE IV ASSAINISSEMENT ET DEPENDANCES DE LA ROUTE

IV.1 ASSAINISSEMENT	86
IV.1.1 Généralité	86
IV.1.2 Rétablissement des écoulements naturels	86
IV.1.3 La collecte et l'évacuation des eaux de surface	87
IV.1.4 Couche de roulement.....	87
IV.1.5 Caniveau, fossé et cunette.....	88
IV.1.6 Objectif de l'assainissement.....	88
IV.1.7 Assainissement de la chaussée	88
IV.1.8 Quelques définitions	89
1. Bassin Versant	89
2. Collecteur principal (canalisation).....	89
3. Chambre de visite (cheminée)	89
4. Sacs.....	89
5. Fossée de cretes	89
6. Décente d'eau	89
7. Les regards.....	90
IV.1.9 Délimitation des sous bassins versants	90
IV.1.10 Contexte climatique ou météorologique	90
IV.1.11 Dimensionnement des ouvrages d'évacuations	91
IV.1.12 Estimation du débit d'apport (Qa)	91
IV.1.13 Dimensionnement des buses	93
IV.1.14 Dimensionnement des dalots	94
IV.1.15 Dimensionnement des fossés	95
IV.1.16 Application au projet.....	96
IV.2 SIGNALISATION ROUTIERE	99
IV.2.1 Introduction	99
IV.2.2 L'objet de la signalisation routière.....	99
IV.2.3 Catégories de Signalisation	99
IV.2.4 Règles A respecte pour la signalisation.....	99
IV.2.5 Types de signalisation	99
IV.2.5.1 Signalisation horizontale	100
Marque longitudinal	100
Modulation des lignes discontinues.....	100
IV.2.5.2 Signalisation verticale	101

Table des matières

Signaux de danger	101
a. Signaux comportant une prescription	102
b. Signaux à simple indication	102
IV.2.6 Exemple des signalisations verticales	103
IV.3 ECLAIRAGE	104
IV.3.1 Introduction	104
IV.3.2 Classe d'éclairage.....	104
IV.3.3 Eclairage d'un point singulier	104
IV.3.4 Paramètres de l'implantation des luminaires.....	104
Devis Quantitatif Et Estimatif	106
Conclusion générale	109
Référence bibliographie.....	110
Annexe.....	111

Liste des Tableaux

CHAPITRE I – PRESENTATION DU PROJET

Tableau I.1 : coefficient d'équivalence « P »	10
Tableau I.2 : Valeurs de « K ₁ »	10
Tableau I.3 : Coefficient de réduction de capacité	10
Tableau I.4 : Capacité effective par voie	11
Tableau I.5 : Récapitulatif des résultats obtenus.	13

CHAPITRE II – ETUDE GEOTECHNIQUE

Tableau II.1 : Résultats de l'essai (teneur en eau)	17
Tableau II.2 : Classification des soles selon leur granulométrie	18
Tableau II.3 : Résultats de l'essai (analyse granulométrie)	18
Tableau II.4 : Résultats de l'essai (limite d'Atterberg)	20
Tableau II.5 : Résultats de l'essai (Proctor)	22
Tableau II.6 : Résultats de l'essai (CBR)	23
Tableau II.7 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau	32
Tableau II.8 : La classe de trafic	33
Tableau II.9 : Classement de sol support	33
Tableau II.10 : Les zones climatiques	33
Tableau II.11 : Tableau représente les épaisseurs calculées	35
Tableau II.12 : Détermination du type de réseau	35
Tableau II.13 : Amélioration de la portance du sol support	37
Tableau II.14 : Tableau des données	40
Tableau II.15 : Structure de la chaussée qu'applique dans le projet	42

CHAPITRE III CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

Tableau III.1 : Valeur du dévers Normes B40	46
Tableau III.2 : Rayon en plan et dévers associés (B40)	48
Tableau III.3 : Rayon tracés en plan	49
Tableau III.4 : Valeur des différents rayons calculés et ceux donnés par B40	55
Tableau III.5 : Paramètres fondamentaux	55
Tableau III.6 : Valeurs de temps de perception	60

Tableau III.7 : Distance d'Arrêt	61
Tableau III.8 : Valeur dmd en fonction de la vitesse selon B40	62
Tableau III.9 : La déclivité du projet maximum. Selon B40	68
Tableau III.10 : Rayons de Raccordements convexes	69
Tableau III.11 : Valeurs du coefficient de frottement longitudinal (B40)	70
Tableau.III.12 : Vitesse de référence en fonction des catégories	70
Tableau III.13 : Le temps de perception	70
Tableau III.14 : Rayons de Raccordements concaves	72
Tableau III.15 : Longueur de voies de décélération type parallèle	83
Tableau III.16 : Longueur de biseau et rayon de cercle final	83
Tableau III.17 : Paramètre voie d'insertion	84
CHAPITRE IV ASSAINISSEMENT ET DEPENDANCES DE LA ROUTE	
Tableau IV.1 : Variable de Gausse	92
Tableau IV.2 : Estimation des caractéristiques statiques des pluies max journalières	92
Tableau IV.3 : Quantiles des pluies maximales journalières	92
Tableau IV.4 : Coefficient de ruissellement	93
Tableau IV.5 : Tableau récapitulatif des ouvrages courants	98
Tableau IV.6 Les caractéristiques des lignes discontinu	101

Liste des figures

CHAPITRE I – PRESENTATION DU PROJET

Figure I.1: Site géographique du projet	1
Figure I.2: Les points kilométriques du début et fin de projet	2
Figure I.3: Les points kilométriques de fin de projet (21+430)	3

CHAPITRE II – ETUDE GEOTECHNIQUE

Figure II.1 : Puits de reconnaissance	16
Figure II.2 : Essai Analyse granulométrique	18
Figure II.3 : Détermination de la limite d'Alterberg	20
Figure II.4 : Les différents états de consistance.	20
Figure II.5 : Classification des soles selon Leur Équivalent de sable	21
Figure II.6 : Essai bleu méthylène	21
Figure II.7 : Essai de Proctor	22
Figure II.8 : Essai Los Angeles	24
Figure II.9 : Essai Micro Deval	24
Figure II.10 : Structure de la chaussée sous trafic	25
Figure II.11 : Les différentes Couches De Chaussée	27
Figure II.12 : Structure type d'une chaussée souple	28
Figure II.13 : Structure type d'une chaussée semi-rigide	29
Figure II.14 : Les différents types de chaussée	29
Figure II.15 : Modélisation de structure	41

CHAPITRE III CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES

Figure III.1 : Les éléments du trace en plan	44
Figure III.2 : Les éléments géométriques d'un tracé en plan	50
Figure III.3 : Les éléments géométriques de la Clothoïde	51
Figure III.4 : Distance de freinage	59
Figure III.5 : Schéma de perception réaction	60
Figure III.6 : Distance d'arrêt	60
Figure III.7 : Espacement entre véhicules	62
Figure III.8 : Profil en long.	65

Figure III.9 : Raccordement convexe	69
Figure III.10 : Distance d'arrêt	71
Figure III.11 : Profil en travers type	74
Figure III.12 : Les sections des profils en travers d'un tracé donné.	78
Figure III.13 : Carrefour Giratoire	81
Figure III.14 : Diagramme de visibilité priorité à droite	85
Figure III.15 : Carrefour Giratoire à 4 branches	85
CHAPITRE IV ASSAINISSEMENT ET DEPENDANCES DE LA ROUTE	
Figure IV.1 : Déplacement du point de concentration des eaux.	87
Figure IV.2 : Assainissement de la chaussée	89
Figure IV.3 : Schéma d'une buse.	94
Figure IV.4 : Section transversale d'un ouvrage d'assainissement.	94
Figure IV.5 : Schéma d'un dalot.	94
Figure IV.6 : Schéma d'un fossé.	95
Figure IV.7 : Les signalisations horizontales	100
Figure IV.8 : Marquage des lignes discontinues	101
Figure IV.9 : Panneaux verticaux triangulaire.	102
Figure IV.10 : Signalisation verticale type A	103
Figure IV.11 : Signalisation verticale type B	103
Figure IV.12 : Signalisation verticale type E	103
Figure IV.13 : Les paramètres de l'implantation des luminaires	105



Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale. A travers des avantages et des coûts sociaux, des aménagements réalisés, elles sont le principal vecteur de communication et d'échanges entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie sociale.

La problématique, qui est à la base des projets d'infrastructure routière, est souvent liée à l'insuffisance du réseau existant par saturation, il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis proposer des solutions et quantifier précisément les composantes.

D'où l'importance de notre étude, qui consiste à faire la conception du dédoublement d'un tronçon routier de la route nationale RN 16 sur 7,430 km et qui se situe dans la Wilaya de Guelma.

La route nationale RN16 a une importance stratégique, car elle constitue une liaison entre les wilayas de TEBESSA, SOUK AHRAS, GUELMA, TARF et ANNABA.

Ce projet de dédoublement est nécessaire, compte tenu de :

L'importance de la route existante qui doit supporter l'intensité du trafic actuel.

Les différentes activités économiques, commerciales et sociales de la région et la demande croissante en matière de transport de marchandises qui traverse cet axe.

Notre mémoire est structurée sur quatre chapitres :

- ✓ **Chapitre I** : Présentation du Projet
- ✓ **Chapitre II** : Etude Géotechnique.
- ✓ **Chapitre III** : Caractéristiques Géométriques.
- ✓ **Chapitre IV** : Dépendances de la route.

Nous terminons notre document par une conclusion générale suivie par des annexes.



Chapitre I
Présentation du Projet

I.1 Introduction

Dans le cadre du programme de développement des régions de l'est, la direction des travaux publics de la wilaya de Guelma, a procédé à l'étude du dédoublement de la RN16 reliant la limite de la wilaya de Souk Ahras et l'échangeur de l'autoroute est/ouest sur 42 km, dont le tronçon sur 7,430 kms du PK 14+000 et PK 21+430 fait l'objet de notre présente étude, le dédoublement de cette voie devient une urgence à concrétiser très rapidement.

La conception des réseaux routiers repose en partie sur la prévision des trafics, qui est nécessaire pour :

1. Apprécier la valeur économique des projets routiers.
2. Estimer les coûts d'entretiens.
3. Estimer les coûts de fonctionnement des véhicules.
4. Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.

I.2 Présentation du Projet

Notre projet consiste à étudier le dédoublement de la RN16 sur 7,430 Km entre PK 14+000 et PK 21+430, le projet a été projeté en essayant d'avoir un tracé avec des courbes normalisées pour une vitesse de référence de 80 km/h.

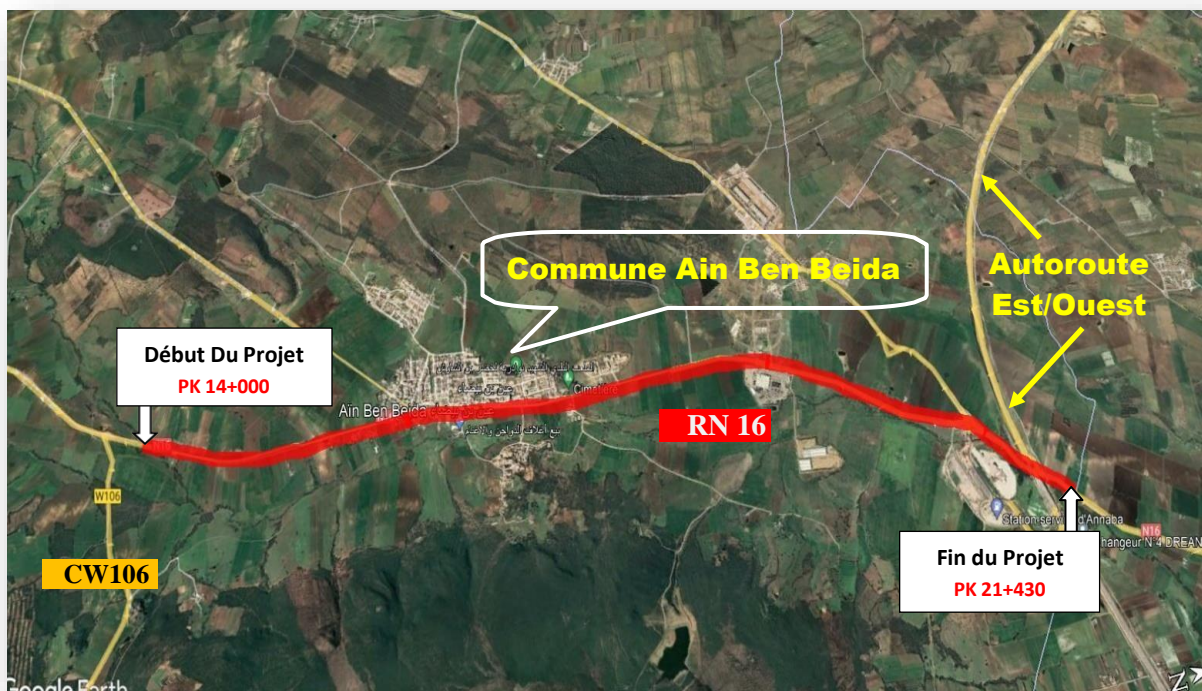


Figure I.1: Site géographique du projet.

I.2.1 Objectif du Projet

L'objectif recherché à travers la présente étude est de réaliser une extension de capacité de la RN16 entre la commune d'AIN BEN BEIDA et l'échangeur de l'autoroute est/ouest sur une longueur de 7,430km (du PK14+000 au PK21+430). L'étude consiste en un dédoublement du profil en travers en 2x2 voies.

Notre projet occupe une zone géographique stratégique de SOUK AHRAS vers ANNABA. Notre objectif principal consiste à renforcer en premier lieu le tronçon existant et procéder à son dédoublement avec un séparateur terre-plein central (TPC) et augmenter le niveau de service de la route existante par un élargissement et de procéder à son renforcement.

Pour atteindre l'objectif visé, notre travail a été structuré comme suit :

- ✓ Présentation et justification du projet.
- ✓ Etude de trafic.
- ✓ Procéder à un dimensionnement des corps de chaussée.
- ✓ Concevoir la géométrie en plan, en long et en travers du projet.
- ✓ Dispositifs de sécurité et de signalisation.
- ✓ Devis estimatif et quantitatif.



Figure I.2: Les points kilométriques du début et fin de projet

I.2.2 Description Général du Nouveau Tracé

- Faire un tracé en plan, profile en long et en travers et conservé la géométrie de la route existante.
- Faire une conception de carrefour à l'intersection de RN16 (PK 21+430).
- Dimensionnement de corps chaussé de la route neuve.
- Etudier l'assainissement du projet en tenant compte de l'existant.

I.2.3 Justification du Dédoublage

Au vu du trafic élevé empruntant cet axe routier, notamment le taux de poids lourds qui ne cesse d'augmenter (12,4 % en 2018 Ce trafic prend origine de la RN16, l'autoroute est/ouest à la fin du projet).

La réalisation d'un dédoublement devient une priorité pour parier à la saturation de la route actuelle et permettre à l'utilisateur de cette route de meilleures conditions de confort et de sécurité.

I.2.4 Justification du Carrefour

Le PK 21+430 est implanté sur un carrefour RN 16 existant une piste non aménagée qui constitue la future entrée du centre de péage et un chemin communal vers Nouadria passant par le marché de gros, un aménagement de ce carrefour sera étudié dans le présent projet, est comme il existe une intersection de quatre branches nous avons choisi un carrefour type giratoire.

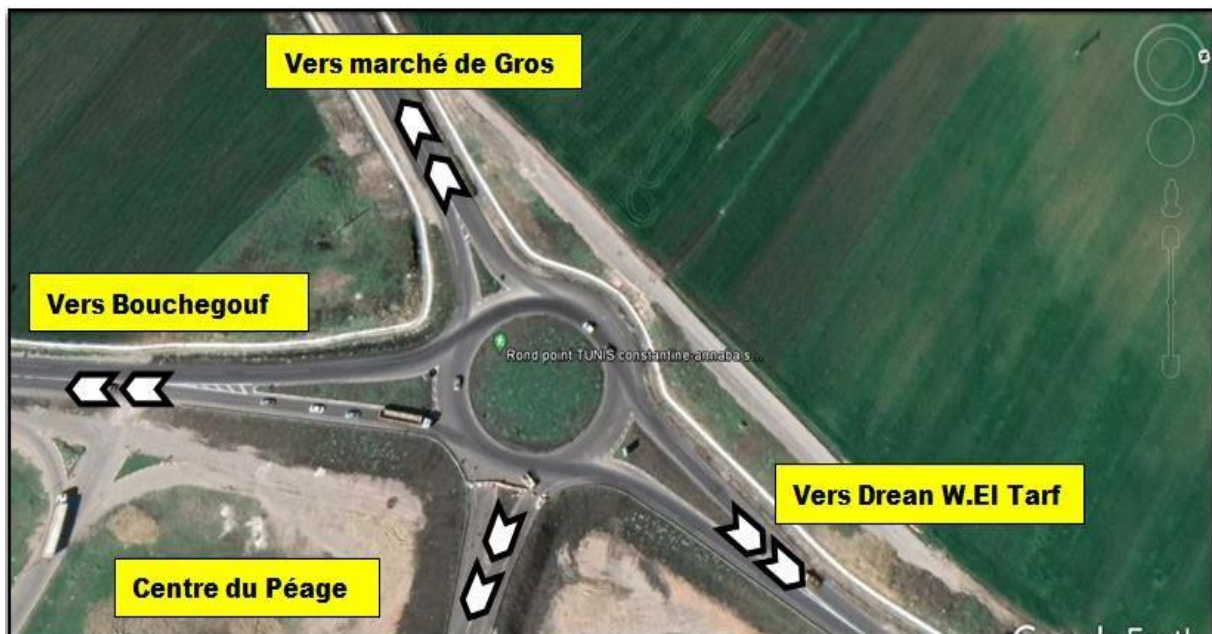


Figure I.3: Les points kilométriques de fin de projet (21+430).

I.3 Etude du Trafic

I.3.1 Introduction

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

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

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

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

I.3.2 Définition

L'étude de trafic est un recensement de l'état existant permettant de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement des flux avec leurs conséquences sur les activités humains.

I.3.3 Différent Types du Trafic

- a. **Trafic normal** : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre compte du nouveau projet.
- b. **Trafic dévié** : C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes ayant la même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

c. **Trafic induit** : C'est le trafic qui résulte de :

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

d. **Trafic total** : C'est Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévie.

I.3.4 L'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 approprié.

Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont :

- La statistique générale.
- Les comptages sur route (manuel et automatique).
- Les enquêtes

I.3.5 La Mesure des Trafics

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires:

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

I.3.5.1 Les Comptages

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, On distingue deux types de comptages :

Les comptages manuels et Les comptages automatiques.

a. Les comptages manuels : Ils sont réalisés par les agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports communs.

Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (**T.J.M.A**)

b. Les comptages automatiques : Ils sont effectués à l'aide d'appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée.

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires :

- **Les comptages permanents** : sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés.

– **Les comptages temporaires** : s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense sur les axes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournants.

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

I.3.5.2 Les Enquêtes Origine Destination

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

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

a. Les Enquêtes papillons ou distributions

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

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

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

b. Relevé des plaques minéralogiques

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

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

c. Interview des conducteurs

Cette méthode est lourde et onéreuse mais donne des renseignements précis, on arrête (avec l'aide des forces de gendarmerie pour assurer la sécurité) un échantillon de véhicules en

différents points du réseau et on questionne (pendant un temps très court qui ne doit pas dépasser quelques minutes sous peines d'irriter l'utilisateur) l'automobiliste pour recueillir les données souhaitées : (origine, motif, fréquence et durée, trajet utilisé).

Ces informations s'ajoutent à celles que l'enquêteur peut relevé directement tels que le type de véhicule.

d. Les enquêteurs à domicile – Enquête ménage

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

I.3.6 Modèles de Présentation de Trafic

La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant. Ce recensement permettra de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de se conséquences sur l'activité humaine.

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

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

I.3.7 Prolongation de L'évolution Passée

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

Le trafic T_n à l'année " n " sera :

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

Ou :

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

τ : est le taux de croissance.

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.

I.3.8 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.

I.3.9 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.

Pour notre cas, nous utiliserons la première méthode **prolongation de l'évolution passée**, vu sa simplicité et parce qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.

I.4 Calcul de la Capacité

On définit la capacité de la route par le nombre maximale des véhicules pouvant raisonnablement passer sur une section donnée d'une voie dans une direction (ou deux directions) avec des caractéristiques géométriques et de circulation pendant une période de temps bien déterminée, La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

Des distances de sécurité (en milieu urbain ce facteur est favorable, Il est beaucoup moins en rase campagne, ou la densité de véhicules sera beaucoup plus faible).

Des conditions météorologiques.

Des caractéristiques géométriques de la route.

I.4.1 Détermination de Nombre de Voies

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

I.4.2 Calcul de TJMA Horizon

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

$$\text{TJMA horizon} = (1 + \tau)^n \times \text{TJMA service}$$

TJMA service : trafic journalier moyen à l'année de mise en service.

τ : taux d'accroissement annuel.

n : nombre d'année à partir de l'année de mise en service.

I.4.3 Calcul du Trafic Effectif

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (uvp) en fonction de type de routes et de l'environnement (en plaine, vallonné ou montagneux).

Pour cela, on utilise des coefficients d'équivalence (P) pour convertir les PL en uvp (tableau ci-dessous).

Le trafic effectif est donné par la relation :

$$\text{T}_{\text{eff}} = (1 - Z) + (P \times Z) \times \text{TJMA horizon}$$

Z : le pourcentage de poids lourds.

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

TJMA horizon : trafic journalier moyen à l'année horizon.

La présence des véhicules poids lourds réduit le débit des routes ainsi l'encombrement des poids lourds est évalué comme P véhicules particulière, P variant et sa valeur est associée à la nature topographique du terrain et le nombre des voies d'une route. Le tableau ci-dessous nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence « P » pour poids lourds en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

Environnement	E 1	E 2	E 3
	(Plaine)	(Vallonne)	(Montagneux)
Route à Bonne caractéristique	2-3	4-6	8-12
Route étroite, ou à visibilité réduite	3-6	6-11	16-24

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

I.4.4 Débit de Point Horaire Normal

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

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

Q : Débit de pointe horaire ; [uvp/h]

n : Nombre d'heure, (en général n=8 heures) d'après le B40 on prend (1/n)=0,12

T_{eff} : Trafic effectif.

I.4.5 Débit Horaire Admissible

On détermine le débit horaire admissible :

$$Q_{\text{adm}} = K_1 \times K_2 \times C_{\text{th}}$$

C_{th} : capacité effective du profil en travers en régime stable par UVP/h.

K₁ : coefficient dépendant de l'environnement.

K₂ : coefficient réducteur de capacité traduisant la déférence entre caractéristiques réelles et idéales de circulation.

Environnement	E1	E2	E3
K1	0,75	0,85	0,90-0,95

Tableau I.2 : Valeurs de « K₁ ».

Environnement	Catégorie de la route				
	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E2	0,99	0,00	0,00	0,00	0,00

		99	99	9 8	99
E3	0,91	0, 95	0, 97	0 , 9 6	0, 96

Tableau I.3 : Coefficient de réduction de capacité.

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

Tableau I.4 : Capacité effective par voie.

➤ Calcul de Nombre de Voies

Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

$$Q_{adm} \geq Q$$

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

Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport Avec :

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

S : coefficient dissymétrie en général = 2/3

Q_{adm} : débit admissible par voi

I.4.6 Application au Projet :

Données de base :

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

Le trafic à l'année 2018 TJMA2018=10 992 v/j

Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau=4\%$

Le pourcentage de poids lourds $Z=12,4\%$

L'année de mise en service sera en 2023

La durée de vie estimée de 20 ans

Environnement E2 et la catégorie C1

- **Calcul de TJMA de l'année de mise en service**

$$TJMA_{2023} = (1 + \tau)^5 \times TMJA_{2018}$$

$$TJMA_{2023} = (1 + 0,04)^5 \times 10\,992$$

$$TJMA_{2023} = 13\,373 \text{ v/j}$$

- **Calcul de TJMA de l'année horizon (2043)**

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

$$TJMA_{2043} = (1 + 0,04)^{20} \times 13\,373$$

$$TJMA_{2043} = 29\,301 \text{ v/j}$$

- **Calcul des trafics effectifs**

$$T_{\text{eff}} = (1 - Z) + (P \cdot Z) \times TMJA_{2043}$$

$$T_{\text{eff}} = (1 - 0,124) + (4 \times 0,124) \times 29\,301$$

$$T_{\text{eff}2043} = 40\,200 \text{ uvp/j}$$

- **Débit de point horaire année horizon (2043)**

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

Avec : $(1/n)$: coefficient de point horaire pris est égale à 0,12 ($n=8$ heures).

$$Q_{2043} = 4\,824 \text{ uvp/h}$$

$$Q = 0,12 \times 40200 = 4\,824 \text{ uvp/h/sens}$$

- **Débit admissible**

Le débit que supporte une section donnée :

$$Q_{\text{adm}} = K_1 \times K_2 \times C_{\text{th}}$$

Avec : $K_1 = 0,85$ pour (E2)

$K_2 = 0,99$ pour (E2, C1)

C_{th} : Capacité théorique (uvp/h)

La capacité d'une chaussée dans ce cas doit être : $1500 < C_{\text{th}} < 1800$ uvp/h/sens

Si on prend $C_{\text{th}} = 1800$, le débit horaire admissible sera donc :

$$Q_{\text{adm}} = 0,85 \times 0,99 \times 1800 = 1515 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{\text{adm}} = 1\,515 \text{ uvp/h}$$

- **Détermination de nombre de voies cas d'une Route à chaussées séparées.**

$$N = S \times (Q_{2043}/Q_{adm})$$

Avec: S : Coefficient de dissymétrie, en général égal à (2/3)

$$N = \frac{2}{3} \times \frac{4824}{1515} = 2,12 \approx 2$$

$$N = 2 \text{ voies}$$

- **Calcul de l'année de saturation de 2x2 voies**

$$T_{eff\ 2023} = [(1-z) + (p \times z)] \times TJMA_{2023}$$

$$T_{eff\ 2023} = [(1 - 0,124) + (4 \times 0,124)] \times 13373$$

$$T_{eff\ 2023} = 18\ 348 \text{ uvp/j}$$

$$Q_{2023} = 0,12 \times 18\ 348 = 2201,7 \approx 2202 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{2023} = 2\ 202 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm} = 4 \times 1515$$

$$Q_{saturation} = 6\ 060 \text{ uvp/h}$$

$$Q_{saturation} = (1+r)^n \times Q_{2023}$$

$$n = \frac{\log\left(\frac{Q_{saturation}}{Q_{2023}}\right)}{\log(1+r)} \Rightarrow \frac{\log\left(\frac{6060}{2202}\right)}{\log(1+0,04)} = 25,85$$

$$n = 25 \text{ ans}$$

La **RN 16** Sera saturée dans 25 ans après la mise en service l'année de saturation sera donc en : 2048

TJMA₂₀₂₃ (v/j)	TJMA₂₀₄₃ (v/j)	Teff₂₀₂₃ (uvp/j)	Teff₂₀₄₃ (uvp/j)	Q₂₀₂₃ (uvp/h)	Q₂₀₄₃ (uvp/h)	Q_{adm} (uvp/h)	n (voies)
13 373	29 301	18 348	40 200	2 202	4 824	1 515	2

Tableau I.5 : Récapitulatif des résultats obtenus.

I.4.7 Conclusion

Sur la base des résultats obtenus, il a été conclu qu'une conception conforme à la norme B40 nous fournissait une route composée de (2×2voies) unidirectionnelles.

Le profil en travers retenu pour le projet est constitué :

- Chaussée: 2 ×2 ×3,5m
- Terre-plein central (TPC) : 2m
- Accotement : 2m

Chapitre II

Etude Géotechnique

II.1 Introduction

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée. Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs. Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol. L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés; Ce qui exige des reconnaissances géotechniques.

La reconnaissance de sol, utilisant différents équipements et instruments sur terrain ou au laboratoire est un moyen pour le géotechnique, a mieux connaître les sols et surtout le massif de sol étudié appelé à supporter dans de bonnes conditions le projet.

La géotechnique routière est la branche de la géotechnique qui traite des problèmes intéressant la route, dans toutes ses parties.

Elle étudie notamment ; les remblais, les fondations de chaussée et la construction des diverses couches de la chaussée.

II.2 Les Différents Essais en Laboratoire

Les essais réalisés en laboratoire pour les échantillons prélevés de notre projet sont :

- **Les essais d'identification :**
 - Teneur en eau et masse volumique.
 - Analyse granulométrique.
 - Limites d'Atterberg.
 - Equivalent de sable.
 - Essai au bleu de méthylène.
- **Les essais mécaniques :**
 - Essai PROCTOR.
 - Essai CBR.
 - Essai Los Angeles.
 - Essai Micro Deval.

II.2.1 Reconnaissance Géotechnique

II.2.1.1 Programme et moyens de reconnaissance

Le programme de reconnaissance géotechnique qui a été réalisé par le laboratoire LTP/EST Constantine en trois (03) sondages à ciel ouvert (puits de reconnaissance) afin de :

- Reconnaître le sol en profondeur.
- Visualiser l'homogénéité et l'épaisseur des formations rencontrées.
- Prélever des échantillons intacts pour la réalisation des essais au laboratoire.



Puits N° 01 (PK 14+200)



Exécution des puits



Puits N° 02 (PK 17+500)



Puits N° 03 (PK 21+330)

Figure II.1 : Puits de reconnaissance.

II.2.2 Les Différents Essais en Laboratoire

II.2.2.1 La Teneur en Eau (W%) : La teneur en eau d'un granulat ou d'un sol est le pourcentage d'eau (en masse) par rapport au matériau sec :

$$\omega \% = \frac{\text{masse de l'eau contenue (Ww)}}{\text{masse de matériau sec (Ws)}} \times 100$$

W_w : Poids de l'eau.

W_s : Poids du sol sec.

Masse volumique : la masse d'un volume unité de sol :

$$y = \frac{W}{V}$$

On calcule aussi la **masse volumique sèche** :

$$y_d = \frac{W_s}{V}$$

a. Principe de l'essai :

On mesure le volume d'eau déplacé hors de l'introduction d'un certain poids de sol seclà connaissance du poids des grains solide.

b. But de l'essai : le but de cet essai est de déterminé expérimental au laboratoire de certains caractéristique physique des sols.

c. Domaine d'utilisation : cet essai utilisé pour classer les différents types de sols.

Localisation des puits		PK 14+200	PK 17+500	PK 21+330
Profondeur (m)		1,20 – 2,70	1,20 – 2,70	1,30 – 2,50
Nature		Argile limoneuse noirâtre, on note présence d'eau à 2,50m	Argile limoneuse marneuse gypseuse noirâtre à concrétions carbonatées.	Blocs, galets et graviers dans une matrice argilo-limoneuse jaunâtre.
Essais d'identification	Teneur en eau (%)	16,80	13,40	13,20

Tableau II.1 : Résultats de l'essai (teneur en eau).

II.2.2.2 Analyses Granulométriques

C'est un essai qui a pour objet de déterminer la répartition des grains suivant leur dimension ou grosseur.

a. Objectif:

L'analyse granulométrique consiste à déterminer la distribution dimensionnelle des grains constituant un granulat dont les dimensions sont comprises entre 0,063 et 125mm.

On appelle

REFUS sur un tamis : la quantité de matériau qui est retenue sur le tamis.

TAMISAT (ou passant) : la quantité de matériau qui passe à travers le tamis.

b. Principe de l'essai:

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis un matériau en plusieurs classesgranulaires de tailles décroissantes.

Les masses des différents refus et tamisats sont rapportées à la masse initiale du matériau. Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités sous forme graphique.



Figure II.2 : Essai Analyse granulométrique.

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

Tableaux II.2 : Classification des soles selon leur granulométrie.

Localisation des puits		PK 14+200	PK 17+500	PK 21+330	Classi GTR
Profondeur (m)		1.20 – 2.70	1.20 – 2.70	1.30 – 2.50	
Nature		Argile limoneuse marneuse noirâtre, on note présence d'eau à 2.50 m m Argileuse	Argile limoneuse marneuse gypseuse noirâtre à concrétions carbonatées	Blocs, galets et graviers dans une matrice argilo-limoneuse jaunâtre	
Essais d'identification Granulométrie (%)	< 50mm	m 100	100	96	
	< 20mm	100	100	85	A2th
	< 80 μ	90	63	47	A2th

Tableau II.3 : Résultats de l'essai (analyse granulométrique).

II.2.2.3 Limite d'Atterberg

Limite de plasticité (WP) et limite de liquidité (WL), ces limites conventionnelles séparent. Les trois états de consistance du sol. L'essai s'appliquant aux sols fins, la détermination de WL et WP nous donne une idée approximative des propriétés du matériau étudié en le classant grâce à l'abaque de Casagrande.

a. Limite de plasticité (WP) :

Caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plastique.

Elle varie de 0% à 100%, mais elle demeure généralement inférieure à 40%.

b. Limite de liquidité (WL) :

Lest caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide.

$$W_L = W \times \left(\frac{N}{25}\right)^{0,121}$$

Avec :

N : Nombre de coups.

W: Teneur en eau au moment de l'essai donnant N coups.

c. L'indice de plasticité (IP) :

L'indice de plasticité mesure l'étendue de la plage de teneur en eau dans laquelle le sol se trouve à l'état plastique. Cet indice est d'autant plus élevé que le matériau est plus Plastique, au sens commun du terme comme du point de vue de son comportement en cours de terrassement.

$$I_p = W_L - W_p$$

Suivant la valeur de leur indice de plasticité, les sols peuvent se classer comme suit :

$I_p < 12$	Faiblement argileux.
$12 \leq I_p < 25$	Moyennement argileux.
$25 \leq I_p < 40$	Argileux.
$I_p \geq 40$	Très argileux.

Localisation des puits		PK 14+200	PK 17+500	PK21+330
Profondeur (m)		1,20 – 2,70	1,20 – 2,70	1,30 – 2,50
Nature		Argile limoneuse marneuse noirâtre, on note présence d'eau à 2.50 m	Argile limoneuse marneuse gypseuse noirâtre à concrétions carbonatées	Blocs, galets et graviers dans une matrice argilo-limoneuse jaunâtre
Limite d'Atterberg	Wl (%)	49.77	42.47	50.56
	Wp (%)	24.51	20.20	25.26
	Ip (%)	25.26	22.27	25.30

Tableau II.4 : Résultats de l'essai (limite d'Atterberg).



Figure II.3 : Détermination de la limite d'Atterberg.

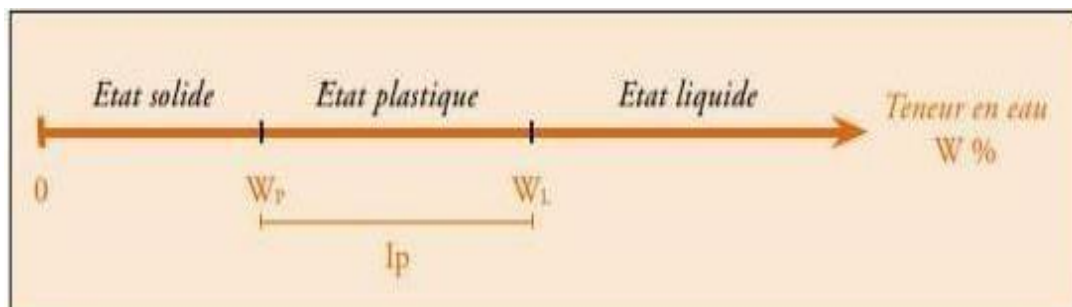


Figure II.4 : Les différents états de consistance.

II.2.2.4 Equivalent du Sable

Le but de l'essai de l'équivalent est de déterminer la qualité d'impureté (ou pour déterminer le pourcentage d'impureté dans un échantillon) soit des éléments argileux ultra fins ou des limons.

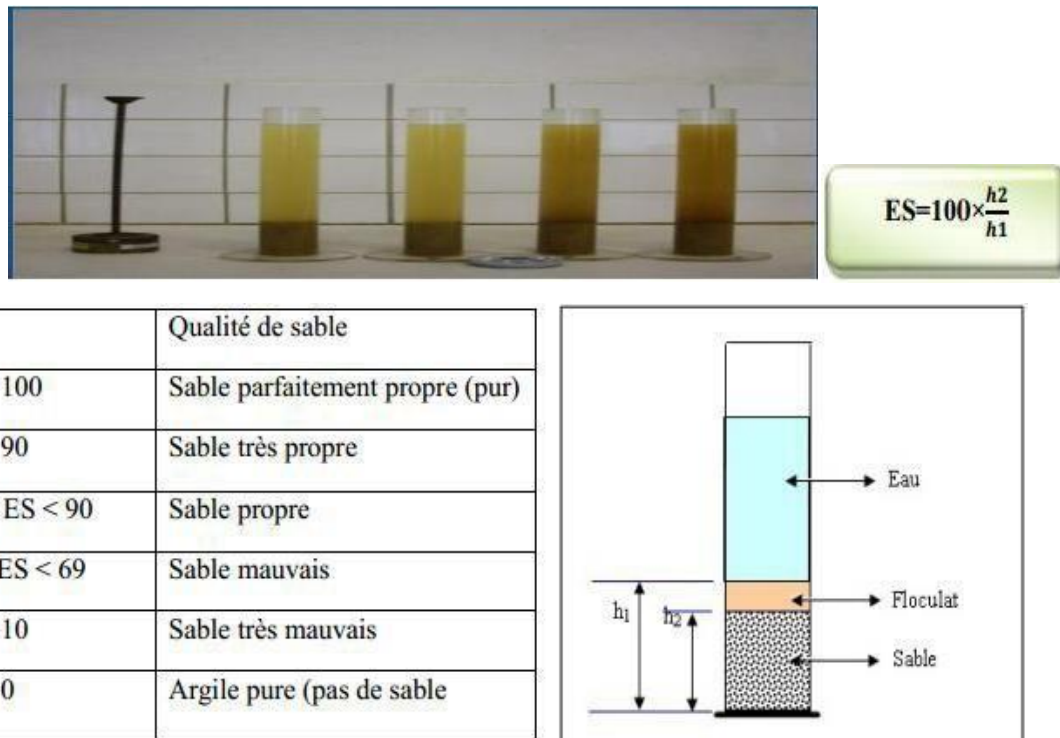


Figure II.5 : Classification des soles selon Leur Équivalent de sable

II.2.2.5 Essai au Bleu de Méthylène

C'est un paramètre permettant de caractériser l'argilosité d'un sol mais dont l'application à l'identification des sols remonte seulement à quelques années. Ce paramètre représente la quantité de bleu de méthylène pouvant s'adsorber sur les surfaces externes et internes des particules du sol, ou autrement dit une grandeur directement liée à la surface spécifique du sol. on peut considérer que la valeur de bleu de méthylène VBS (valeur de bleu du sol) exprime globalement la quantité et la qualité (ou activité) de l'argile contenue dans ce sol.

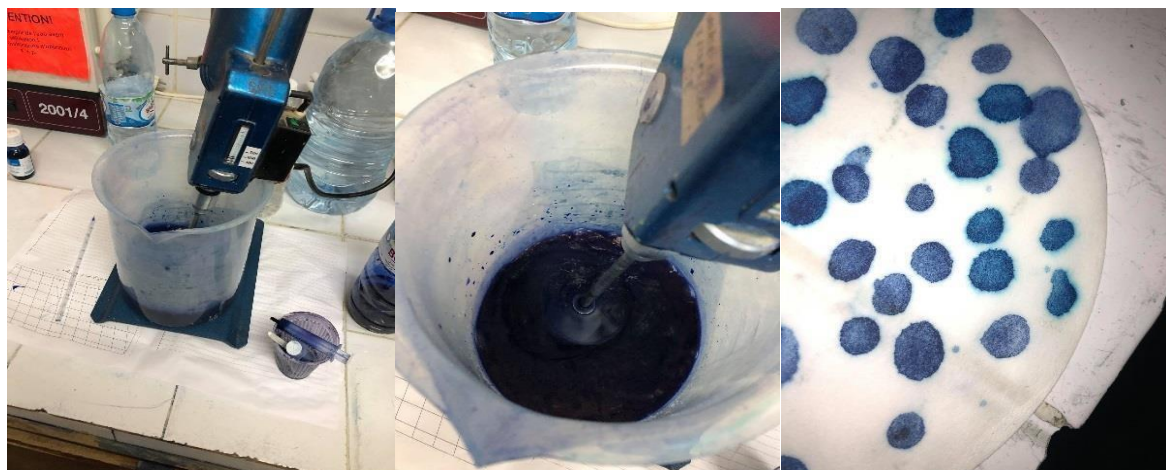


Figure II.6 : Essai bleu méthylène.

II.2.3 Définitions Des Essais Mécaniques

II.2.3.1 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 optimale. Les remblais pose à l'ingénieur routier un certain nombre de problèmes, d'où on peut citer :

- La stabilité des talus.
- La résistance des talus à l'érosion.
- Le tassement.
- le compactage.

L'essai Proctor s'effectue généralement pour deux compactages d'intensités différentes :

- L'essai **Proctor normal** rend assez bien compte des énergies de compactage pratiquées pour les remblais.
- L'essai **Proctor modifié**, le compactage est beaucoup plus poussé et correspond aux énergies mises en œuvre pour les couches de forme et les couches de chaussée.



Figure II.7 : Essai Proctor.

Localisation des puits		PK 14+200	PK 17+500	PK 21+330	
Profondeur (m)		1,20 – 2,70	1,20 – 2,70	1,30 – 2,50	
Essais mécaniques	Proctor modifié	Wop	11.70	10.2	09.61
		γ_{opm}	1.71	1.97	1.74

Tableaux II. 5 : Résultats de l'essai (Proctor).

II.2.3.2 Essai C.B.R (CALIFORNIA BEARING RATIO)

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

On réalise en général trois essais :

« CBR standard », « CBR immédiat », « CBR imbibé ». On s'intéresse actuellement au « CBR imbibé ».

Localisation des puits		PK14+200	PK17+500	PK21+330	
Profondeur(m)		1,20 – 2,70	1,20 – 2,70	1,30 – 2,50	
Essais mécaniques	Essai CBR	CBR (%)	1,16	2,83	1,40
		Gonfl (mm)	1,85	1,50	0,80

Tableaux II.6 : Résultats de l'essai (CBR).

- ✓ Les valeurs de l'indice portant **CBR à 95 % OPM** varient entre 1,16 et 2,83, ce qui correspond à un CBR <5.

II.2.3.3 Essai Los Angeles

L'essai **L.A** est un essai très fiable est de très courte durée, il nous permet d'évaluer la qualité dumatériau.

a. Principe de l'essai

L'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1,6 mm produite en soumettant lematériau aux chocs de boulets normalisés dans la machine « Los Angles ».

b. But de l'essai

L'essai a pour but de déterminer la résistance à la fragmentation par choc et la résistance obtenue parfrottement des granulats.

c. Domaine d'application

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



Figure II.8 : Essai Los Angeles.

II.2.3.4 Essai Micro Deval

Il est en général effectué deux essais, pour avoir deux coefficients (Deval sec) et (Deval humide). On s'intéresse principalement au MDE (DEVAL humide) qui est de plus en plus pratiquée.

a) Principe de l'essai

L'essai consiste à mesurer la quantité d'éléments inférieurs à 1,6 mm (Tamis de 1,6mm) produits dans la machine Deval par les frottements réciproques.

b) But de l'essai

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

c) Domaine d'application

Choix des matériaux utilisés dans les structures de chaussée.



Figure II.9 : Essai Micro Deval.

II.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 $I_P > 20\%$ 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.

II.4 Introduction

Le dimensionnement d'une structure de chaussée routier consiste à déterminer la nature et l'épaisseur des couches qui constituent afin qu'elle puisse résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de sa vie.

La structure d'une chaussée routière doit résister à diverses sollicitations, notamment celles dues au trafic et elle doit assurer la diffusion des efforts induits par ce même trafic dans le sol de fondation. L'application d'une charge roulante induit ainsi une déformation en flexion des couches de la structure. Cette flexion entraîne des sollicitations en compression au droit de la charge et des sollicitations en traction à la base des couches d'enrobés.

Il existe différentes méthodes pour bien appréhender cette déformation. Elles donnent lieu ensuite à différents modèles de dimensionnement.

Le trafic pris en compte est celui du poids lourd, c'est-à-dire des véhicules dont le poids total est supérieur à 3,5 tonnes.

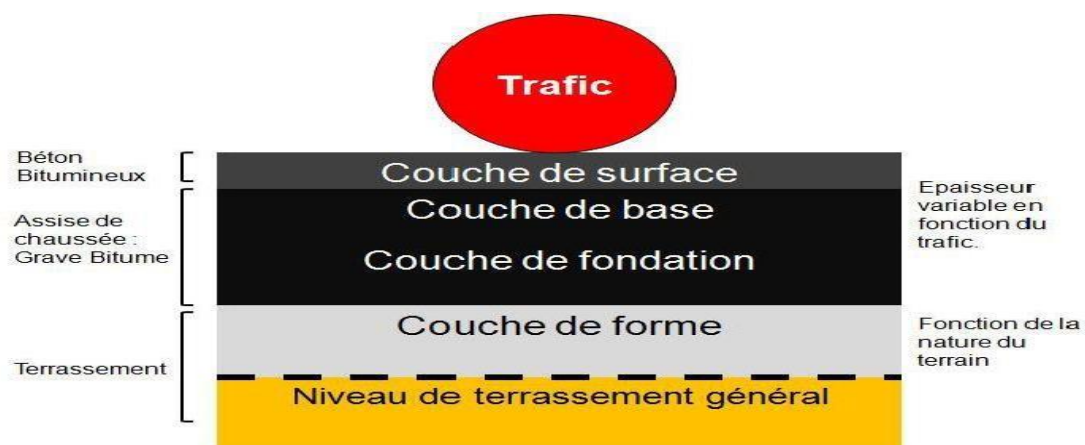


Figure II.10 : Structure de la chaussée sous trafic.

Le calcul et la justification des épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée retenue, sont fixés en fonction des paramètres fondamentaux qui sont :

- L'environnement de la route.
- Le trafic.
- La nature du sol support.
- Les matériaux choisis.
- La durée de vie de la chaussée.

La chaussée est essentiellement un ouvrage de répartition des charges roulantes sur le terrain de fondation. Pour que le roulage s'effectue rapidement, sûrement et sans usure exagérée du matériel, il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous l'effet :

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

II.5 La Chaussée

II.5.1. Définition

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

II.6 Les Différentes Couches de Chaussée

a. Couche de surface (roulement) :

Cette couche en contact direct avec le pneumatique de véhicule et la charge extérieure, elle est composée d'une couche de roulement et d'une couche de liaison.

Elle a pour rôle essentiel d'assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides.

b. Couche de base :

C'est une couche intermédiaire, permet le passage progressif entre CR et CF, Elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

c. Couche de fondation :

Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

La couche de base et couche de fondation forment le « corps de chaussée ».

d. Couche de forme :

Elle est généralement prévue pour répondre à certains objectifs en fonction de la nature du sol support:

- **Sur un sol rocheux :**

Elle joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.

- **Sur un sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée) :**

Elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

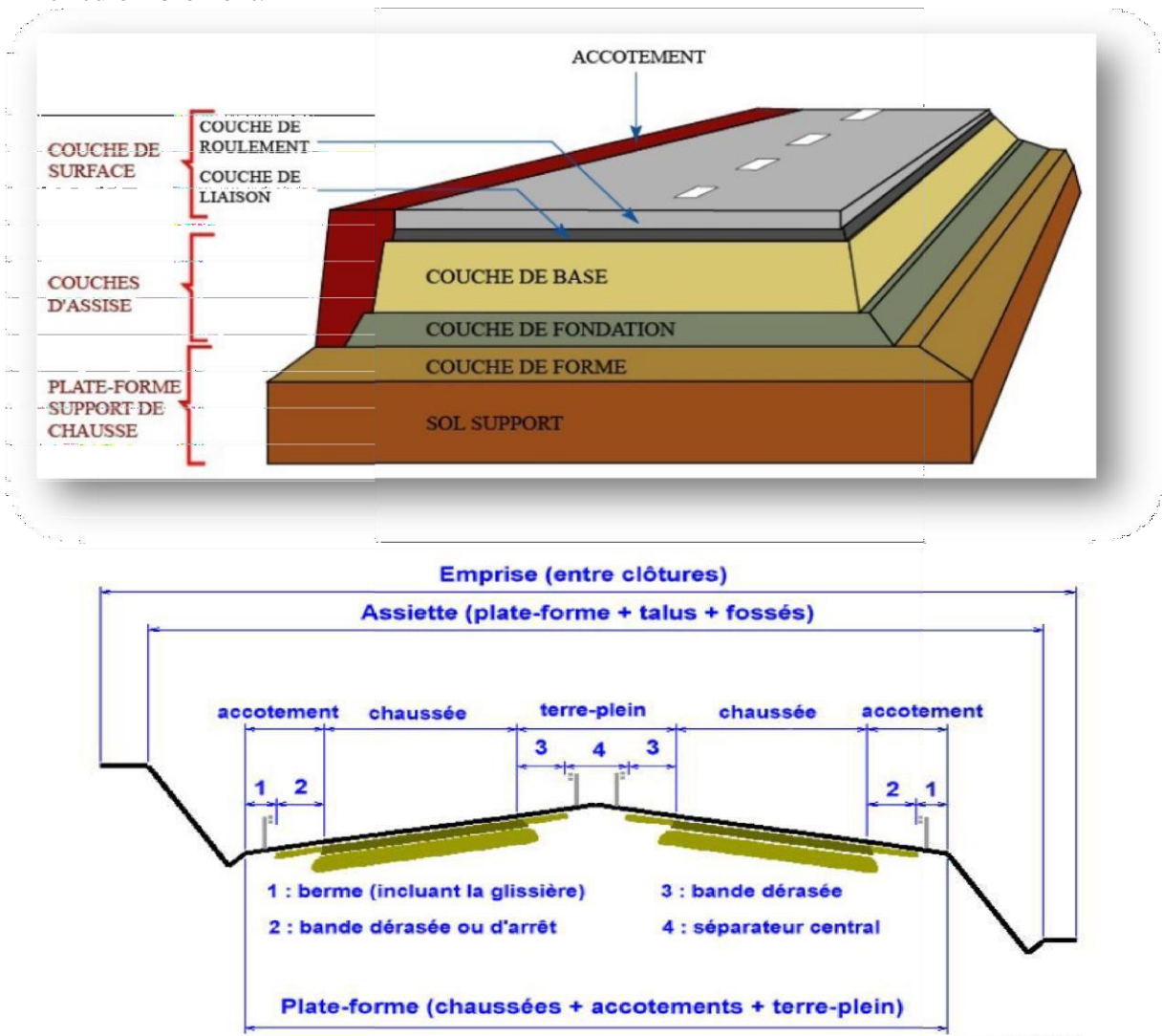


Figure II.11 : Les différentes Couches De Chaussée.

II.7 Les Différents Types des Chaussées

-Il existe trois types de chaussée :

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

II.7.1 Les Chaussées Souples

Qui constituent l'immense majorité de la route actuelle, elles sont composées en couche de base et en couche de fondation de graves roulées ou concassées stabilisées mécaniquement **hérisson** ou tout-venant d'oued en fondation, macadam ou tout-venant concassé en couche de base, la couche de roulement a généralement reçu une imprégnation au liant hydrocarboné, elles sont revêtues d'un enduit superficiel monocouche ou bicouche, elles sont exceptionnellement revêtues d'un enrobé à chaud (béton bitumineux) et couramment, pour les route de sud, d'un enrobé à froid.

Certaines chaussées traditionnelles, dans les zones de climat semi-aride, sont constituent en couche de base et/ou en couche de fondation d'encroûtements calcaires (**tufs**), elles sont revêtues d'un enduit superficiel.

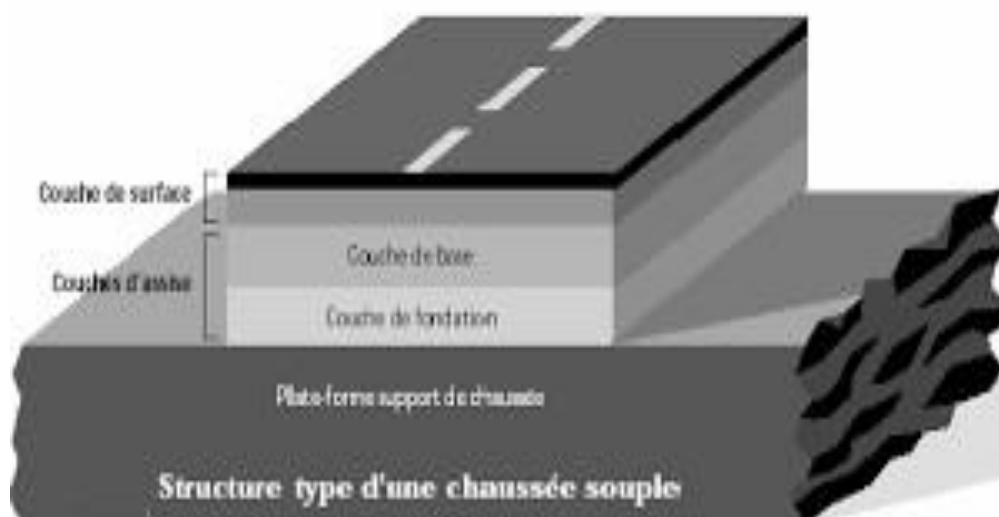


Figure II.12 : structure type d'une chaussée souple.

II.7.2 Les Chaussées Semi Rigides

On distingue :

- Les chaussées comportant une couche de base (et quelquefois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, laitier granulé...).
- La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelquefois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé hydrocarboné sur la couche de base traitée dont l'épaisseur strictement minimale doit être de **15 cm**, ce type de chaussée, actuellement n'existe pas en Algérie.

Les chaussées comportant une couche de base et/ou une couche de fondation en sable gypseux, on les rencontre fréquemment dans les zones arides.

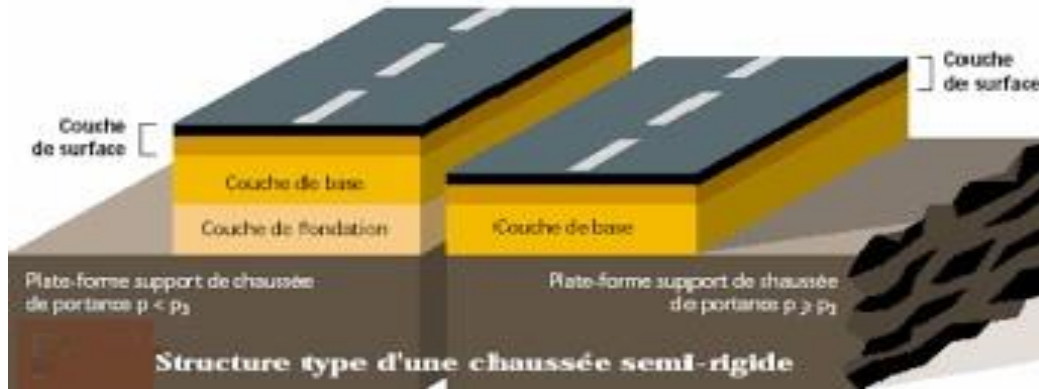


Figure II.13 : structure type d'une chaussée semi-rigide.

II.7.3 Les Chaussées Rigides

Elles sont constituées 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.

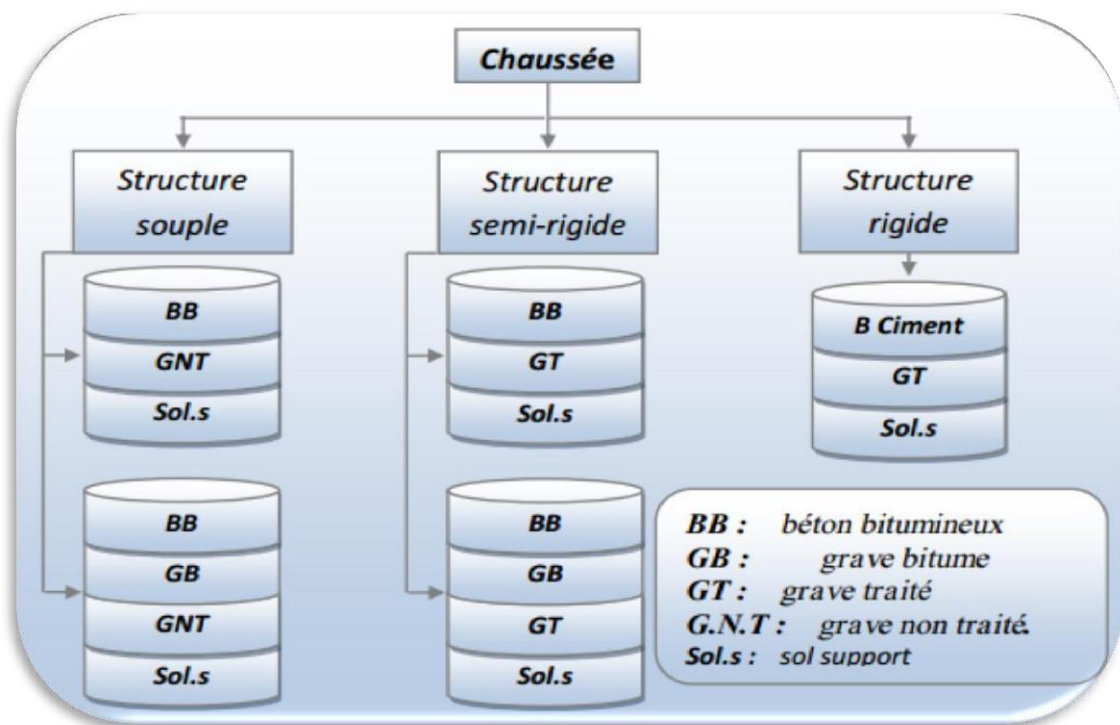


Figure II.14 : Les différents types de chaussée.

II.8 Dimensionnement du Corps de Chaussées

II.8.1 Introduction

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

Le dimensionnement s'agit en même temps, de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises, et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée.

II.8.2 Objectifs du Dimensionnement

En fonction du trafic, du sol support, des matériaux utilisés et de la durée de vie de la chaussée, on devra déterminer les épaisseurs des différentes couches constituant la structure et qui sont :

- La couche de surface.
- La couche de base.
- La couche de fondation.

Cela constitue l'objectif fondamental des techniques de dimensionnement des structures de chaussées.

II.8.3 Principales Méthodes de Dimensionnement

On distingue deux familles des méthodes :

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

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

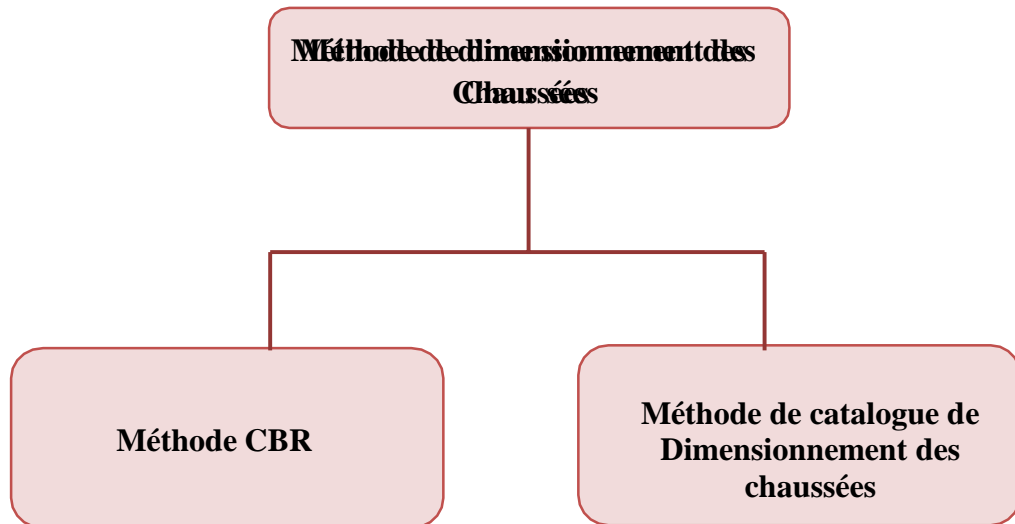
- La méthode de C.B.R (California -**B**earing - **R**atio):
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
- Méthode du catalogue des structures.
- La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées).

Vu de là : - Rapidité du dimensionnement.

- Simplicité de la méthode.
- l'obtention d'une structure standard permettant une bonne maîtrise de la technique et une capitalisation de l'expérience.

On a choisi la **méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves** comme une méthode rationnelle pour le dimensionnement du corps de chaussée de notre projet.

II.9 Méthodes de Dimensionnement



II.9.1 Méthode CBR (California-Bearing-Ratio)

L'épaisseur de la chaussée obtenue par la formule CBR améliorée, correspond à un matériau bien défini (grave propre bien gradué). Pour ce matériau, le coefficient d'équivalence est égale

à 1. Et pour qualités différents, il faudra utiliser le coefficient (e_i), tel que :

a_i : coefficient d'équivalence de chacun des matériaux à utiliser.

$a_1 \times e_1$: couche de roulement.

$a_2 \times e_2$: couche de base.

$a_3 \times e_3$: couche de fondation.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

$$e = \sum_{i=1}^n a_i \cdot e_i$$

L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

$$E_{eq} = - \frac{100 + \sqrt{P} (75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5}$$

Equivalent : épaisseur équivalent en cm

I_{CBR} : indice CBR

P : charge par roue $P = 6,5$ t (essieu 13 t).

Log : logarithme décimal.

N : désigne le nombre moyen de camion de plus 1500 kg à vide.

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2,00
Grave ciment – grave laitier	1,50
Grave bitume	1,20 à 1,70
Grave concassée ou gravier	1,00
Grave roulée – grave sableuse et T.V.O	0,75
Sable ciment	1,00 à 1,20
Sable	0,50
Tuf	0,60

Tableau II.7 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau.

II.9.2 Méthode du Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves (CTTP)

Cette méthode se base essentiellement sur quatre paramètres :

- ✓ Le trafic
- ✓ La portance de sol support de la chaussée.
- ✓ Zone climatique et l'environnement.
- ✓ Les matériaux utilisés.

Cette méthode est caractérisée par des hypothèses de base sur les paramètres caractéristiques :

a. Niveau de Réseaux Principaux

Le réseau principal se divise en deux niveaux :

- **Réseau principal de niveau 1 (RP1) il comporte des :**
 - ✓ Liaisons supportant un trafic supérieur à 1500 v/j
 - ✓ Liaisons reliant deux chefs-lieux de wilaya
 - ✓ Liaisons présentant un intérêt économique ou stratégique « Généralement le RP1 fait partie des routes nationales (RN) »
- **Réseau principal de niveau 2 (RP2) :**
 - ✓ Il en constitué de liaisons supportant un trafic inférieur à 1500 v/j .
 - ✓ Il est composé de route nationales (RN), chemin de wilaya (CW) .
 - ✓ Liaisons reliant l'Algérie aux pays riverains.

a. La Classe de Trafic

Les classes de trafic **TPL_i** adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données pour chaque niveau de réseaux principal exprimées en nombre de PL par jour et par sens à l'année de mis en service.

- ✓ Le réseau **RP1** comprend cinq classes à partir TPL3 jusqu'à TPL7.
- ✓ Le réseau **RP2** comprend cinq classes à partir TPL0 jusqu'à TPL3.

	TPL0	TPL1	TPL2	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
PL/J/Sens RP1	-	-	-	150 à 300	300 à 600	600 à 1500	1500 à 3000	3000 à 6000
PL/J/Sens RP2	0 à 50	50 à 100	100 à 150	150 à 300	-	-	-	-

Tableau II.8 : La classe de trafic.

b. La Classe du Sol Support

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

Tableau II.9 : Classement de sol support.

c. Les Zones Climatiques

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

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

Tableau II.10. Les zones climatiques.

II.10 Application Au Projet

II.10.1 Méthode de C.B.R

Données:

- La durée de vie (année d'horizon) : $n = 20$ ans.
Taux d'accroissement annuel du trafic : $\tau = 4\%$
- Le pourcentage des poids lourds : $Z = 12,4$
- Le trafic à l'année 2018 : $TJMA_{2018} = 10\,992$ v/j.
- TJMA de l'année de mise en service : $TJMA_{2023} = 13\,373$ v/j
- $TJMA_{2043} = 29\,301$ v/j.
- Indice CBR : $ICBR = 5$

$$N_{PL2043} = (TJMA_{2043}/2) \times Z \times 0,9$$

La chaussée étant unidirectionnelle 2x2 voies. La voie la plus chargée supporte 90% du trafic lourd.

$$N_{PL2043} = (TJMA_{2043}/2) \times Z \times 0,9 = (29301/2) \times 0,124 \times 0,9$$

$$= 1635 \text{ PL/J}$$

$$E_{eq} = \frac{100 + \sqrt{P} (75 + 50 \log \frac{N}{10})}{ICBR + 5} = \frac{100 + \sqrt{6,5} (75 + 50 \log \frac{1635}{10})}{5 + 5}$$

$$= 45,17 \text{ cm}$$

On a :

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

Nous proposons les matériaux suivants pour chaque couche :

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

Pour résoudre l'équation précédente, on fixe 2 épaisseurs et on calcule la 3ème

- e_1 : Epaisseur réelle de la Couche de roulement en béton bitumineux (B.B) :
- e_2 : Epaisseur réelle de la Couche de base en grave bitume (G.B) :
- e_3 : Epaisseur réelle de la Couche de fondation

Calcule l'épaisseur

$e_1 = 6$ cm en béton bitumineux (BB) $a_1 = 2$

$e_2 = 12$ cm en béton bitumineux (GB) $a_2 = 1,5$

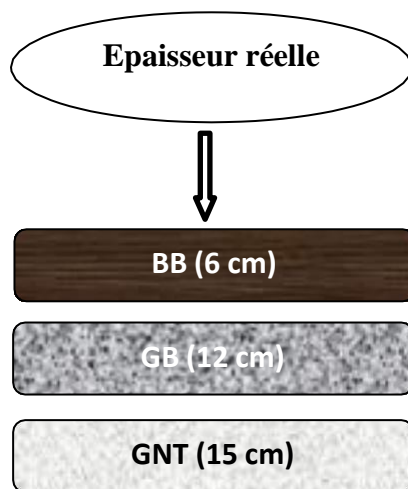
Donc l'épaisseur équivalente : $(6 \times 2) + (12 \times 1,5) + (x \times 1) = 45$ cm

Alors : $x = 15$ cm

Couche	Ep: réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (ai)	Ēp: équivalente (cm)
BB	6	2	12
GB	12	1,5	18
GNT	15	1	15
Total	33	/	45

Tableau II.11. Tableau représente les épaisseurs calculées.

La chaussée prend la structure suivante :



Donc :

La structure finale de la chaussée selon la méthode de C.B.R est :

$$6 \text{ (BB)} + 12 \text{ (GB)} + 15 \text{ (GNT)}$$

II.10.2 Méthode du Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves (CTTP)

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

Tableau II.12 : Détermination du type de réseau.

On a : $TJMA_{2023} = 13373 \text{ v/j} > 1500 \text{ v/j}$

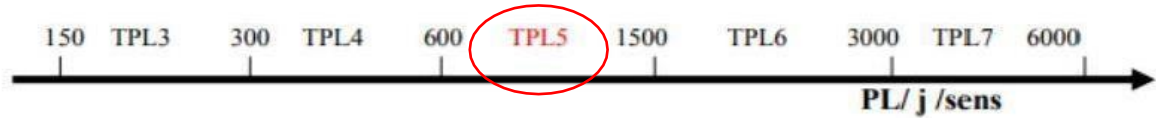
La route principale présentant intérêt économique et stratégique. Donc on est dans le réseau principal de **niveau 1 (RP1)**.


➤ **Détermination de la classe de trafic :**

$$PL_{2021} = TJMA_{2023} \times Z \times 0.9 \times 0.5$$

$$= 13373 \times 0,124 \times 0,9 \times 0,5$$

$$= 747 \text{ PL/J/SENS}$$



600 < 747 < 1500 donc d'après le catalogue  trafic du poids lourds est de classe **TPL5**.

➤ **la zone climatique:**

D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie notre projet est dans la zone climatique I.

➤ **Durée de vie :** 20 ans, **Taux d'accroissement:** $r = 4 \%$

➤ **Détermination Classes de portances de sols supports pour le dimensionnement :**

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 4 classes de sols support à savoir :

S3, S2, S1, S0. Les valeurs des modules indiqués sur le tableau ci-dessous, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

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

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

$$E \text{ (MPa)} = 5 \times 5 = 25 \text{ (MPa)}$$



Classe **S3**

D'après le rapport géotechnique, nous avons un indice de CBR= 5, donc

La portance de sol support est de S3 .On doit prévoir une couche de forme en Matériau non traité de 40 cm (en deux couches), **Donc le sol est classe S2** pour améliorer la portance de Sol support (**Voir le tableau ci-dessous**).

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance du sol-support visée (Sj)
<S4	Matériau non traité (*)	50cm (en de 2 couches)	S3
S4	//	35 cm	S3
S4	//	60 cm (en de 2 couches)	S2
S3	//	40 cm (en de 2 couches)	S2
S3	//	70 cm (en 2 couches)	S1
Matériaux non traités (*) : Grave naturelle propre (TVO, TVC), Matériaux locaux			

Tableau II.13. Amélioration de la portance du sol support.

Avec une couche **d'accrochage** entre la couche de roulement en BB et la couche de base en GB, et une couche **d'imprégnation** entre la couche de fondation en GB et la couche de fondation en GNT.










D'après le fascicule 3 de C.T.T.P on aura notre dimensionnement du corps de chaussée qui sera comme suit :

Catalogue de Dimensionnement des Chaussées Neuves

RESEAU PRINCIPAL DE NIVEAU 1 (RP1) GB/GNT

FICHE STRUCTURE GRAVE BITUME/GRAVE NON TRAITEE

Type : MTB
 Zone climatique : I et II
 Durée de vie : 20 ans, taux d'accroissement : 4%

TPI PL/j/sens	Si	→ S2 ←	S1	S0
		50 MPa	12,5 MPa	200 MPa
6000				
TPL7				
3000				
TPL6				
1500				
TPL5				
	600			
TPL4				
300				
TPL3				
150				

Si : Classe de sol support, TPI : Classe de trafic PL/jour/sens
 BB : Béton bitumineux, GB : Grave bitume (0/20), GNT : Grave non traitée
 Epaisseurs de mise en œuvre : GB (min = 10, max = 15), GNT : (min = 15, max = 25)
Toutes les épaisseurs sont données en cm

La structure par la méthode de dimensionnement de la chaussée neuve sera donc :

- Couche de roulement : **BB = 06cm.**
- Couche de base : **GB = 20cm**
- Couche de fondation : **GNT= 30cm.**

II.11 Vérification en Fatigue des Structures et de la Déformation du Sol

Support

Tout d'abord, il faudra vérifier que ϵ_t et ϵ_z calculées à l'aide d'Alizé III, sont inférieures aux valeurs admissibles calculées, c'est-à-dire respectivement à ϵ_{tadm} et ϵ_{zadm} .

- Sol support : classe de sol support S2 : $E = 5 \times 10 = 50$ MPA, $\nu = 0,35$.
- A : coefficient d'agressivité est égal à 0,6
- Température équivalente « Zone I » ($\theta_{eq} = 20^\circ$) = $E(20^\circ, 10\text{Hz}) = 7000$ MPA
E (100 ,10HZ): module complexe du matériau bitumineux égal 12500 MPA.
E (θ_{eq} ,10HZ): module complexe du matériau bitumineux à la température équivalente égal à 7000 MPA.
- Risque adoptés pour réseau RP1 ($r\% = 10$)
- C : coefficient égale à 0,2
- $b = 0,146$; $S_n = 3\text{cm}$; $KC = 1,3$

Calcul de la déformation admissible sur le sol support

$$\epsilon_{z\text{ ad}} = 22 \times 10^{-3} \times (\text{TCE}_i)^{-0.235}$$

$$\text{TCE}_i = \text{TPL}_i \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{r} \times A$$

$\text{TPL}_i = 747$ pl /j/sens.

i = taux d'accroissement (τ) pris égal à 4%.

n = durée de vie = 20 ans.

$$\text{TCE}_i = 747 \times \frac{(1+0,04)^{20} - 1}{0,04} \times 365 \times 0,6 = 4,87 \times 10^6$$

$$\epsilon_{z\text{ ad}} = 22 \cdot 10^{-3} \times (\text{TCE}_i)^{-0,235}$$

$$\epsilon_{z\text{ ad}} = 22 \cdot 10^{-3} \times (4,87 \cdot 10^6)^{-0,235} = 590 \times 10^{-6}$$

➤ La déformation admissible pour les matériaux bitumineux :

$$\epsilon_{t_{adm}} = \epsilon_6(10^\circ C, 25HZ) \times K_{ne} \times K_\theta \times K_r \times K_c$$

-1/b	K _C	S _N	S _H	r	t	ε ₆	C
6,84	1,3	0,45	3	10%	-1,282	100.10 ⁻⁶	0,02

Tableau II.14 : Tableau des données.

$$K_{ne} = \left(\frac{TCE_i}{10^6}\right)^b = \left(\frac{4,87 \times 10^6}{10^6}\right)^{-0,146} = 0,79$$

$$= \sqrt{S_N^2 + \left(C \times \frac{S_H}{b}\right)^2} = \sqrt{0,45^2 + \left(0,02 \times \frac{3}{0,146}\right)^2} = 0,61$$

$$K_r = 10^{-(t \times b \times \delta)} = 10^{-(-1,282 \times 0,146 \times 0,61)} = 0,77$$

$$K_\theta = \sqrt{\frac{E(10 \times C)}{E(\theta_{eq})}} = \sqrt{\frac{12500}{7000}} = 1,34$$

$$\epsilon_{t_{adm}} = 100.10^{-6} \times 0,79 \times 1,34 \times 0,77 \times 1,3 = 106 \times 10^{-6}$$

Résultats de Calcul par Alizé III :

ALIZE III est un programme mis au point au laboratoire central des ponts et chaussée paris (1975).il permet de déterminer à partir d'un modèle multicouche, élastique et linéaire fondé sur l'hypothèse de BURIMESTER, les contraintes et les déformations aux différentes interfaces de la structure ayant jusqu'à six couches supposées infinies en plan.

➤ **Modélisation**

Alizé-Lcpc - Résultats (Structure : données écran, Charge de référence)

épais. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (μdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdef)	SigmaZ (MPa)
0.060	4000.0 collé	0.350	0.000	62.5	0.465	-5.8	0.659
			0.060	31.6	0.364	51.8	0.597
0.080	7000.0 collé	0.350	0.060	31.6	0.621	11.9	0.597
			0.140	-18.9	-0.054	44.4	0.296
0.100	7000.0 collé	0.350	0.140	-18.9	-0.054	44.4	0.296
			0.240	-103.8	-0.976	97.0	0.047
0.150	312.5 collé	0.350	0.240	-103.8	-0.021	187.0	0.047
			0.390	-130.4	-0.046	176.6	0.025
0.150	125.0 collé	0.350	0.390	-130.4	-0.010	251.3	0.025
			0.540	-138.0	-0.016	227.0	0.017
infini	50.0	0.350	0.540	-138.0	-0.001	357.7	0.017

Figure II.15 : Modélisation de structure.

	Déformations calculées	Déformations admissibles
εZ sol support	357,7 X 10 ⁻⁶	590 x 10 ⁻⁶
εt à la base de GB	103,8 X 10 ⁻⁶	106 X 10 ⁻⁶

Après vérification ⇒ $\epsilon_Z < \epsilon_{Zad}$ et $\epsilon_t < \epsilon_{tad}$

103,8 X 10⁻⁶ < 106 X 10⁻⁶ **Condition vérifiée**

357,7 X 10⁻⁶ < 590 x 10⁻⁶ **Condition vérifiée**

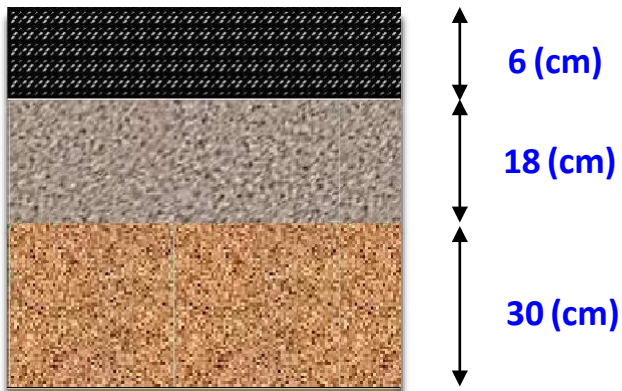
➤ **Hypothèses de Calcul par Alize III**

	Épaisseur (cm)	Module (Mpa)	Coef de poisson v
Couche de roulement BB	6	4000	0,35
Couche de base GB	8	7000	0,35
	10	7000	0,35
Couche de fondation GNT	15	312,5	0,35
	15	125	0,35

- Conclusion

La structure donnée par le catalogue de dimensionnement de la chaussée neuve d'où la structure proposée est (6 BB + 20 GB + 30 GNT).

Et, après les calculs et la vérification des déformations par **ALLIZE III**, la structure sera comme suit :



C.B.R	C.T.T.P
6GB+12GB+15GNT	6 BB + 18GB + 30 GNT+ 40 TVC

Tableau II.15. Structure de la chaussée appliquée au projet.

Chapitre III

Caractéristiques

Géométriques

III. Tracé en Plan

III.1. Introduction

Lors de l'élaboration de tout projet routier l'ingénieur doit commencer par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration du terrain.

Le tracé en plan est la projection verticale sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée. C'est une succession de droite, d'arcs de cercle et de courbe de raccordement. La combinaison de ces éléments, en coordination avec le profil en long, vise à garantir de bonnes Conditions de sécurité et de confort, et qui sont donnée directement par les règles de dimensionnement du tracé en plan.

III. 2.Vitesse de Référence (de Base)

La vitesse de référence (V_r) c'est le paramètre qui permet de déterminer les caractéristiques géométriques minimales d'aménagement des points singuliers pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'utilisateur (traverser d'une ville, modification du relief, etc...).

III.2.1. Choix de la Vitesse de Référence : Le choix de la vitesse de référence dépend de :

1. Type de route.
2. Importance et genre de trafic.
3. Topographie.
4. Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

En tenant compte de ces quatre critères on a porté le choix sur une vitesse de base égale à **80Km/h** sur tout le tronçon routier étudié.

III.2.2. Les Règles à Respecter pour le Tracé en Plan

Lors de la conception d'un tracé en plan, il est recommandé de respecter les normes Techniques d'aménagement des routes (ICTAAL).

Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences :

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements Importants.
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières
- Eviter au maximum les propriétés privées
- Eviter les sites qui sont sujets a des problèmes géologiques.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueurTotal de tracé

III.2.3. Les Éléments Géométriques du Tracé en Plan

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

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

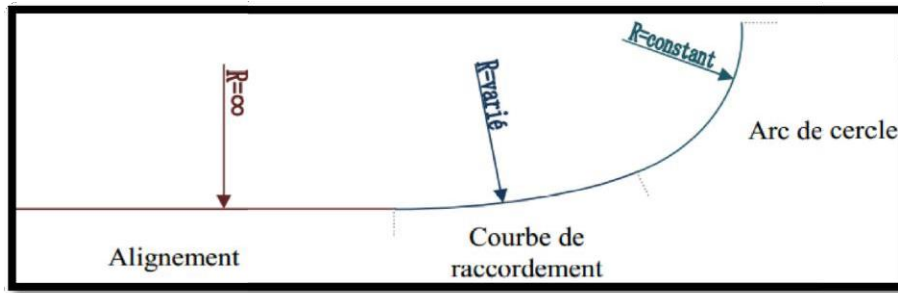


Figure III.1 : Les éléments du tracé en plan.

III.2.3.1. Les Alignements

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

La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment :

- De nuit, éblouissement prolongé des phares.
- Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- Mauvaise adaptation de la route au paysage.

Il existe toutefois des cas où l'emploi d'alignement se justifie:

- En plaine ou, des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans des vallées étroites.
- Pour donner la possibilité de dépassement.

Donc la longueur des alignements dépend de:

- La vitesse de base, plus précisément de la durée du parcours rectiligne.
- Des sinuosités précédentes et suivant l'alignement.
- Du rayon de courbure de ces sinuosités.

a. La longueur minimale :

La longueur minimale d'un alignement L_{min} devra séparer deux courbes circulaires de même sens, sera prise égale à la distance parcourue durant un temps $t=5$ secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle.

$$L_{\min} = t \times \frac{V_r}{3,6}$$

Avec :

V_r : vitesse de référence en km/h,

L_{\min} en m.

b- La longueur maximale :

La longueur maximale L_{\max} est prise égale à la distance parcourue pendant un temps $t=60$ secondes à la vitesse de base soit :

$$L_{\max} = t \times \frac{V_r}{3,6}$$

Avec :

V_r : vitesse de référence en km/h,

L_{\max} en m.

III.2.3.2. Arcs de Cercle

Il est bien de rappeler que pour une route de catégorie donnée, il n'y a aucun rayon inférieur à R_{Hm} (rayon minimum absolue), on utilise alors autant que possible des valeurs supérieures ou égale à R_{Hm} .

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :

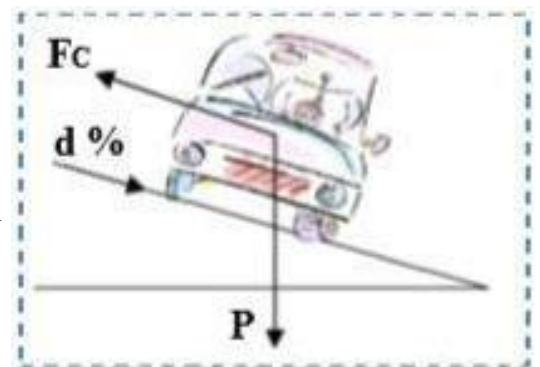
- Stabilité des véhicules en courbe.
- Visibilité en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

1. Stabilité des Véhicules en 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.

Dans la nécessité de fixer les valeurs de l'inclinaison (dévers) ce qui implique un rayon minimal. Les rayons en plans dépendent des facteurs suivants :

- Force centrifuge F_c .
- Poids de véhicule P .
- Accélération de la pesanteur G .
- Dévers d .



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

a. Rayon Horizontal Minimal Absolu (RHm) :

$$RHm = \frac{V_r^2}{127(f_t + d_{max})}$$

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal.

ft : coefficient de frottement transversal.

On a :

$$d_{max} = 7 \% \quad \text{cat 1-2}$$

$$d_{max} = 8 \% \quad \text{cat 3-4}$$

$$d_{max} = 9 \% \quad \text{cat 5}$$

NB : Il est bien de rappeler que pour une route de catégorie donnée, il n'y a aucun rayon inférieur à RHm(rayon minimum absolue), on utilise alors autant que possible des valeurs supérieures ou égale à RHm.

b. Rayon minimal normal (RHN) :

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

Le dévers associé $d_{max} = -2 \% \quad \text{cat 1 à 4}$

$$d_{max} = 6 \% \quad \text{cat 5}$$

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

Dans la réalité pour chaque catégorie, on lui associe un dévers réel :

$$\begin{array}{ll} \mathbf{d} = 5 \% & \implies \mathbf{V} \leq 80 \text{ Km/h} \\ \mathbf{d} = 4 \% & \implies \mathbf{V} > 80 \text{ Km/h} \end{array}$$

Catégorie	Environnement	Dévers	
		Maximum	Assosié
1-2	1-2-3	7	5
3-4	3	7	5
3-4	1-2	8	6
5	1-2-3	9	6

Tableau III.1 : Valeur du dévers – Norme B40

c- Rayon au dévers minimal (RHd):

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

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

Dévers associé **dmin** = 2,5 % en cat 1 – 2

dmin = 3 % en cat 3 – 4 – 5

d- Rayon minimal non déversé (RHnd):

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse V_r une courbe de devers égal à d_{\min} vers l'extérieur reste inférieur à valeur limitée.

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127 \times 0,035} \quad \text{catég 1-2}$$

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127 (f' - d_{\min})} \quad \text{catég 3-4-5}$$

Avec : $f' = 0,06$ pour cat 1 et 2

$f' = 0,07$ pour cat 3

$f' = 0,075$ pour cat 4 et 5

	Symbole	E1			E2			E3		
Catégorie 1-2	V_r (km/h)	120	100	80	100	80	60	80	60	40
-mini absolu	RHm (7%)	650	450	250	450	250	125	250	125	50
-mini normal	RHn (5%)	1000	650	450	650	450	250	450	250	125
-au d.min	RHd (2,5%)	2200	1600	1000	1600	1000	550	1000	550	250
-non déversé	RHnd (-2,5%)	3200	2200	1400	2200	1400	800	1400	800	350
Catégorie 3	V_r (km/h)	120	100	80	100	80	60	80	60	40
-mini absolu	RHm	600 (8%)	375 (8%)	220 (8%)	375 (8%)	220 (8%)	115 (8%)	230 (8%)	115 (8%)	40 (8%)
-mini normal	RHn	850 (6%)	600 (6%)	375 (6%)	600 (6%)	375 (6%)	220 (6%)	400 (6%)	230 (6%)	115 (6%)
-au d.min	RHd (3%)	1900 (3%)	1300 (3%)	800 (3%)	1300 (3%)	800 (3%)	450 (3%)	800 (3%)	450 (3%)	200 (3%)
-non déversé	RHnd (-3%)	2800 (-3%)	2000 (-3%)	1200 (-3%)	2000 (-3%)	1200 (-3%)	700 (-3%)	1200 (-3%)	700 (-3%)	300 (-3%)
Catégorie 4	V_r (km/h)	100	80	60	80	60	40	60	40	
-mini absolu	RHm	375 (8%)	220 (8%)	115 (8%)	220 (8%)	115 (8%)	40 (7%)	115 (8%)	40 (7%)	-
-mini normal	RHn	600 (6%)	375 (6%)	220 (6%)	375 (6%)	220 (6%)	115 (5%)	230 (6%)	115 (5%)	-
-au d.min	RHd (3%)	1300 (3%)	800 (3%)	450 (3%)	800 (3%)	450 (3%)	200 (3%)	450 (3%)	200 (3%)	-
-non déversé	RHnd (-3%)	1750 (-3%)	1100 (-3%)	650 (-3%)	1100 (-3%)	650 (-3%)	280 (-3%)	650 (-3%)	280 (-3%)	-
Catégorie 5	V_r (km/h)	80	60	40	60	40	-	40	-	-
-mini absolu	RHm	210	105	40	105	40	-	40	-	-
-mini normal	RHn	350	210	105	210	105	-	105	-	-
-au d.min	RHd (3%)	800	450	200	450	200	-	200	-	-
-non déversé	RHnd (-3%)	1100	650	280	650	280	-	280	-	-

Tableau III.2 : Rayon en plan et dévers associés (B40).

2- Règles pour l'utilisation des rayons en plan :

Il n'y a aucun rayon inférieur à RHm, on utilise autant que possible des valeurs de rayon \geq à RHn.

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

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

❖ Si : $RHm < R < RHn$

$$d = d_{max} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm} \right) \frac{d_{max} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHN}}$$

❖ Si : $RHN < R < RHd$

$$d = d_{min} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd} \right) \frac{d_{min} - d_{RHN}}{\frac{1}{RHd} - \frac{1}{RHN}}$$

- Les rayons compris entre RHd et RHnd sont en dévers minimal dmin.
 - Les rayons supérieurs à RHnd peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.
 - Un rayon RHm doit être encadré par des RHn.
- Pour notre projet (dédoublément de la RN16) situé dans un environnement (**E2**), et classé en catégorie (**C1**) avec une vitesse de base de **80km/h**, le règlement ARP préconise les rayons suivants :

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse (Km/h)	Vr	80
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7%)	250
Rayon horizontal normal (m)	RHn (5%)	450
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2,5%)	1000
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (- 2,5%)	1400

Tableau III.3: Rayons du tracé en plan.

3- Visibilité en courbe :

Un virage d'une route peut être masqué du côté inférieur du courbe par un talus de déblai, par une Construction ou forêt. Pour assurer une bonne visibilité au conducteur d'un véhicule, il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à dé terminé.

Au lieu de cela, une autre solution serait d'augmenter le rayon du virage jusqu' à ce que la visibilité soit assurée.

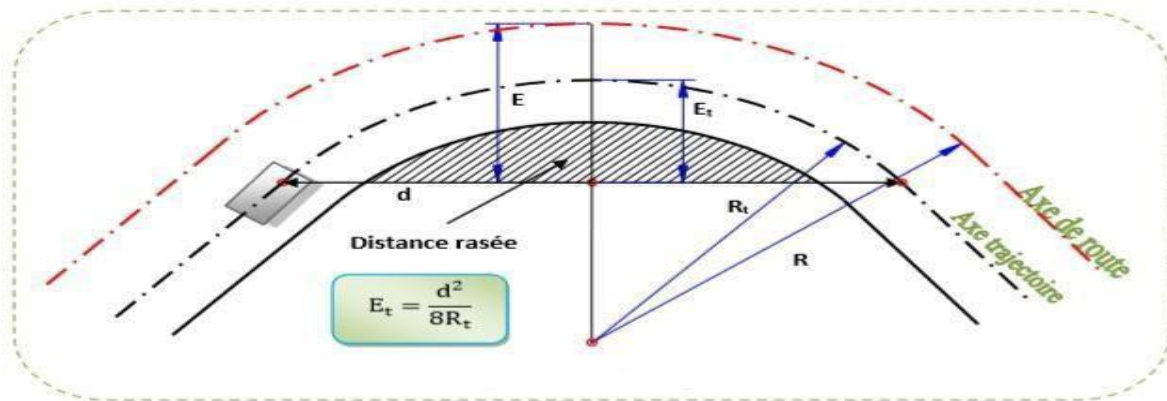


Figure III.2 : Les éléments géométriques d'un tracé en plan.

III.2.3.3 Les Courbes de Raccordement

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

La courbe de raccordement la plus utilisée est la **Clothoïde** grâce à ses particularités, c'est-à-dire pour son accroissement linéaire des courbures. Elle assure à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation du devers (condition de gauchissement) et assure l'introduction de devers et de la courbure de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique qui sont limitées par unité de temps de variation de la sollicitation transversale des véhicules.

III.2.3.3.1 Rôle et Nécessité des Courbes de Raccordement

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

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

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

- Parabole cubique
- Lemniscate
- Clothoïde

a. Parabole cubique :

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

b. Lemniscate :

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

c. Clothoïde :

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul.

La courbure de la Clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

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

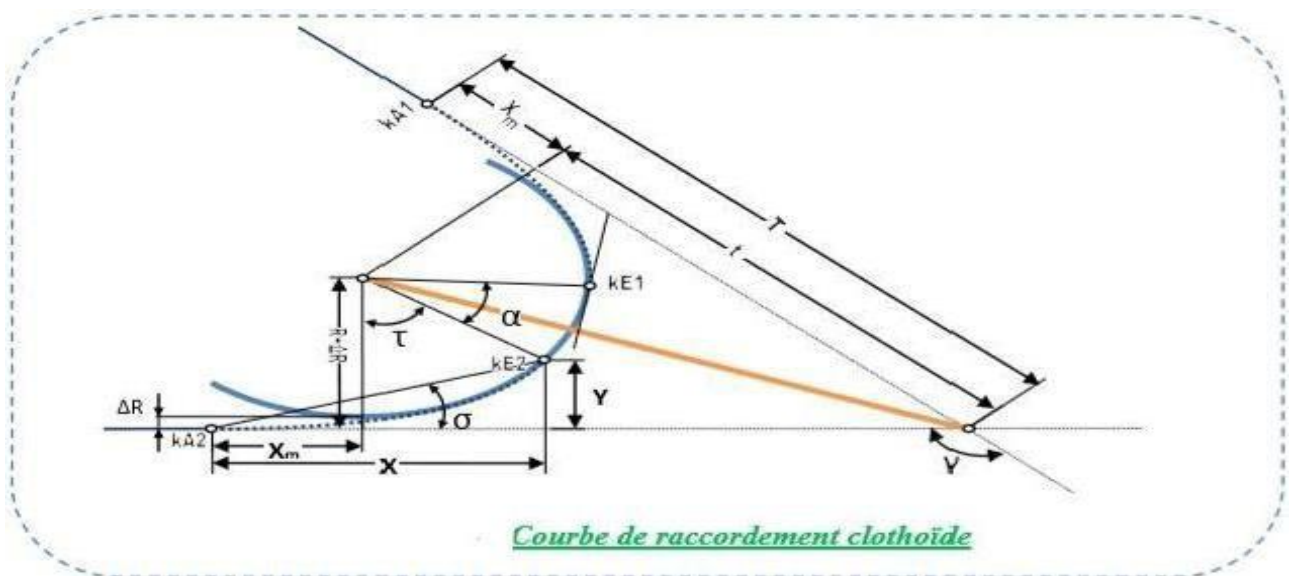
- Expression mathématique de la Clothoïde:

Courbure **K** linéairement proportionnelle a la longueur curviligne **L**.

$$K = C \cdot L$$

On pose: $\frac{1}{C} = A^2$

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



γ : Angle entre alignement.

T : Grande tangente.

ΔR : Ripage.

KA : Début de clothoïde.

KE : Fin de clothoïde.

σ : Angle polaire.

X_m : Abscisse du centre de cercle.

X : Abscisse de KE.

Y : Ordonnée de KE.

α : Angle d'arc de cercle.

τ : Angle de tangente.

Figure III.3 : Les éléments géométriques de la Clothoïde.

III.2.4. Les Conditions de Raccordement

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

a. Condition de confort optique :

C'est une condition qui permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels.

L'orientation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil.

$$\tau \geq 3^\circ \text{ soit } \geq \tau/18 \text{ rad.}$$

$$\tau = L/2R > 1/18 \text{ rad} \Rightarrow L \geq R/9 \text{ soit } A \geq R/3.$$

$$R/3 \leq A \leq R$$

Règle générale (B40) :

Pour : $R < 1500 \text{ m} \Rightarrow \Delta R = 1 \text{ m}$ (éventuellement 0.5 m) d'où $L = \sqrt{24.R.\Delta R}$

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

Pour : $R > 5000 \text{ m} \Rightarrow \Delta R$ limité à $2,5 \text{ m}$ soit $L = 7,75 \sqrt{R}$

b. Condition de confort dynamique :

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

$((V^2/R) - g \cdot \Delta d)$ Ce dernier est limité à une fraction de l'accélération de pesanteur

$$Kg = g/0.2VB.$$

Avec une gravitation $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ on opte :

VB : vitesse de base (Km/h).

R : le rayon (m).

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

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

c. Condition de gauchissement :

Cette condition a pour but de s'assurer que la voie à un aspect satisfaisant, notamment dans les zones de variation de dévers (Δd en%), ce qui limite la pente relative du profil en long du bord de la chaussée déversées par rapport à celle de son axe. Cette pente est limitée à:

$$\Delta p = \frac{0,5}{Vr}$$

$$L \geq \frac{l \times Vr \times \Delta d}{50}$$

cependant $\Delta P \geq 0,5\%$ afin d'assurer un écoulement satisfaisant des eaux.

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

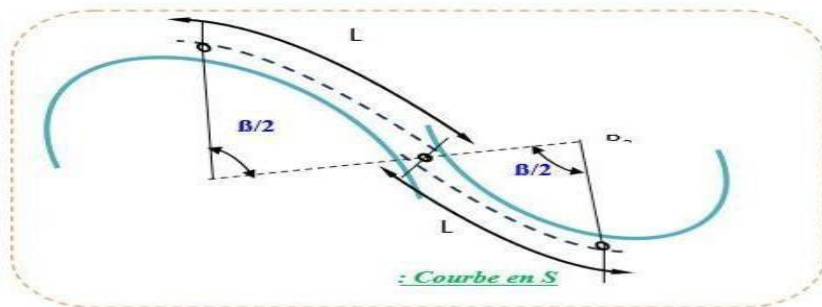
$$L \geq \frac{5}{36} \cdot \Delta d \cdot V_r$$

Δd : exprimé en valeur réelle.

III.2.5. Combinaison des Eléments du Tracé en Plan

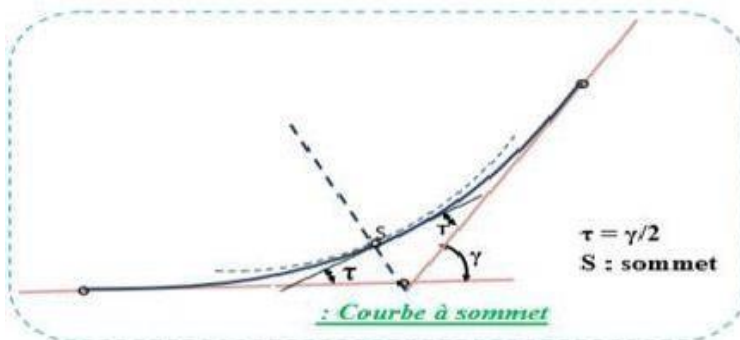
La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite :

- a. **Courbe 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.

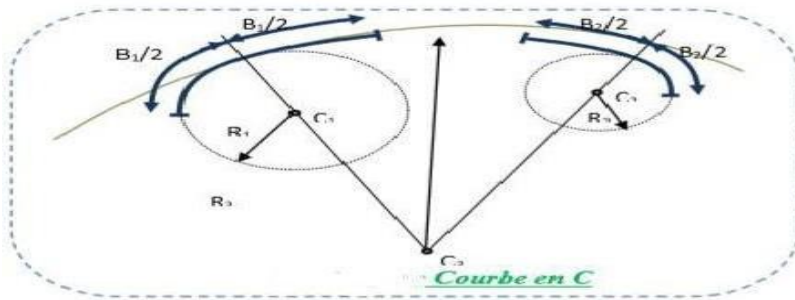


- b. **Courbe à sommet** :

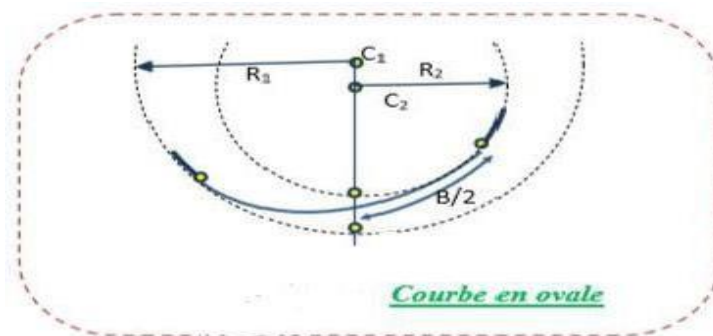
Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.



- c. **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.



- d. **Courbe en Ove:** Un arc de Clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.



Application au Projet :

Longueur minimale :

$$L_{\min} = t \times \frac{V_r}{3,6} = 5 \times \frac{80}{3,6} = 111,11\text{m}$$

Longueur maximale :

$$L_{\max} = t \times \frac{V_r}{3,6} = 60 \times \frac{80}{3,6} = 1333,33\text{m}$$

Rayon horizontal minimal absolu (RHm) :

$$RHm = \frac{V_r^2}{127(f_t + d_{\max})} = \frac{80^2}{127(0,13 + 0,07)} = 252\text{m}$$

Rayon minimal normal (RHn) :

$$RHn = \frac{(V_r + 20)^2}{127(f_t + d_{\max})} = \frac{(80 + 20)^2}{127(0,13 + 0,07)} = 394\text{m}$$

Rayon au dévers minimal (RHd):

$$RHd = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{\min}} = \frac{80^2}{127 \times 2 \times 0,05} = 1008\text{m}$$

Rayon minimal non déversé (RHnd):

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127 \times 0,035} = \frac{80^2}{127 \times 0,035} = 1440\text{m}$$

Le tableau ci-dessous donne les différentes valeurs des rayons calculés et ceux donnés par le **B40**.

Rayon minimal absolu RHm (m)		Rayon minimal normal RHn (m)		Rayon au dévers minimal RHd (m)		Rayon minimal déversé RHnd (m)	
Calculé	B40	Calculé	B40	Calculé	B40	Calculé	B40
252	250	394	450	1008	1000	1440	1400

Tableau III.4 : Valeur des différents rayons calculés et ceux donnés par B40.

III.2.6 Paramètres Fondamentaux

D'après le règlement des normes algériennes **B40**, pour un environnement **E2** et une catégorie **C1**, avec une vitesse de référence de **80km/h**, on définit les paramètres suivants :

Paramètres	Symboles	Valeurs	Unités
Vitesse	V	80	km/h
Longueur minimale	Lmin	111,00	m
Longueur maximale	Lmax	1333,33	m
Devers minimal	dmin	2,5	%
Devers maximal	dmax	7	%
Temps de perception réaction	t1	2	s
Frottement longitudinal	fL	0,39	
Frottement transversal	ft	0,13	
Distance de freinage	d0	65	m
Distance d'arrêt	d1	109	m
Distance de visibilité de dépassement minimale	d _m	320	m
Distance de visibilité de dépassement normale	d _N	480	m
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	d _{Md}	200	m

Tableau III.5 : Paramètres fondamentaux.

Exemple de Calcul d'Axe Manuellement

Pour l'exemple de notre projet les coordonnées des sommets et le rayon qui sont les suivant :

$V_r = 80 \text{ km/h}$	X(m)	Y(m)	R(m)
S0	383622,507	4053347,624	700
S1	383727,284	4053836,522	700
S2	383751,228	4054785,359	700

Condition de confort optique :

Calcul du paramètre A :

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

Détermination de L :

$$\frac{R}{3} \leq A_{\min} \leq R \quad \text{d'ou } 233,33 \leq A_{\min} \leq 700$$

$$L > \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \quad \text{comme } R = 700 \leq 1500$$

$$\Delta R = 1 \quad (\text{éventuellement } 0,5\text{m}) \quad \text{Donc } L = \sqrt{24 \times 700 \times 1} = \mathbf{130\text{m}}$$

Condition de confort dynamique :

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

$$RH_n \leq R \leq RH_d$$

$$d = d_{\min} + \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RH_d} \right) \frac{d_{\min} - d_{RH_n}}{\frac{1}{RH_d} - \frac{1}{RH_n}} = \mathbf{0,02} \quad (3,2\%)$$

$$\Delta d = d + 2,5 = 5,7\% ; \quad V_r = 80\text{Km/h} ; \quad R = 700\text{m}$$

$$L \geq \frac{V_r^2}{18} \cdot \left(\frac{V_r^2}{127 \cdot R} - \Delta d \right) = \frac{80^2}{18} \cdot \left(\frac{80^2}{127 \cdot 700} - 0,057 \right) = \mathbf{5,33\text{m}}$$

Condition de gauchissement :

$$L \geq \frac{5}{36} (5,7\% - (-2,5\%)) \times 80 \quad \Rightarrow L = \mathbf{91,11\text{m}}$$

$$L = \max (130 ; 5,33 ; 91,11) \quad \text{Donc on prend : } L = \mathbf{130\text{m}}$$

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

$$A = \sqrt{130 \times 700} = 301,66 \quad \text{on prend: } A = \mathbf{302\text{m}}$$

1- Calcul des Gisements :

$$S_0S_1 \left\{ \begin{array}{l} |\Delta X| = |X_{S1} - X_{S0}| = \mathbf{104,777m} \\ |\Delta Y| = |Y_{S1} - Y_{S0}| = \mathbf{488,898m} \end{array} \right.$$

$$S_1S_2 \left\{ \begin{array}{l} |\Delta X| = |X_{S2} - X_{S1}| = \mathbf{23,944m} \\ |\Delta Y| = |Y_{S2} - Y_{S1}| = \mathbf{948,837 m} \end{array} \right.$$

D'où :

$$G_{S0}^{S1} = 100 + \arctg \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = 113,44 \text{ grades} \quad \text{Donc : } G_{S0}^{S1} = \mathbf{113,44 \text{ grades}}$$

$$G_{S1}^{S2} = 100 + \arctg \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = 101,61 \text{ grades} \quad \text{Donc : } G_{S1}^{S2} = \mathbf{101,61 \text{ grades}}$$

2- Calcul de l'angle γ :

$$\gamma = |G_{S1}^{S2} - G_{S0}^{S1}| = 11,83 \text{ grades} \quad \text{Donc : } \gamma = \mathbf{11,83 \text{ grades}}$$

3- Calcul de l'angle τ :

$$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{130}{2 \times 700} \times \frac{200}{\pi} = 5,46 \text{ grades} \quad \text{Donc : } \tau = \mathbf{5,46 \text{ grades}}$$

4- Vérification de non chevauchement :

$$\tau = 5,46 \text{ grades}$$

$$\frac{\gamma}{2} = \frac{11,83}{2} = 5,92 \text{ grades} \quad \text{Donc : } r < \frac{\gamma}{2} \Rightarrow \text{pas de chevauchement.}$$

5- Calcul des distances :

$$\overline{S_0S_2} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{104,777^2 + 488,898^2} = \mathbf{500,00m}$$

$$\overline{S_1S_2} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = \sqrt{23,944^2 + 948,837^2} = \mathbf{949,14m}$$

6- Calcul de la tangente T :

On a :

$$\frac{L}{R} = \frac{130}{700} = \mathbf{0,19}$$

$$\Delta R = \frac{L^2}{24R} = \frac{130^2}{24 \times 700} = \mathbf{1,006m}$$

$$X = L \left(1 - \frac{L^2}{40R^2}\right) = 130 \left(1 - \frac{130^2}{40 \times 700^2}\right) = \mathbf{129,89m}$$

$$Y = \frac{L^2}{6R} = \frac{130^2}{6 \times 700} = \mathbf{4,02m}$$

$$X_m = X - R \cdot \sin r = 129,89 - 700(\sin 5,46) = \mathbf{69,93m}$$

$$T = X_m + (R + \Delta R) \tan\left(\frac{\gamma}{2}\right) = 69,93 + (700 + 1,006) \times \tan\frac{11,83}{2} = \mathbf{135,25m}$$

Donc : $T = \mathbf{135,25,04m}$

7- Calcul de des coordonnées SL :

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{129,89^2 + 4,02^2} = \mathbf{129,95m}$$

8- Calcul de σ :

$$\sigma = \arctan\left(\frac{Y}{X}\right) = \arctan\left(\frac{4,02}{129,89}\right) = \mathbf{1,97 \text{ grades}}$$

9- Calcul de l'arc:

$$K_{E1}K_{E2} = \frac{[\pi R(\gamma - 2r)]}{200} = \frac{[\pi 700(11,83 - 2 \times 5,46)]}{200} = \mathbf{10,00m}$$

10- Calcul des coordonnées des points singuliers:

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = X_{S0}(S0 S1 - T) \sin(G_{S0}^1) \\ Y_{KA1} = Y_{S1}(S0 S1 - T) \cos(G_{S0}^1) \end{cases}$$

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = 383622,507 + (500,00 - 771,04) - \sin 113,44 = \mathbf{383350,489m} \\ Y_{KA1} = 4053347,624 + (500 - 771,04) - \cos 113,44 = \mathbf{4053076,794m} \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + SL \times \sin(G_{S0}^1 - \delta) \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + SL \times \cos(G_{S0}^1 - \delta) \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = 383350,489 + 129,95 \times \sin(113,44 - 1,97) = \mathbf{383478,336m} \\ Y_{KE1} = 4053076,794 + 129,95 \times \cos(113,44 - 1,97) = \mathbf{4053053,507m} \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = X_{S1} + T \times \sin(G_{S1}^2) \\ Y_{KA2} = Y_{S1} + T \times \cos(G_{S1}^2) \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = 383727,284 + 771,04 \times \sin 101,61 = \mathbf{384498,077m} \\ Y_{KA2} = 4053836,522 + 771,04 \times \cos 101,61 = \mathbf{40053817,02m} \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} - SL \times \sin(G_{S1}^2 + \delta) \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - SL \times \cos(G_{S0}^1 + \delta) \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE1} = 384498,077 - 129,95 \times \sin(101,61 - 1,97) = \mathbf{384368,129m} \\ Y_{KE1} = 40053817,02 - 129,95 \times \cos(101,61 - 1,97) = \mathbf{40053816,285m} \end{cases}$$

III.3 Etude Cinématique

III.3.1 Distance de Freinage

Les possibilités de freinage sont limitées, du fait du jeu de l'adhérence, il existe une distance minimum pour obtenir l'arrêt complet du véhicule.

La distance de freinage d_0 est la distance parcourue pendant l'action de freinage pour annuler la vitesse dans la condition conventionnelle de la chaussée mouillée. Elle varie suivant la pente longitudinale de la chaussée.

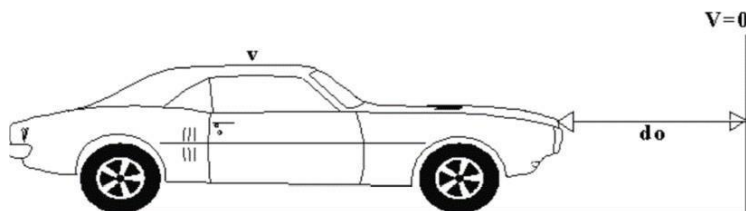


Figure III.4 : Distance de freinage

Dans le cas général, la route est déclinée c'est-à-dire elle est en rampe ou en pente.

En rampe :

$$d_0 = \frac{1}{260} \times \frac{V_r^2}{(f_L + e)}$$

En pente :

$$d_0 = \frac{1}{260} \times \frac{V_r^2}{(f_L - e)}$$

En palier ($e = 0$) on aura :

$$d_0 = \frac{1}{260} \times \frac{V_r^2}{(f_L)}$$

Avec :

V_r : vitesse de référence (Km/h).

e : déclivité.

f_L : coefficient de frottement longitudinal qui dépend de la vitesse de référence.

Le coefficient de frottement longitudinal f_L varie avec l'état des pneus et l'état ainsi que la vitesse du véhicule.

III.3.2 Temps de Réaction

Souvent l'obstacle est imprévisible et le conducteur a besoin d'un temps pour réaliser la nature de l'obstacle ou du danger qui lui apparaît. Ce temps est en général appelé temps de perception du conducteur, il diffère d'une personne à une autre et varie en fonction de l'état psychique et physiologique.

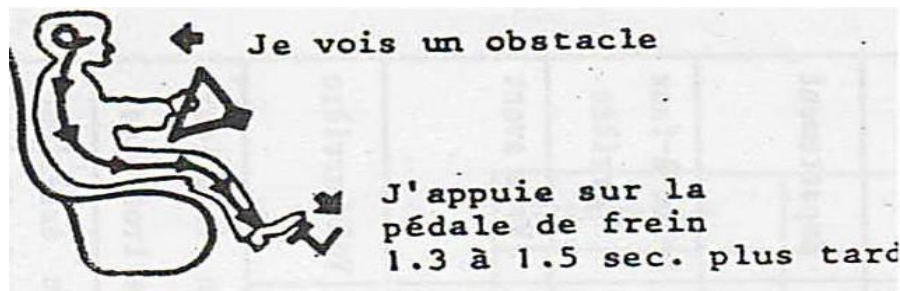


Figure III.5 : Schéma de perception réaction.

De nombreuses études faites sur le comportement des conducteurs, ont montré que le temps de perception et de réaction est en moyenne de :

1,2 s pour un obstacle imprévisible.

0,6 s pour un obstacle prévisible.

En moyenne on peut prendre 0,9 s, mais en pratique il est pris suivant le tableau :

Env \ Cat	Cat 1-2		Cat 3-4-5	
	> 80	≤80	>60	<60
E1 et E2	1.8s	2s	1.8s	2s
E3	1.8s			

Tableau III.6 : Valeurs de temps de perception

III.3.3 La distance d'Arrêt :

La distance parcourue par le conducteur entre le moment où l'œil du conducteur perçoit l'obstacle et l'arrêt effectif du véhicule est désigné sous le nom de distance d'arrêt (d_1). Figure

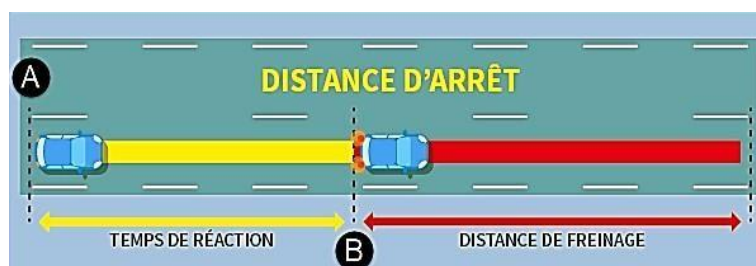


Figure III.6: Distance d'arrêt.

t (s)	Nature de route	
	Alignement droit	en Courbe
1,8	$d_1 = d_0 + 0,50 v$	$d_1 = 1,25 d_0 + 0,50 v$
2	$d_1 = d_0 + 0,55 v$	$d_1 = 1,25 d_0 + 0,55 v$

Tableau III.7 : Distance d'Arrêt

Avec :

d₁ : distance d'arrête.

d₀ : distance de freinage.

V : vitesse (km/h).

III.3.4 Distance d'arrêt en courbe :

Pour calculer la distance d'arrêt en courbe d_2 , on majore d_1 de 25% de d_0 (majoration s'exprimant qu'en courbe, vous devez freiner moins fort que lors de l'alignement)

$$\text{Si: } R \leq 5xV : \quad d_2 = d_1 + 0,25 d_0$$

$$\text{Si: } R > 5xV : \quad d_2 = d_1$$

R: rayon en plan

III.3.5 Distance de visibilité de dépassement minimal (d_m) :

Distance de visibilité de dépassement minimale d_m , qui est la longueur parcourue pendant environ 15 secondes à la vitesse V :

- Pour $V \leq 90$ km/h $d_{min} = 4 \times V$
- Pour $140 \geq V > 90$ km/h $d_{min} = 5 \times V$

III.3.6 Distance de visibilité de dépassement normale (d_N) :

Elle est supérieure d'environ 50%, correspondant à une manœuvre courante de dépassement qui dure 11 et 12 secondes. On adopte:

- Pour $V \leq 90$ Km/h $d_N = 6V$ (Km/ h)
- Pour $V = 140$ Km/h $d_N = 7V$ (Km/ h)

III.3.7 Manœuvre de dépassement

Un dépassement est le fait de rouler pendant un instant, en général relativement court, à côté d'un autre usager de la chaussée (véhicule ou non, c'est-à-dire animal ou piéton ou engin à roues¹, ou tout groupe constitué de plusieurs de ces usagers) à une vitesse supérieure à la sienne dans le but de le précéder. La voie ou la distance utilisée pour dépasser ou doubler un véhicule dépend du type de la route et de la convention utilisée dans le pays.

V_r (km/h)	40	60	80	100	120	140
distance						
dmd	70	120	200	300	425	/

Tableau III.8 : Valeur dmd en fonction de la vitesse selon B40.

Avec :

dmd : Distance de visibilité de manœuvre et de dépassement.

III.3.8 Espacement entre deux véhicules

C'est la distance qu'un conducteur doit conserver entre son véhicule et celui qui le précède. Lorsque deux véhicules se suivent, le conducteur du second véhicule doit maintenir une distance de sécurité suffisante pour pouvoir éviter une collision en cas de ralentissement brusque ou d'arrêt subit du véhicule qui le précède, cette distance est d'autant plus grande que la vitesse est élevée.

Elle correspond à la distance parcourue par le véhicule pendant un délai d'au moins deux secondes.

En prenant un repère sur le bord de la route, il faut compter deux secondes entre l'instant où la voiture que l'on suit passe devant ce repère et l'instant où son propre véhicule passe devant ce même repère. Ainsi si les deux véhicules ont la même capacité de freinage, il n'y aura pas collision.

L'espacement sera alors exprimé par : $E = 8 + 0.2 V + 0.003 V^2$

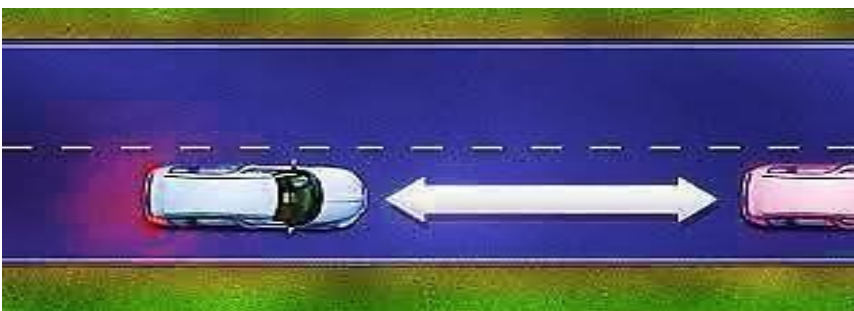


Figure III.7 : Espacement entre véhicules.

Application au projet

Notre projet est d'environnement **E2**, catégorie **C1** et vitesse de référence $V_r = 80$ km/h donc la distance parcourue pendant le temps de réaction et de perception est de : 2 s

1. Distance de freinage

Pour notre projet on a :

$$f_L = 0,39$$

En rampe : $e = +2,690\%$

$$d_o = \frac{1}{260} \times \frac{V_r^2}{(f_L + e)} = \frac{1}{260} \times \frac{80^2}{(0,39 + 0,0269)} = 59,04 \text{ m}$$

En pente : $e = +2,242\%$

$$d_o = \frac{1}{260} \times \frac{V_r^2}{(f_L - e)} = \frac{1}{260} \times \frac{80^2}{(0,39 - 0,02242)} = 66,96 \text{ m}$$

En palier : ($e = 0$) (cas purement théorique)

$$d_o = \frac{1}{260} \times \frac{V_r^2}{(f_L)} = \frac{1}{260} \times \frac{80^2}{(0,39)} = 63,11 \text{ m}$$

2- Distance d'arrêt :

a. En alignement droit

$$d_1 = d_0 + 0,55V_r$$

En rampe:

$$d_1 = 59,04 + 0,55 \times 80 = 103,04 \text{ m}$$

En pente :

$$d_1 = 66,96 + 0,55 \times 80 = 110,96 \text{ m}$$

En palier :

$$d_1 = 63,11 + 0,55 \times 80 = 107,11 \text{ m}$$

b. En courbe

On doit majorer la distance de freinage de 25% car le freinage est moins énergique afin de ne pas perdre le contrôle du véhicule.

On a:

$$d_2 = d_1 + 0,25d_0 \quad \text{si } R \leq 5 v = 400$$

$$d_2 = d_1 \quad \text{si } R > 5 v = 400$$

Calcule d_2 dans le cas $R \leq 5 v$

En rampe :

$$d_2 = 103,04 + 0,25 \times 59,04 = 117,8 \text{ m}$$

En pente :

$$d_2 = 110,96 + 0,25 \times 66,96 = \mathbf{127,7 \text{ m}}$$

En palier :

$$d_2 = 107,11 + 0,25 \times 63,11 = \mathbf{122,88 \text{ m}}$$

Calcule d_2 dans le cas $R > 5 v$

En rampe :

$$d_2 = \mathbf{103,04 \text{ m}}$$

En pente :

$$d_2 = \mathbf{110,96 \text{ m}}$$

En palier :

$$d_2 = \mathbf{107,11 \text{ m}}$$

III .4 Profil en Long

III .4.1 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. Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers. Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

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

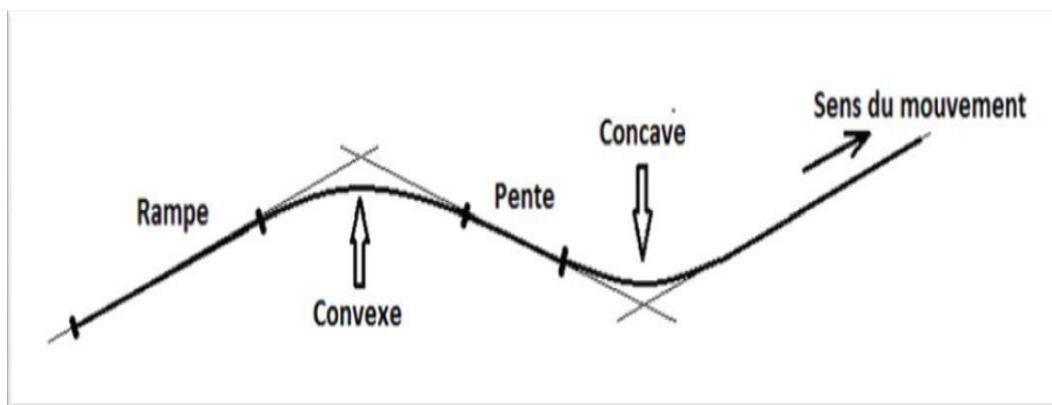


Figure III.8 : Profil en long.

III.4.2 La ligne de projet (ligne rouge)

La ligne rouge est tracée suivant les critères suivants :

- Minimum de terrassement ;
- Si possible \sum aires déblai = \sum aire remblai sur le profil en long ;
- Cette égalité diminue la différence entre les volumes de déblai et de remblai mais n'entraîne pas leur égalité ;
- Respect des points de passage obligatoires (ponts, passage à niveau, village...) ;
- Respect de la pente maximale autorisée qui est fonction de vitesse ;
- Tenir compte des ouvrages d'assainissement (buses, dalot, pont).

La ligne rouge d'une route est constituée d'alignements droits et de courbes (parabole ou cercles).

III.4.3 Règles à respecter dans le tracé du profil en long

Dans ce paragraphe on va citer les règles qu'il faut les tenir en compte –sauf dans des cas exceptionnels- lors de la conception du profil en long :

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Eviter les angles entrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leurécoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers 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, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à certaines règles notamment
- Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison 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.4.4 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.4.5 Coordination de la trace en plan et du Profil en long

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

- Une vue satisfaisante de la route en plus des conditions de visibilité minimale.
- De prévoir de loin l'évolution de la trace.

- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, passages souterrains ...etc.).

Pour éviter les défauts résultant d'une mauvaise coordination trace en plan - profil en long, les règles suivantes sont à suivre :

- ✓ Si le profil en long est convexe, augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan.
- ✓ Avant un point haut, amorcer la courbe en plan.
- ✓ Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
- ✓ Faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et ceux du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 6 fois au moins le rayon en plan).

III.4.6 Déclivités

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

a. 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.

b. Déclivité Maximum :

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.

Vr Km/h	40	60	80	100	120	140
I max %	8	7	6	5	4	4

Tableau III.9 : La déclivité du projet maximum. Selon B40.

Pour notre cas la vitesse **Vr = 80 Km/h** donc la pente maximale **Imax = 6 %**.

III.4.7 Raccordements En Profil En Long

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

III.4.7.1 Raccordement Convexes (Angle Saillant)

Les rayons minimums admissibles des raccords paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et visibilité d'autre part leur conception doit répondre à conditions suivantes :

a. Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, le véhicule subit une accélération verticale importante qui modifie sa stabilité et gêne les usagers. La condition de confort consiste à limiter l'accélération verticale est représentée par la formule suivante :

$$\frac{Vr^2}{Rv} < \frac{g}{40} \Rightarrow Rv \geq 0,30 \times Vr^2 \quad \text{pour (Cat 1 et 2)}$$

$$\frac{Vr^2}{Rv} < \frac{g}{30} \Rightarrow Rv \geq 0,23 \times Vr^2 \quad \text{pour (Cat 3, 4 et 5)}$$

Dans notre cas **Rv min = 0,3 Vr²**

Avec :

Rv : rayon vertical (m).

Vr: vitesse de référence (km /h).

g : accélération de la pesanteur = 10 m/s

b. Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccords 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 :

$$R_v \geq \frac{d^2}{2(h_1 + h_2 + 2\sqrt{h_1 \cdot h_2})}$$

Avec :

d : distance d'arrêt (m)

h1 : hauteur de l'œil (m)

h2 : hauteur de l'obstacle (m)

➤ Dans le cas d'une route unidirectionnelle :

$h_1 = 1,1 \text{ m}$, $h_2 = 0,15 \text{ m}$

On trouve : $R_v = a \cdot d_1^2$ $a = 0,24$ $R_v = 0,24 \cdot d_1^2$ pour cat 1-2

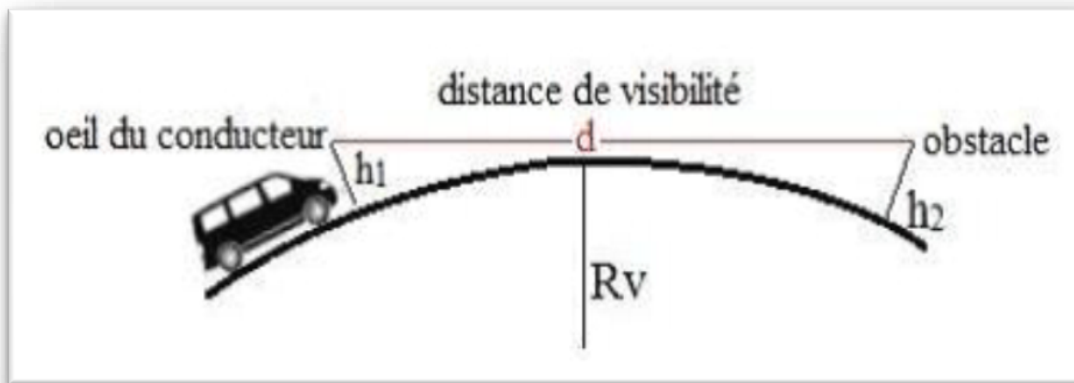


Figure III-9 : Raccordement convexe.

Les rayons assurant ces deux conditions sont données par les normes de **B40** en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnelle et pour une vitesse de base $V_r = 80 \text{ Km/h}$ et pour la catégorie 1 on à :

Catégorie	C₁	
Environnement	E₂	
Vitesses de base (Km/h)	80	
Rayon en angle Saillant R_v	Route unidirectionnelle : (2x2 voies)	
	R_{vm} (minimal absolu) en m	2500
	R_{vn} (minimal normal) en m	6000
	R_{vd} (Rayon de dépassement)	11000

Tableau III.10 : Rayons de Raccordements convexes.

c. Distance élémentaire de freinage (d_0) :

C'est la distance nécessaire pour permettre une roue dotée de pneus normalement sculptés, roulant (une vitesse V), de s'arrêter en sécurité sur une chaussée mouillée propre.

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{Vr^2}{f_L \pm i}$$

Avec :

+i : il s'agit d'une rampe.

-i : il s'agit d'une pente en descente.

f_L : Coefficient de frottement longitudinal des pneus sur la chaussée. Dépend de la vitesse de référence et de la catégorie de la route.

V(km/h)	40	60	80	100	120
Cat 1.2	0,45	0,42	0,39	0,36	0,33
Cat 3.4.5	0,49	0,46	0,42	0,40	0,36

Tableau III.11 : Valeurs du coefficient de frottement longitudinal (B40).

Catégorie	V(km/h)	40	60	80	100	120
Cat 1.2	i (%)	8	4,7	2,9	1,95	1,33
Cat 3.4.5	i (%)	8	2	3,3	2,2	1,30

Tableau.III.12 : Vitesse de référence en fonction des catégories.

	E1	E2	E3
C1 et C2	V > 80km/h → t = 1,8s		t = 1,8s
	V ≤ 80km/h → t = 2,0s		
C3, C4 et C5	V > 60km/h → t = 1,8s		
	V ≤ 60km/h → t = 2,0s		

Tableau III.13 : Le temps de perception.

d. Distance d'arrêt (d_1) :

Cette distance peut être décomposée en deux parties : la distance de réaction (d_R) et la distance de freinage (d_F).

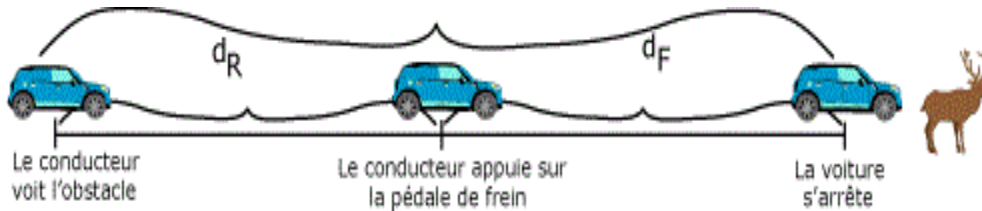


Figure III.10 : Distance d'arrêt.

En palier

$$d_1 = d_0 + \frac{V_r}{3,6} \times t$$

t : temps de perception réaction c'est-à-dire le temps qui s'écoule entre la vision de l'obstacle et le freinage effectif. Il est fonction de la vitesse de référence, de l'environnement et de la catégorie de la route.

Dans les circulaires, le temps réel de perception-réaction est fixé comme suit :

$$1,3+0,5 = 1,8s \quad \text{pour } V_r > 100 \text{ km/h}$$

$$1,5+0,5 = 2,0s \quad \text{pour } V_r \leq 100 \text{ km/h}$$

III.4.7.2 Raccordement Concaves (Angle Rentrant)

Dans un raccordement concave, les conditions de visibilité du jour ne sont pas déterminantes, lorsque la route n'est pas éclairée la visibilité de nuit doit par contre être prise en compte.

Cette condition s'exprime par la relation :

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

Avec :

Rv' : rayon minimum du cercle de raccordement.

d₁ : distance d'arrêt.

Rayon en angle rentrant R_v	Route unidirectionnelle : (2x2 voies)	
	$R_{v'm}$ (minimal absolu) en m	2400
	$R_{v'n}$ (minimal normal) en m	3000

Tableau III.14 : Rayons de Raccordements concaves.

Application au Projet

Choix des rayons de raccordement en profil en long

Catégorie (C1)

Environnement (E2)

La chaussée unidirectionnelle (Route à 2x2 voies de 3,5 m)

$V_r = 80 \text{ Km/h}$

1. CALCUL LES RAYONS POUR LES ANGLES SAILLANTS « R_v »

➤ Calcul la distance de freinage

- Pour $V = V_r = 80 \text{ Km/h}$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{V_r^2}{f_L \pm i}$$

$$V = V_r = 80 \text{ Km/h} \Rightarrow i = 2,9 \%$$

$$C1 \text{ et } V_r = 80 \text{ Km/h} \Rightarrow f_L = 0,39$$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{0,39 + 0,029} \Rightarrow d_0 = 61,10\text{m}$$

➤ Calcul la distance d'arrêt

- Pour $V = V_r = 80 \text{ Km/h}$

$$d_1 = d_0 + \frac{V_r}{3,6} \times t$$

$$\text{Avec : } t = 1,5 + 0,5 = 2,0\text{s} \quad \text{pour } V_r \leq 100 \text{ km/h}$$

$$d_1 = 61,10 + \frac{80}{3,6} \times 2,0 \Rightarrow d_1 = 105,54\text{m}$$

- Pour $V = V_r + 20 = 100 \text{ Km/h}$

$$V = V_r = 100 \text{ Km/h} \Rightarrow i = 1,95 \%$$

$$C1 \text{ et } V_r = 100 \text{ Km/h} \Rightarrow f_L = 0,36$$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{100^2}{0,0195 + 0,36} \Rightarrow d_0 = 105,40m$$

$$d_1 = 105,40 + \frac{100}{3,6} \times 1,8 \Rightarrow d_1 = 155,40m$$

- le rayon minimal absolu : $R_{Vm} = RV(d_1)$ pour : $V = V_r$.
- le rayon minimal normal : $R_{Vn} = RV(d_1)$ pour : $V = V_r + 20 \leq 100 \text{ Km / h}$.

➤ **Rayon minimal absolu**

$$R_{Vm} \geq 0,24 \times d_1^2$$

$$R_{Vm} = 0,24 \times 105,54^2 \Rightarrow R_{Vm} = 2673,29m$$

➤ **Rayon minimal normal**

$$R_{Vn} = 0,24 \times 155,40^2 \Rightarrow R_{Vn} = 5795,80m$$

2. CALCUL DES RAYONS POUR LES ANGLES RENTRANT « R'V »

➤ **Rayon minimal absolu R'Vm**

$$V \geq V'$$

$$V' = 60 \text{ Km / h pour C1, C2 (condition de confort)}$$

$$R'Vm = 0,3 \times 60^2 \Rightarrow R'Vm = 1080m$$

➤ **Rayon minimal normal R'Vn**

$$V \geq V'$$

$$V' = V + 20 = 100 \text{ Km / h pour}$$

$$R'Vm = 0,3 \times 100^2 \Rightarrow R'Vm = 3000m$$

III.5 Profil en Travers

III.5.1 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 eauxetc.).

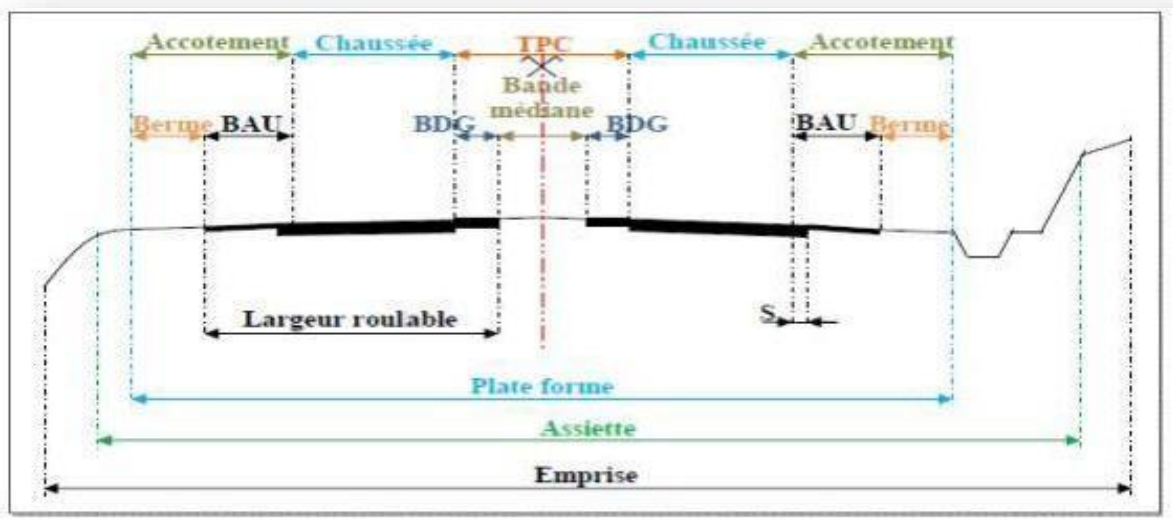


Figure III.11 : Profil en travers type.

TPC : terre-plein centrale **BAU** : bande d'arrêt d'urgence **BDG** : bande d'arrêt de gauche

S : sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive (m)

III.5.2 Différents types de profil en travers

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

a. profil en travers type :

Il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (en remblai, en déblai, en alignement et en courbe).

b. profil en travers courants :

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

III.5.3 Les éléments de composition du profil en travers

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

a. La chaussée :

C'est la partie affectée à la circulation des véhicules.

La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central (TPC).

b. La largeur roulable :

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

c. La plate forme :

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

d. Assiette :

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

e. L'emprise :

C'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances elle coïncidant généralement avec le domaine public.

f. Les accotements :

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

Il comporte généralement les éléments suivants :

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

g. Les trottoirs :

Dans les agglomérations les accotements sont spécialement aménagés pour la circulation des piétons, ils prennent le nom de trottoir.

h. Banquettes :

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

Une levée de terre appelée banquettes .de nos jours les banquettes sont remplacées par des glissières de sécurité.

- i. Descentes de l'eau :** Elles permettent l'évacuation des eaux de ruissellement le long des talus de remblai ou de déblai.
- j. Bande d'arrêt d'urgence :** Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue.
- k. 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.
- l. Terre- plein central (T.P.C) :** Il assure la séparation matérielles des deux sens de circulation, sa largeur est de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.
- m. 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.
- n. 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.

- o. La largeur de la chaussée :** La largeur de la chaussée dépend surtout de l'importance de la circulation à écouler.

Application au Projet

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour la RN16 sera composé d'une chaussée de dédoublement.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- Deux chaussée à double voies : $2 \times (3,5 \times 2) = 2 \times 7,00$
- Accotement : $2 \times 2\text{m}$
- Terre-plein centrale (TPC) : 2m
- Plate-forme : $20,00\text{m}$

III.6 Cubature

III.6.1 Généralité

L'exécution d'ouvrages en génie civil exige la modification des formes naturelles du terrain afin d'obtenir une surface uniforme en rapport avec la ligne du projet. Ces modifications s'effectuent soit par apport de terre prélevée dans le cas de remblais ou bien par excavation des terres existantes dans le cas de déblai. La détermination et le calcul des volumes déblais/remblais à déplacer en respectant les profils en long et les profils en travers fixés est essentielle dans l'évaluation des coûts du projet.

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

III.6.2 Définition

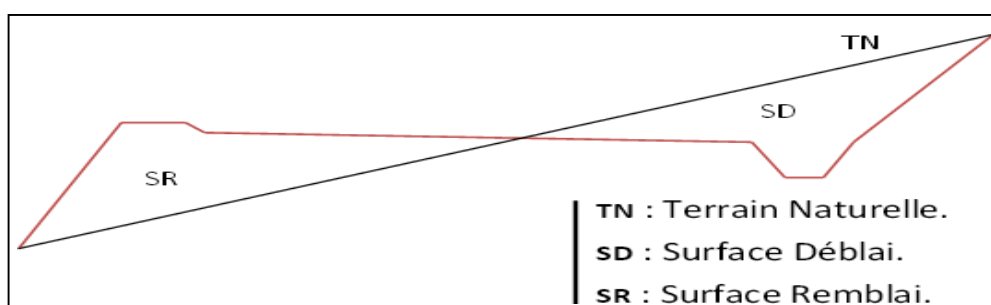
Les cubatures des terrassements est le calcul des remblais et des déblais. Elle est nécessaire pour :

- Estimer les dépenses du poste terrassement
- Choisir entre plusieurs variantes
- Prévoir le mouvement des terres, la façon de le réaliser, le nombre et utilisation des engins de terrassement.

III.6.3 Méthode de Calcul Des Cubatures

Les cubatures sont des calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais il existe plusieurs méthodes qui simplifient le calcul des cubatures. Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblais et des déblais, parmi lesquelles on peut citer :

- Méthode de la moyenne des aires (méthode par excès).
- Méthode de l'aire moyenne (méthode par défaut).
- Méthode de la longueur applicable
- Méthode de GULDEN



III.6.4 Méthode Utilisée

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.

En utilisant la formule qui calcul le volume compris entre deux profils successifs

$$V = \frac{L}{6} (S_1 + S_2 + 4 \times S_{Moy})$$

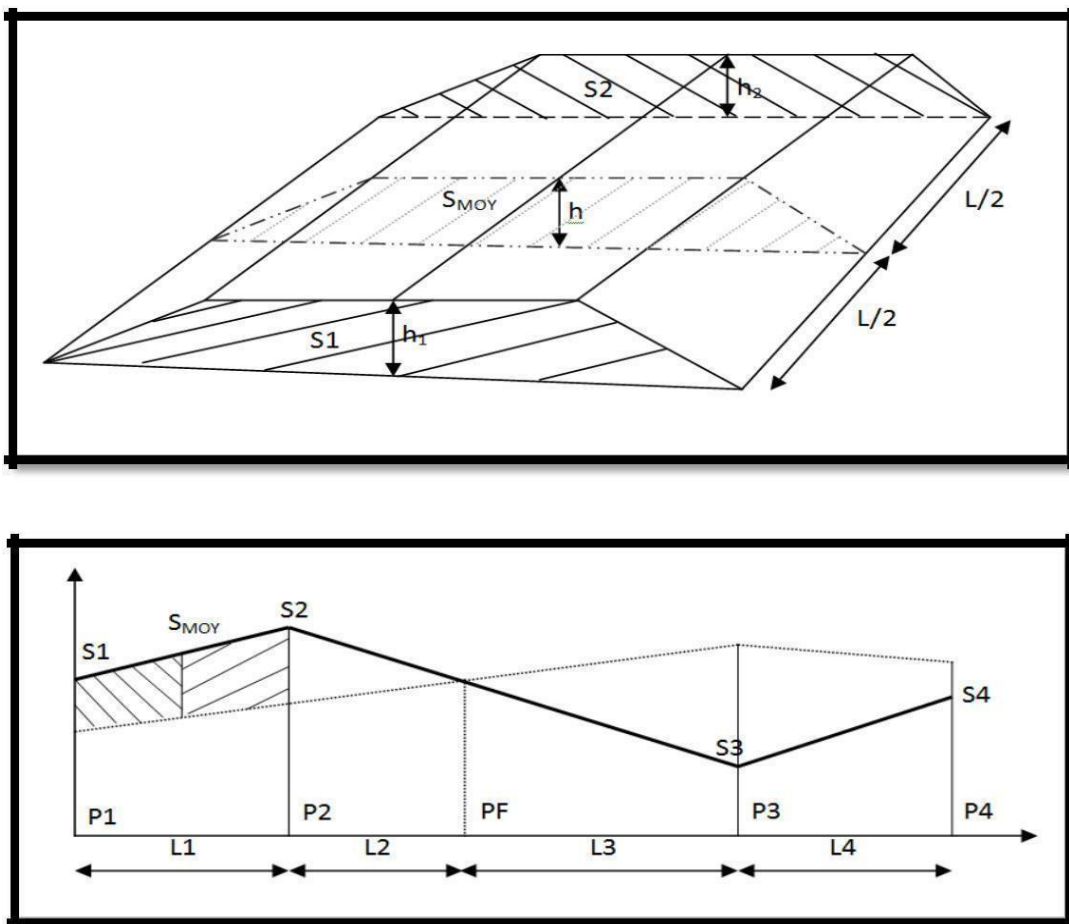


Figure III.12 : Les sections des profils en travers d'un tracé donné.

Tel que :

PF : profil fictive, surface nulle.

Si : surface de profil en travers P_i .

Li : distance entre ces deux profils.

SMoy : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance L_i).

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions S_{MOY} et $(S_1+S_2)/2$ ceci donne :

$$V_1 = \frac{L_i}{2} \times (S_i + S_{i+1})$$

Avec :

V : Volume (m³).

S_i et S_{i+1} : Surface de deux profils en travers successifs (m²).

L_i : Distance entre ces deux profils (m)

Donc les volumes seront :

$$V_1 = \frac{L_1}{2} \times (S_1 + S_2) \quad \text{Entre P1 et P2}$$

$$V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0) \quad \text{Entre P2 et PF}$$

$$V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3) \quad \text{Entre PF et P3}$$

$$V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4) \quad \text{Entre PF et P3}$$

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

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

III.6.5 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).

Pour notre calcul automatique des courbures par le logiciel **COVADIS16.0** nous avons utilisé la méthode de GULDEN et les résultats obtenus sont en annexe mais ici (ci – dessous) nous donnons les résultats final du volume de remblais et déblais.

Le volume de déblais est de: **VD = 183802,7 m³**

Le volume de remblai est de: **VR = 16771,4 m³**

III.7 Conception de Carrefour

III.7.1 Définition

Un carrefour est un lieu d'intersection deux ou plusieurs routes au même niveau.

Le bon fonctionnement d'un réseau de voirie, dépend essentiellement de la performance des carrefours car ceux-ci présentent des lieux d'échanges et de conflits où la fluidité de la circulation et la sécurité du trafic sont indispensables.

L'analyse des carrefours sera basée sur les données recueillies lors des enquêtes directionnelles, qui doivent fournir les éléments permettant de faire le diagnostic de leur fonctionnement.

III.7.2 Les principaux types des carrefours

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

III.7.2.1 Carrefour à trois branches

a. Carrefour à trois branches (en T) :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires.

Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.

b. Carrefour à trois branches (en Y):

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principale est oblique.

III.7.2.2 Carrefour à quatre branches (en croix)

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

III.7.2.3 Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire

Le carrefour à sens giratoire est un carrefour plan qui comprend un terre-plein central (en forme de cercle ou ovale généralement), ceinturé par une chaussée mise à sens unique. L'îlot central a un rayant souvent supérieure à douze mètre, une courbe de petit rayant à l'entrée freine les véhicules et permet la convergence sous un angle favorable (30° à 40°), la sortie doit de plus grand rayant pour rendre le dégagement plus facile.

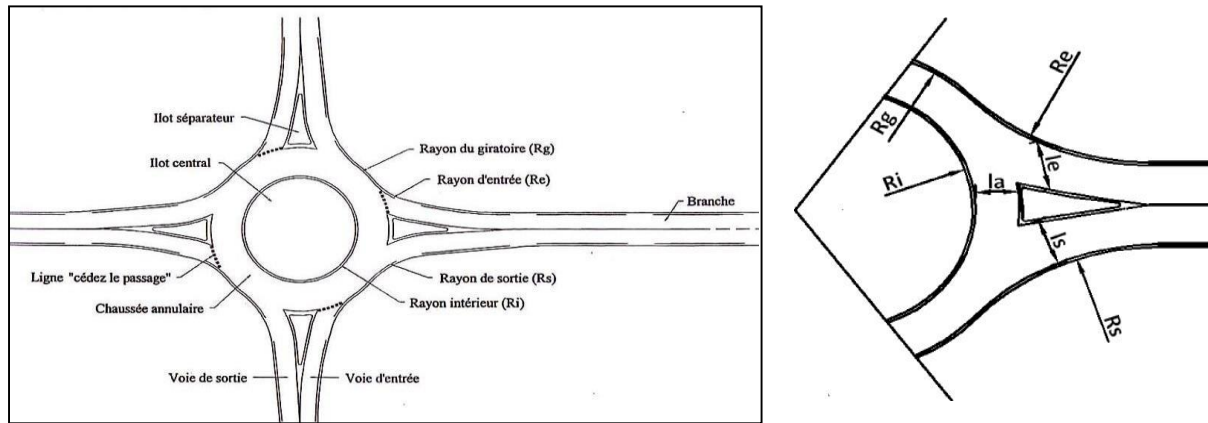


Figure III.13 : Carrefour Giratoire.

III.7.3 Données utiles à l'aménagement d'un carrefour

Le choix d'un aménagement de carrefour doit s'appuyer sur un certain nombre des données essentielles concernant :

- La valeur de débit de circulation sur les différentes branches et l'intensité des mouvements tournant leur évolution prévisible dans le future.
- Les types et les causes des accidents constatés dans le cas de l'aménagement d'un carrefour existant. Les vitesses d'approche à vide pratique.
- Les caractéristiques des sections adjacentes et des carrefours voisins. Le respect de l'homogénéité de tracé.
- La surface neutralisée par l'aménagement.
- La condition topographique.

III.7.4 Principes généraux d'aménagement d'un carrefour

- Les cisaillements doivent ce produire sous un angle de 90 ± 20 à fin d'obtenir de meilleure condition de visibilité et la prédication des vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une largeur traversée minimale. Ralentir à l'aide des caractéristiques géométriques les courants non prioritaires.
- Regrouper les points d'accès à la route principale.
- Assurer une bonne visibilité de carrefour.
- Soigner tout particulièrement les signalisations horizontales et verticales.
- Eviter si possible les carrefours à feux bicolores.

III.7.4.1. La visibilité :

Dans l'aménagement d'un carrefour il faut lui assurer les meilleures conditions de visibilité possibles, à cet effet on se rapproche aux vitesses d'approche à vide.

En cas de visibilité insuffisante il faut prévoir :

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

III.7.4.2 Triangle de visibilité :

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

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

Le dessin ci-après montre comment se construisent les triangles de visibilité à partir des éléments précisés ci-dessous (lorsqu'il s'agit d'un carrefour en croix, et que la route principale est bidirectionnelle, on construit naturellement quatre triangles de visibilité suivant les modalités correspondantes aux régimes de priorité envisagés).

III.7.4.3 Données de base

- La nature de trafic qui emprunte les itinéraires.
- La vitesse d'approche à vide (V_0) qui dépend des caractéristiques réelles de l'itinéraire au point considéré et peut être plus élevée que la vitesse de base.
- Les conditions topographiques.

D'après le B40 :

En catégorie **C1** et environnement **E2**, $V_r = 80$ km/h ; $V_0 = 100$ km/h; type de route (4voies).

a = 2,5m (distance entre l'œil de conducteur du véhicule non prioritaire et la ligne d'arrêt).

- d_p (VP) = 220m.
- d_p (PL) = 275m.
- d_p (t.à.g) = 270m.
- d_p (c.à.d.) = 250m.

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

Pour un îlot séparateur, les éléments principaux de dimensionnement sont :

- Décalage entre la tête de l'îlot séparateur de la route secondaire et la limite de la chaussée de la route principale : **1m**.
- Décalage d'îlot séparateur à gauche de l'axe de la route secondaire : **1m**.
- Rayon en tête d'îlot séparateur : **0,5 m à 1m**.
- Longueur de l'îlot : **15 m à 30 m**.

III.7.5 Îlot directionnel

Les îlots directionnels sont nécessaires pour délimiter les couloirs d'entrées et de sortie. Leur nez est en saillie et ils doivent être arrondis avec des rayons de **0,5 à 1 m**

III.7.6 Couloirs d'entrée et de sortie

Longueur de couloirs $\left\{ \begin{array}{l} \text{Entrée } \mathbf{4m} \text{ (accotement dérasé } \mathbf{1,5m}) \\ \text{Sortie } \mathbf{5m} \text{ (accotement dérasé } \mathbf{0,5m}) \end{array} \right.$

Pour les routes de 2x2 voies **7 m** (entrée), **7 m** (sortie).

III.7.6.1 Voies de décélération:

a. Type parallèle

Les voies de décélération de type parallèle sont utilisées principalement pour les tournes-à-gauche de sortie. Les longueurs correspondantes figurent dans le tableau suivant :

La vitesse d'approche VA (km/h)	60	80-90	100-110	120
LD (m)	70	115	170	240
LS (m)	40	50	60	75

LD : longueur totale comprise entre le nez d'îlot séparateur et l'entrée du sifflet de raccordement.

LS : longueur du sifflet de raccordement, compris dans LD.

le nez d'îlot : Tête d'îlot particulière marquant la divergence de deux courants (îlots directionnels) ou l'entrée dans le carrefour (îlot séparateur de deux courants de sens opposé).

Remarque : La largeur des voies de décélération tourne-à-gauche est de 3,5 m quelle que soit la valeur de VA.

Tableau III.15 : Longueur de voies de décélération type parallèle.

b. Type diagonal

L'usage de voie de décélération de type diagonal est recommandé pour les tournes-à-droite de sortie. Elle comporte un biseau de sortie rectiligne, un raccordement à courbure progressive parcouru à décélération constante et un arc de cercle, la longueur du biseau LB comprise entre les nez de sortie réduit à 1m, l'entre de biseau est fixée comme suit :

VA (Km/h)	≤ 90	100-110	120			
Rayon de cercle final (m)	≥ 10	≥ 25	40	45	50	≥ 60
LB (m)	80	110	145	135	125	110

Tableau III.16 : Longueur de biseau et rayon de cercle final.

Les éléments de construction du raccordement à courbure progressive indiqués en fonction de la vitesse d'approche à vide et du rayon du cercle final. La largeur des voies de décélération de type diagonal dépend des sur largeurs éventuelles en courbe, et jamais inférieure à 4 m (avec accotement dérasé de 1,50 m).

III.7.6.2 Voie d'insertion

Les voies d'insertion sont du type parallèle et comportent un arc de cercle, éventuellement un raccordement progressif, une partie rectiligne parallèle à la route principale et un sifflet de raccordement.

La voie d'insertion a une longueur totale $L(m)$. elle comprend une voie d'accélération parallèle à la route principale et un biseau d'insertion dont la longueur $l(m)$ est comptée entre l'extrémité de la voie d'accélération et le point où la longueur du sifflet se réduit à 1,5m.

VA (km/h)	60	80	90	100	110	120
L (m)	140	180	210	240	270	320
l (m)	40	50	60	70	75	80
L : longueur totale l : longueur biseau (l compris dans L)						

Tableau III.17 : Paramètre voie d'insertion.

Les longueurs des voies d'insertion en fonction de la vitesse d'approche à vide.

On remarque que les voies d'insertion ont pour largeur :

- 3,00 m pour $VA < 100\text{km/h}$.
- 3,50 m pour $VA > 100\text{km/h}$.

III.7.7 Application au projet:

Diagrammes de visibilité :

Carrefour giratoire à la fin de projet (intersection de dédoublement avec la RN16) :

On a les deux itinéraires **A** (dédoublement) prioritaire et **B** (la RN16) non prioritaire à deux voies de catégorie C1 et environnement E2 pour chacun des deux.

Vitesse d'approche de la RN16 (soit l'itinéraire A) : $V_A = 100\text{ km/h}$

Vitesse d'approche de la route secondaire (soit l'itinéraire B) : $V_B = 80\text{ km/h}$

d_{np} : la distance d'arrêt des véhicules non prioritaires.

D_p : la distance parcourue par le véhicule prioritaire pendant le freinage éventuel du véhicule non prioritaire.

Itinéraire A non prioritaire : $d_A = 160\text{ m} \rightarrow d_B = 80/100 \cdot 160 = 130\text{ m}$

Itinéraire B non prioritaire : $d_B = 110\text{ m} \rightarrow d_A = 100/80 \cdot 110 = 135\text{ m}$

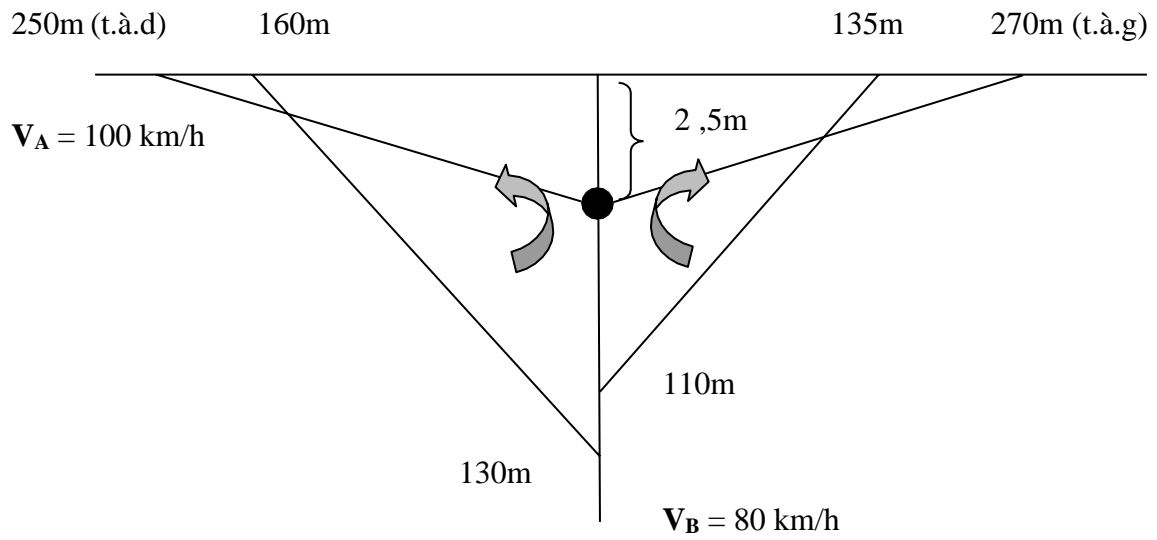


Figure III.14 : Diagramme de visibilité priorité à droite.

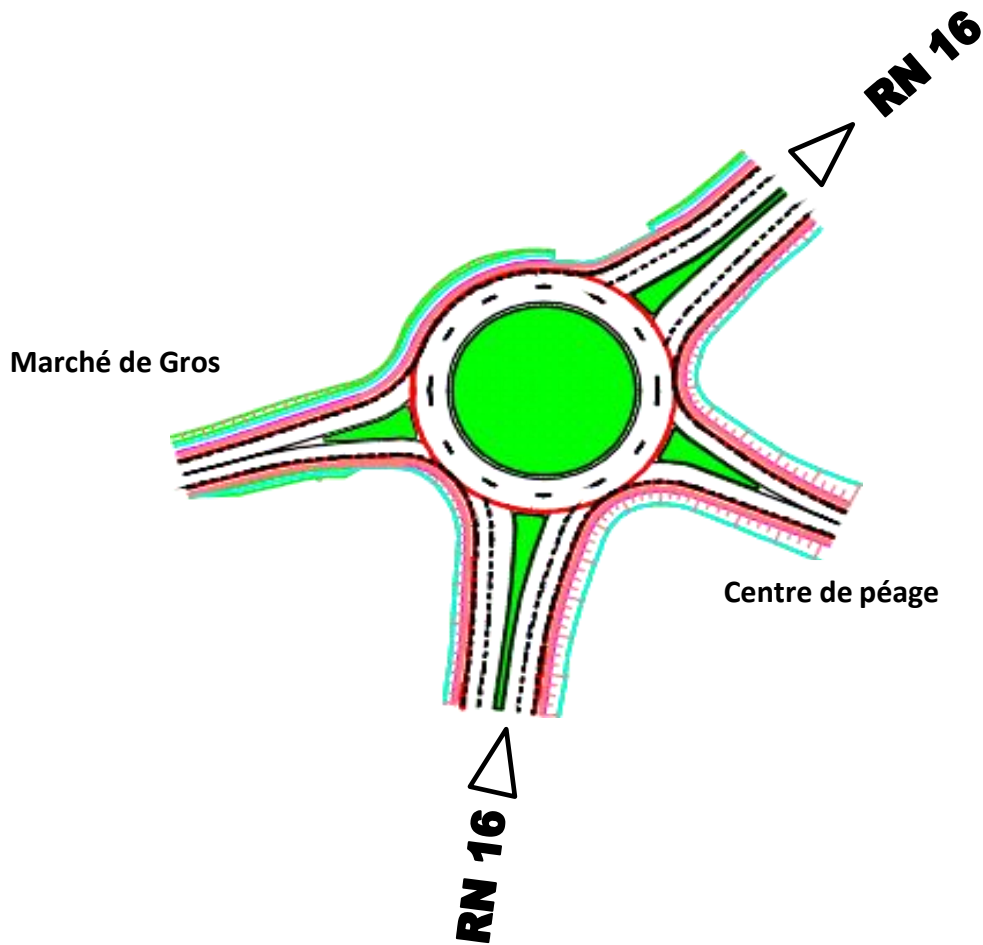



Figure III.15 : Carrefour giratoire à 4 branches



Chapitre IV
Assainissement
et dépendances de la route

IV.1 ASSAINISSEMENT

IV. 1.1 Généralité

L'eau est le pire ennemi de la route ; d'où une étude hydrologique sérieuse est impérative pour que la route survive aux aléas provenant des eaux de pluie dont il faut faire face. Pour cela, on doit veiller à une bonne évacuation des eaux ; remontées des eaux par capillarité et les infiltrations d'eau.

Les dégradations que subisse la route sont généralement causées par un mauvais drainage, et une mauvaise évacuation d'eau. La stagnation des eaux sur la chaussée pose des problèmes de sécurité pour les usagers et peut détériorer la couche d'enrobé de la route « nid de poule ou formation de cuvette ». L'eau provoque l'érosion des talus en l'absence de végétation et diminue leur stabilité.

L'eau qui s'infiltré sous la route peut détériorer le corps de la chaussée et diminuer la portance du sol de fondation.

On peut définir l'assainissement routier comme étant l'ensemble des dispositifs constructifs contribuant à assainir la route dans quatre domaines à savoir :

- Le rétablissement des écoulements naturels.
- La collecte et l'évacuation des eaux de surface.
- La lutte contre la pollution routière.
- Le drainage des eaux internes.

IV.1.2 Rétablissement des écoulements naturels

Le rétablissement des écoulements naturels consiste à assurer la continuité des écoulements superficiels des bassins versant interceptés par route.

Ce rétablissement doit être adapté aux enjeux (inondation, érosions ou atterrissements, pérennité de l'infrastructure, sécurité des usagers et respect du milieu aquatique) qu'il convient d'identifier et doit être conçu dans le respect des réglementations en vigueur.

La route peut constituer un obstacle préjudiciable à l'écoulement naturel et réciproquement, celui-ci peut générer des dommages à la route. Les ouvrages hydraulique de rétablissement des écoulements naturels devront être correctement dimensionnés pour limiter les risques :

- D'inondation et de submersion ou de dégradation de la route dans des seuils admissibles.
- D'inondation en amont de la voie.
- De rupture de l'ouvrage routier.

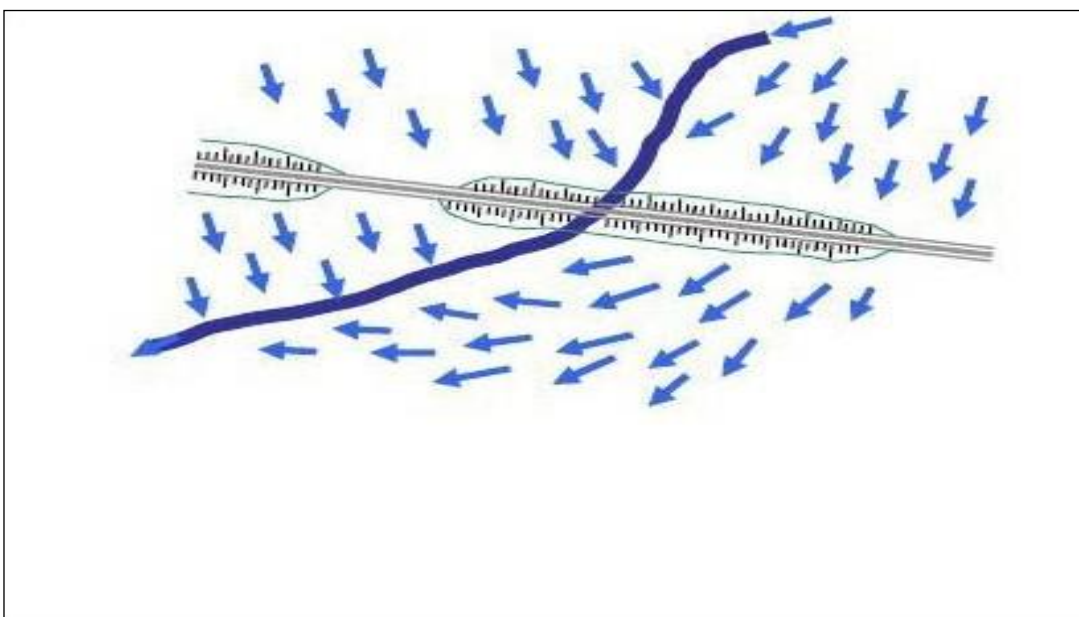


Figure IV.1 : Déplacement du point de concentration des eaux.

IV.1.3 La collecte et l'évacuation des eaux de surface

Cette partie s'intéresse aux différents éléments que rencontre l'eau sur un projet d'assainissement classique.

IV.1.4 Couche de roulement

Une fois arrivé sur la couche de roulement de la chaussée, l'eau suit le parcours forte pente qui s'offre à elle. soit la couche de roulement est perméable et l'eau s'y infiltre, soit comme dans la majorité des cas, la chaussée est imperméable et l'eau s'écoule sur la couche de roulement jusqu'à être transporté par un dispositif prévu à cet effet (caniveau, fossé, cunette).

IV.1.5 Caniveau, fossé et cunette

L'assainissement de surface en bordure de voies rapides, d'autoroutes de nationales et de routes départementales nécessite la collecte des eaux de ruissellement de chaussées.

Le caniveau à fente, la cunette, le fossé trapézoïdal et le caniveau rectangulaire remplissent cette fonction. Ils sont réalisés à partir de la technique du coffrage glissant.

Tous ces systèmes collectent le long des routes et des autoroutes les eaux de pluie pour éviter qu'elles ne pénètrent sous la chaussée ce qui provoquerait le ramollissement de sa fondation et sa destruction irrémédiable.

- Un fossé est un ouvrage hydraulique rustique, longitudinal, Il sert à la collecte des eaux de ruissellement. Il est creusé dans le terrain au-delà de l'accotement. Il est caractérisé par sa section courante et sa pente ;

- Les fossés trapézoïdaux peuvent être en béton ou en terre suivant les moyens disponible et l'importance des chaussées ;
- Les fossés en béton peuvent être préfabriqués ou coulés en continue.

Une cunette est un fossé peu profond engazonné ou revêtu et aux formes douces pour améliorer la sécurité des usagers.

Le terme caniveau regroupe la famille d'ouvrages de collecte et de transport longitudinal des eaux de ruissellement de la route.

IV.1.6 Objectif de l'assainissement

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

Assurer l'évacuation rapide des eaux de ruissellement de surface de chaussée.

Garantir la stabilité de l'ouvrage pour toute sa durée de vie.

La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de la surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).

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

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

IV.1.7 Assainissement de la chaussée

La détermination du débouché a donné aux ouvrages tels que dalots, ponts, etc., dépend du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations. Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire.

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

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

- Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cuvettes, caniveaux). Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur et dalot).
- Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de la route dans les meilleures conditions possibles et avec le moindre coût.

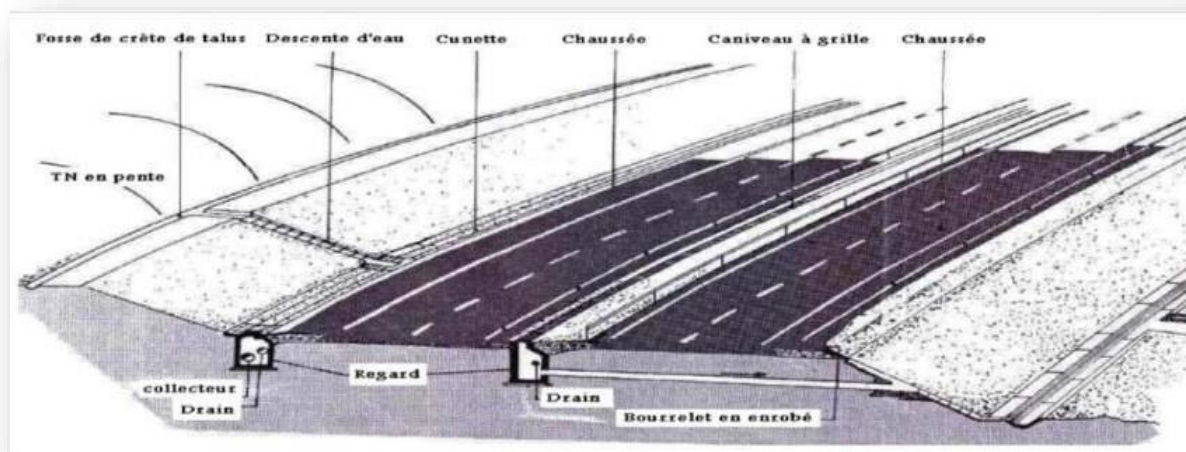


Figure IV.2: Assainissement de la chaussée.

IV.1.8 Quelques définitions

1. Bassin versant :

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

2. Collecteur principal (canalisation) :

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

3. Chambre de visite (cheminée) :

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

Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent.

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

4. Sacs :

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

5. Fossés de crêtes :

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

6. Décence d'eau :

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

7. 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.

IV.1.9 Délimitation Des Sous Bassins Versants

La délimitation de la superficie du bassin versant drainée par un cours d'eau a un site particulier est une opération préliminaire essentielle à toute étude pour établir les dimensions minimales d'une structure ou point de vue hydraulique.

Le bassin versant représente le territoire géographique qui alimente le cours d'eau au droit de l'ouvrage projeté. Il est limité par la ligne de partage des eaux, et permet d'avoir sur le champ une idée de l'envergure du projet et de déterminer la méthode de calcul à utiliser pour dimensionner l'ouvrage.

Hydrologiquement parlant et selon la codification des bassins versants établie par l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH), la zone d'étude de notre projet est inscrit dans leur majeure partie dans le bassin versant de Seybouse (bassin n°14) et partiellement dans les sous bassin de l'oued Oued Mellah (bassin n°05) et l'oued Seybouse (bassin n°05). Ces derniers bassins occupent globalement l'aire de l'étude.

IV.1.10 Contexte climatique ou météorologique

Le territoire de la Wilaya de Guelma se caractérise par un climat subhumide au centre et au Nord et semi-aride vers le Sud. Ce climat est doux et pluvieux en hiver et chaud en été dû au facteur de l'altitude de la wilaya.

La température qui varie de 4° C en hiver à plus de 35° C en été est en moyenne de 17,3° C.

La pluviométrie varie de 400 à 500 mm/an au Sud jusqu' 'à près de 1000 mm/an au Nord. Près de 57% de cette pluviométrie est enregistrée pendant la saison humide (Octobre –Mai), qui justifie les données hydrauliques suivantes :

- Pluie moyenne journalière : $P_j = 52,5$ mm.
- Exposant climatique : $b = 0,63$
- Le coefficient de variation climatique : $C_v = 0,44$

L'eau propre ne doit en aucun cas être perturbé par les eaux de ruissellement, souvent polluées (boues, huiles, végétation, etc.) et ce débit plus conséquent (pour éviter une mise en charge).

IV.1.11 Dimensionnement des ouvrages d'évacuations

Le dimensionnement de différents types d'ouvrages d'assainissement résulte de la comparaison du débit d'apport et le débit de saturation de chaque type d'ouvrage.

IV.1.12 Estimation du débit d'apport (Qa)

$$Q_a = K \times C \times I_t \times A$$

Où :

K : coefficient qui permet la conversion des unités (mm/h en l/s) $K = 0,2778$.

C : coefficient de ruissellement.

I_t : intensité moyenne de la pluie de fréquence déterminée pour une durée égale au temps de concentration (mm/h).

A : aire du bassin versant (m²).

- Détermination de l'intensité de la pluie I_t

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^b$$

Où :

I : Intensité de la pluie (mm/h).

t_c : temps de concentration (h).

b : Exposant climatique.

- L'intensité horaire

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

P (t) : Hauteur de la pluie de durée t_c (mm).

- Temps de concentration

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

$$\text{Lorsque } A < 5 \text{ km}^2 ; \quad t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} \dots\dots\dots \text{Ventura}$$

$$\text{lorsque } 5 \text{ km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2 ; \quad t_c = 0,108 \times \sqrt[3]{\frac{A \cdot L}{P}} \dots\dots\dots \text{Giandotti}$$

$$\text{lorsque } 25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2 ; \quad t_c = \frac{4\sqrt{A+1,5L}}{0,8 \cdot \sqrt{H}} \dots\dots\dots \text{Passini}$$

Où :

T_c : Temps de concentration (heure).

A : Superficie du bassin versant (km²).

L : Longueur de bassin versant (km).

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

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

- **Pluie journalière maximale annuelle P_j**

Pluie journalière maximale annuelle P_j est donné par la formule de GALTON

$$P_j(\%) = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \cdot e^{u \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)}}$$

P_j moy : pluie moyenne journalier

C_v : coefficient de variation climatique.

u : variation de Gauss, donnée par le tableau suivant :

Fréquence %	50	20	10	5	2	1
Période de retour (ans)	2	5	10	20	50	100
Variable de Gausse	0	0,841	1,282	1,645	2,057	0,327

Tableau IV.1: Variable de Gausse.

Remarque :

Les buses seront dimensionnées pour une période de retour de 10 ans.

Les ponceaux (dalot) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.

Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

Caracteristique	Station De Bouchegouf
Minimum (Observé, mm)	24,3
Maximum (Observé, mm)	121
Moyenne (mm)	52,5
Ecart-type (mm)	23.4
Médiane (mm)	45.5
Coefficient de variation (Cv)	0.44
Coefficient d'asymétrie (Cs)	1,31

Tableau IV.2: Estimation des caractéristiques statiques des pluies maximales journalières

Frequences	Periode De Retour	□□□□□□%(mm)
10%	10 ans	80,9
2%	50 ans	110
1%	100 ans	123
0.10%	1000 ans	168

Tableau IV.3: Quantiles des pluies maximales journalières

➤ **Coefficient de ruissellement :**

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

Type de chaussée	C	Valeurs prises
Chaussée revêtement en enrobes	0,80 à 0,95	0,90
Accotement (sol légèrement perméable)	0,15 à 0,40	0,40
Talus (sol perméable)	0,10 à 0,30	0,30
Terrain naturel	0,05 à 0,20	0,20

Tableau IV.4 : Coefficient de ruissellement.

➤ **Calcul de débit de saturation (Qs)**

Le débit de saturation est donné par la formule de Manning- Strickler.

La formule permet de déterminer la vitesse d'écoulement dans un ouvrage hydraulique et le débit capable de l'ouvrage.

$$Q_s = S_m \times K_{st} \times J^{1/2} \times R_h^{2/3}$$

K_{st} : coefficient de Manning Strickler

K_{st} : 30 Paroi en terre

K_{st} : 70 Paroi en bétons (dalots).

K_{st} : 80 Paroi en bétons (buses préfabriquées).

S_m : section mouillée.

R_h: rayon hydraulique (m). $R_h = S / P$

J : La pente moyenne de l'ouvrage.

IV.1.13 Dimensionnement des buses

Constituées d'éléments préfabriqués en béton ou en métal, elles peuvent être circulaires ou elliptiques.

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport et le débit de saturation de cette buse, c'est-à-dire il faut que Q_a soit inférieur à Q_s.

Donc le principe consiste à chercher le rayon de la buse qui vérifie cette condition.

$$Q_s = S_m \times K_{st} \times J^{1/2} \times R_h^{2/3} \quad Q_a = K.C.It.A$$

$$S_m: \text{section mouillée,} \quad S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$$

R_h : rayon hydraulique, $R = 1/2$

K_{st} = 80 pour les buses en béton.

J: la pente de pose égale la pente de profil en travers.

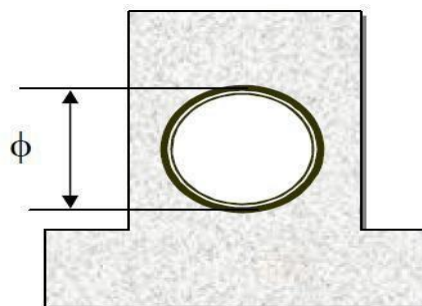


Figure IV.3: Schéma d'une buse.

$$Q_s = Q_a \Rightarrow R^3 = \frac{2^{5/3} \times Q_a}{80 \times \pi \times \sqrt{J}}$$

Une fois le rayon R est déterminé on prend le diamètre de la buse $\varnothing = 2R$

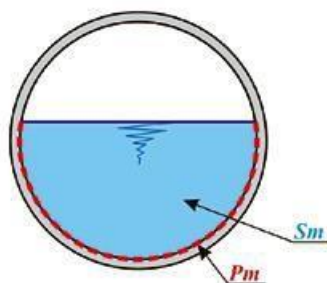


Figure IV.4: Section transversale d'un ouvrage d'assainissement.

IV.1.14 : Dimensionnement des dalots

Ce sont soit des cadres, soit des portiques en béton armé. Ils peuvent être directement placés sous la chaussée ou sous un remblai.

La section de dalot est calculée comme pour le fossé ; seulement on change la hauteur de remplissage et la hauteur du dalot.

On fixe la hauteur d'après la configuration du profil en long et on calcule la travée nécessaire et on fixe aussi la hauteur de remplissage à $\rho = 0,8h$.

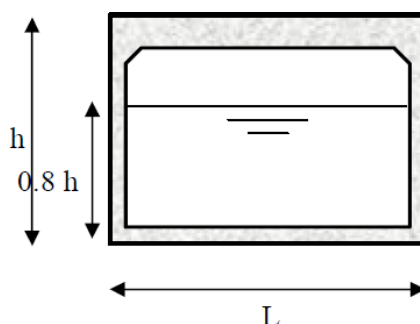


Figure IV.5: Schema d'un dalot.

$$Q_s = K_{st} \cdot J^{1/2} \cdot 0,8h \times L \left[\left(\frac{0,8h \times L}{1,6h + L} \right)^{2/3} \right]$$

$K_{st} = 70$ (dalot en béton)

J : pente du dalot.

Le débit rapporté par le bassin versant, doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot.

$$Q_s = Q_a \quad Q_s = K_{st} \cdot J^{1/2} \cdot 0,8h \times L \left[\left(\frac{0,8h \times L}{1,6h + L} \right)^{2/3} \right] \times 0,8h \times L$$

On tire la valeur de h qui vérifie cette inégalité, par itération.

IV.1.15 : Dimensionnement des fossés

Les fossés récupèrent les eaux de ruissellement venant de la chaussée, de l'accotement et de talus.

Pour mon étude j'adopte des fossés en béton, ceci est fonction des pentes du fossé et la nature des matériaux le sol support.

Le profil en travers hypothétique de fossé est donné dans la figure ci-dessous On fixe la base de la fosse à ($b = 50$ cm) et la pente du talus à ($1/n = 1/1,5$) d'où la Possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h .

➤ Calcul de la surface mouillée

$$S_m = bh + 2 \frac{eh}{2} = bh + n \cdot h^2 = h(b + n \cdot h) \quad \Rightarrow \mathbf{S_m = h(b + n \cdot h)}$$

$$\text{avec } \operatorname{tg} a = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{d'où } e = n \cdot h$$

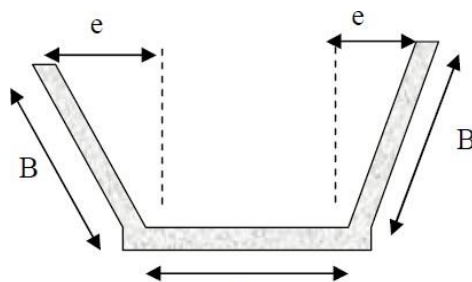


Figure IV.6: Schéma d'un fossé.

➤ Calcul du périmètre mouillé

$$P_m = b + 2 \cdot B \quad \Rightarrow \mathbf{P_m = b + 2h \cdot \sqrt{1 + n^2}}$$

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

➤ **Calcul le rayon hydraulique**

$$Rh = \frac{Sm}{Pm} = \frac{h(b + n \cdot h)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}}$$

Les dimensions des fossés sont obtenues en écrivant l'égalité du débit d'apport et débit d'écoulement au point de saturation. La hauteur (h) d'eau dans le fossé sera obtenue en faisant l'égalité suivant :

$$Q_s = Q_a \quad \text{K.I.C.A} = S_m \cdot K_{st} \cdot J^{1/2} \cdot Rh^{2/3}$$

$$Q_s = Q_a$$

Donc :

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

IV.1.16 : Application au projet

▪ **Rappel des données pluviométriques**

Les données pluviométriques nécessaires pour le calcul :

Pluie moyenne journalière maximale $P_j = 52,5$ mm

Exposant climatique $b = 0,63$

Coefficient de variation $C_v = 0,44$

▪ **Calcul hydraulique**

a. **Calcul de la pluie journalière maximale annuelle "Pj"**

$$P_j(\%) = \frac{P_{j\text{moy}}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \cdot e^{u \sqrt{\ln(C_v + 1)}}$$

Pour une période de retour égale à 10 ans :

$$u = 1,282, \quad C_v = 0,44, \quad P_{j\text{moy}} = 52,5\text{mm}$$

$$P_j(\%) = \frac{52,5}{\sqrt{0,44^2 + 1}} \cdot e^{1,282 \sqrt{\ln(0,44^2 + 1)}}$$

$$P_j(10\%) = 82,405 \text{ mm}$$

b. **L'intensité horaire "I"**

$$I = \frac{P_j(\%)}{24}$$

$$P_j(10\%) = 82,405\text{mm}; \quad I(10\%) = \frac{82,405}{24} \Rightarrow \quad I(10\%) = 3.434\text{mm/h}$$

c. **Calcul de la surface du bassin versant**

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

- Surface de la chaussée : $A_c = 7,0 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0,07$ ha (Chaque 100 mètre)
- Surface de l'accotement : $A_A = 2 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0,02$ ha
- Surface du talus : $A_t = 4 \times 100 \cdot 10^{-4} = 0,04$ ha

$$A_{\text{total}} = 0,130 \text{ ha}$$

d. Calcul des débits d'apport

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

✓ Le débit apporté par la chaussée

$$C = 0,9, \quad p = 2,5 \%, \quad I(10\%) = 3,434 \text{ mm/h}, \quad A = 0,07 \text{ ha.}$$

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,07}{2,5}} \Rightarrow t_c = 0,167 \text{ ha}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3,434 \times \left(\frac{0,167}{24}\right)^{0,63-1} \Rightarrow I_t = 21,581 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{chaussée}} = 2,778 \times 0,9 \times 21,581 \times 0,07 = 3,777 \text{ m}^3/\text{s}$$

✓ Le débit apporté par l'accotement

$$C = 0,4, \quad p = 4 \%, \quad I(10\%) = 3,343 \text{ mm/h}, \quad A = 0,020 \text{ ha.}$$

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,020}{4}} \Rightarrow t_c = 0,005 \text{ ha}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3,434 \times \left(\frac{0,005}{24}\right)^{0,63-1} \Rightarrow I_t = 79,042 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{accotement}} = 2,778 \times 0,4 \times 79,042 \times 0,020 = 1,757 \text{ m}^3/\text{s}$$

✓ Le débit apporté par le talus

$$C = 0,3, \quad p = 100 \%, \quad I(10\%) = 3,434 \text{ mm/h}, \quad A = 0,040 \text{ ha.}$$

$$t_c = 0,127 \times \sqrt{\frac{A}{P}} = 0,127 \times \sqrt{\frac{0,040}{100}} \Rightarrow t_c = 0,0025 \text{ ha}$$

$$I_t = I \times \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 3,434 \times \left(\frac{0,0025}{24}\right)^{0,63-1} \Rightarrow I_t = 102,151 \text{ mm/h}$$

$$(Q_a)_{\text{talus}} = 2,778 \times 0,3 \times 102,151 \times 0,040 = 3,405 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_a = 3,777 + 1,757 + 3,405 = 8,939 \text{ m}^3/\text{s}$$

▪ Dimensionnement des fossés

A partir des résultats obtenus précédemment

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

K_{st} : coefficient de Manning Strickler = 70

J : La pente moyenne de l'ouvrage = 50%

J'ai obtenue par calcul itératif

$$h = 0,5 \text{ m}$$

▪ Dimensionnement des buses

Exemple

$$Q_a = 2,91 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_s = S_m \times K_{st} \times J^{1/2} \times R_h^{2/3}$$

$$J = 2,5 \%, \quad K_{st} = 80$$

$$S_m = \frac{1}{2} \times \pi \times R^2$$

$$R_h = R/2$$

$$R^{\frac{8}{3}} = \frac{2^{5/3} \times Q_a}{80 \times \pi \times \sqrt{J}}$$

$$R = 0,194 \times \left[\frac{Q_a}{\sqrt{J}} \right]^{3/8} \Rightarrow R = 0,578 \text{ m}$$

$$\text{Donc : } D = 2 \times R = 2 \times 0,578 = 1,156 \text{ m} =$$

$\text{Ø} = 1200 \text{ mm}$

Coefficient de Manning Strickler : 80

Hauteur de remplissage : 0,75Ø pour Ø ≤ 1m

0,80 Ø pour Ø > 1m

▪ Dimensionnement des buses

Coefficient de Manning Strickler : 70

Hauteur de remplissage : 0.8 H si H ≤ 2.5 m

H- 0.5 si H > 2.5 m

Tous les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Désignation	Ouvrage proposé	Désignation	Ouvrage proposé
E 1 (PK 14+185)	Buse Ø 1500	E 9 (PK 17+725)	Dalot 1(150x150)
E 2 (PK 14+563)	Buse Ø 1500	E 10 (PK 18+125)	Dalot 1(150x150)
E 3 (PK 15+175)	Dalot 2(200x200)	E 11 (PK 18+710)	Dalot 3(150x150)
E 4 (PK 15+532)	Buse Ø 1500	E 12 (PK 19+175)	Buse Ø 1000
E 5 (PK 15+875)	Buse Ø 1500	E 13 (PK 19+544)	Dalot 3(100x100)
E 6 (PK 16+264)	Dalot 3(250x250)	E 14 (PK 20+780)	Buse Ø 1000
E 7 (PK 16+800)	Buse Ø 1200	E 15 (PK 21+000)	Buse Ø 1200
E 8 (PK 17+459)	Dalot 2(200x200)	E 16 (PK 21+175)	Buse Ø 1000

Tableau IV.5 : Tableau récapitulatif des ouvrages courants

Dépendance de la Route

IV.2 Signalisation Routière

IV.2.1 Introduction

La signalisation routière permet d'informer les usagers, qu'ils soient conducteurs ou piétons, quant aux règles à respecter lors de leurs déplacements. Qu'elle soit verticale ou horizontale, permanente ou temporaire, la signalisation routière a été conçue et intégrée dans le code de la route.

IV.2.2 L'objet de la signalisation routière

La signalisation routière a pour objet :

- ✓ De rendre plus sûre la circulation routière.
- ✓ De faciliter cette circulation.
- ✓ D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- ✓ De donner des informations relatives à l'usage de la route.
- ✓ Limiter les causes d'accident de la route.

IV.2.3 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.

IV.2.4 Règles A respecter pour la signalisation

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation tout en respectant les critères suivants :

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

IV.2.5 Types de signalisation

On distingue deux types de signalisation :

- ✓ Signalisation verticale
- ✓ Signalisation horizontale

IV.2.5.1 Signalisation horizontale

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussées, et pour certains marquages spéciaux. La signalisation horizontale se divise en trois types :

a. Marque longitudinal :

- **Lignes continues** : Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit, notamment parce que la visibilité est insuffisante.
- **Lignes discontinues** : Ce sont des lignes utilisées pour le marquage, elles se différencient par leur module, c'est-à-dire le rapport de la longueur des traits à celle de leurs intervalles. On distingue :
 - Les lignes axiales ou lignes de délimitation de voies pour lesquelles la longueur des traits est égale au tiers de leurs intervalles.
 - Les lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leurs intervalles.
 - Les lignes d'avertissement de lignes continues, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, par lesquelles la longueur des traits est sensiblement triple de celle de leurs intervalles.

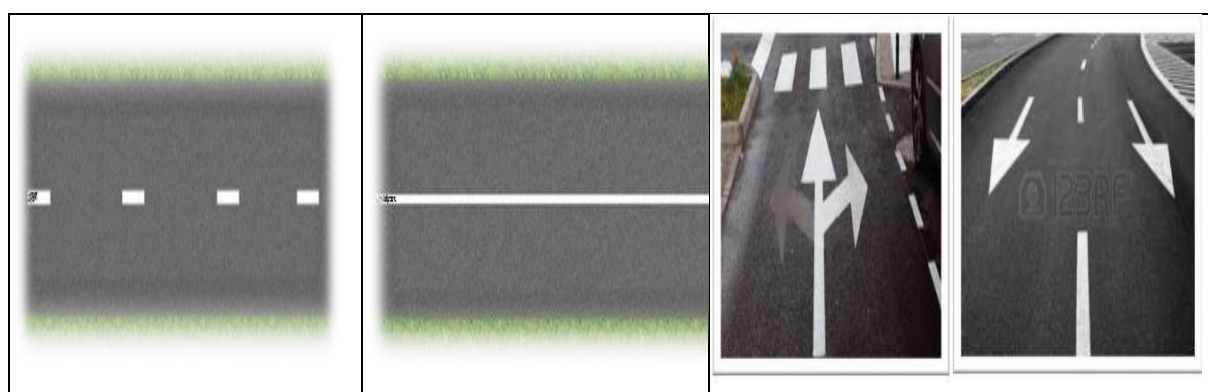


Figure IV.7 : Les signalisations horizontales.

- #### b. Modulation des lignes discontinues
- Elles sont basées sur une longueur périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant: Le tableau ci-après donne les caractéristiques de tous les types de lignes discontinues :

Type de marquage	Type de modulation	Longueur De trait (m)	Intervalle entre 2 traits successifs	Rapport Plein/vide	couleur
Axial	T1	3	10	1/3	Blanc
longitudinal	T'1	1,5	5	1/3	Blanc
	T3	3	1,33	3	
Rive	T2	3	3,5	1	Blanc
	T'3	20	6	3	
	T4	39	13	3	
transversal	T'2	0,5	0,5	1	Blanc

Tableau IV.6 Les caractéristiques des lignes discontinu.

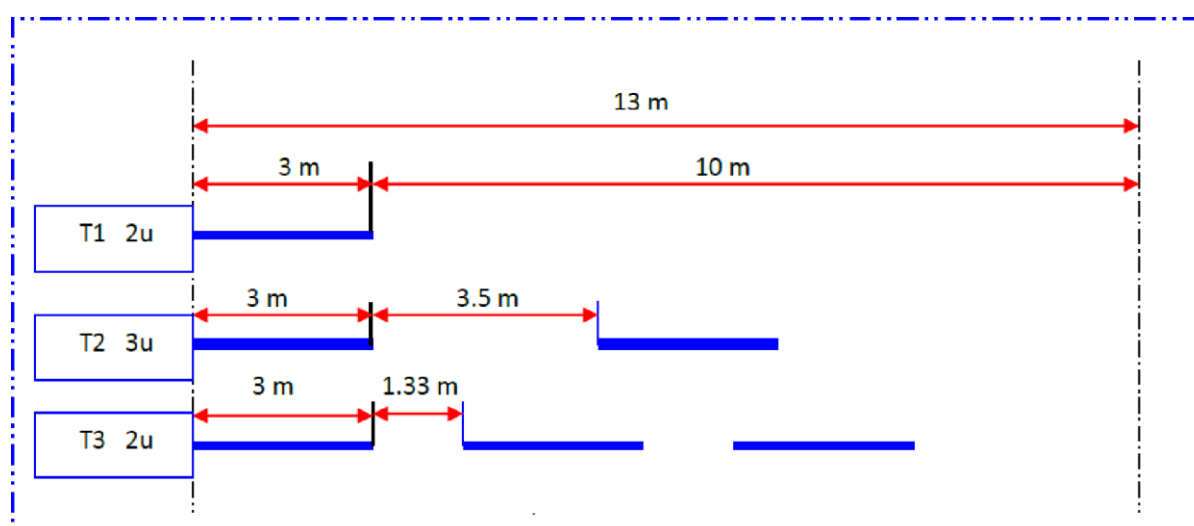


Figure IV.8 : Marquage des lignes discontinues.

IV.2.5.2 Signalisation verticale

La signalisation verticale est désignée par des panneaux, elle sert à transmettre des renseignements sur le trajet empruntés par usagers grâce à son emplacement se forme, sa couleur ou son type. Elles peuvent être classées dans quatre classes:

a. Signaux de danger :

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

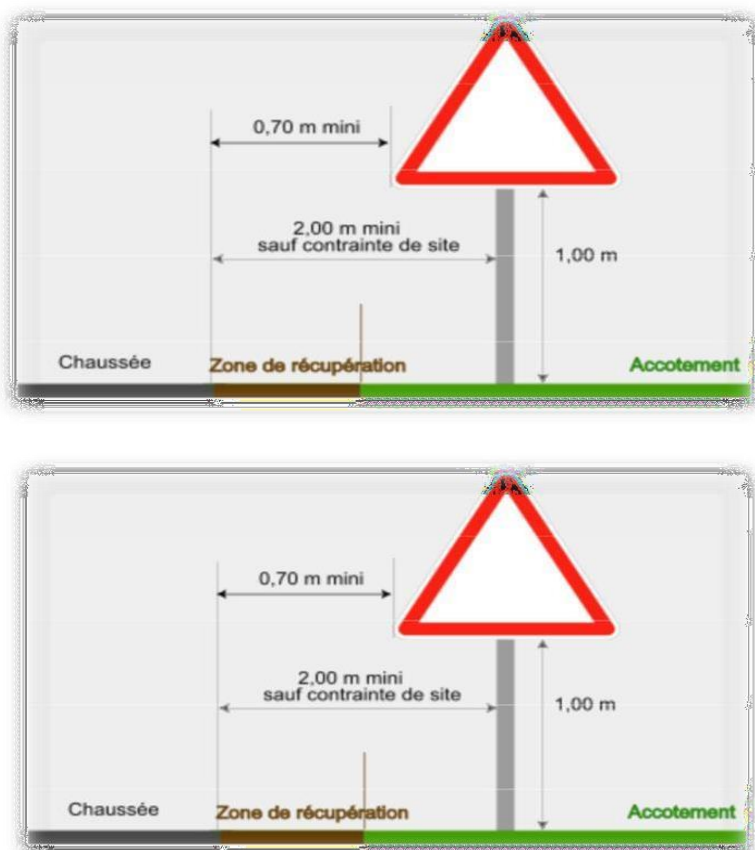


Figure IV.9 : Panneaux verticaux triangulaire.

b. Signaux comportant une prescription absolue : Panneaux de forme circulaire, on trouve

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

c. Signaux à simple indication : Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :

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

IV.2.6 Exemple des signalisations verticales :

TYPE A :



Figure IV.10: Signalisation verticale type A.

TYPE B :



Figure IV.11 : Signalisation verticale type B

TYPE E :

Pour les giratoires.

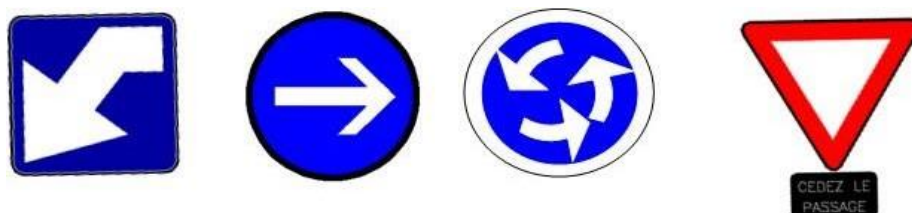


Figure IV.12: Signalisation verticale type E

IV.3 Eclairage

IV.3.1 Introduction

L'éclairage public est l'ensemble des moyens d'éclairage mis en œuvre dans les espaces publics, à l'intérieur et à l'extérieur des villes, très généralement en bordures des voiries et places, nécessaires à la sécurité ou à l'agrément de l'homme.

Une bonne visibilité des bordures de trottoir, des obstacles et l'absence des zones d'ombre sont essentiels pour les piétons.

IV.3.2 Classe d'éclairage

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- **catégorie A** : Eclairage général d'une route ou une autoroute.
- **catégorie B** : Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution).
- **catégorie C** : Eclairage des voies de cercle.
- **catégorie D** : Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé.

IV.3.3 Eclairage d'un point singulier

Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situé sur un itinéraire non éclairé doivent être les suivantes :

- A longue distance 800 à 1000m du point singulier, tache lumineuse éveillant l'attention de l'automobiliste.
- A distance moyenne 300 à 500m, idée de la configuration du point singulier.
- A faible distance, distinguer sans ambiguïté les obstacles.
- A la sortie de la zone éclairée, pas de phénomène de cécité passagère.

IV.3.4 Paramètres de l'implantation des luminaires

L'espacement (**e**) entre luminaires : qui varie en fonction de type de voie.

- La hauteur (**h**) du luminaire.
- **m** pour les grandes largeurs de chaussées.
- La largeur (**l**) de la chaussée.
- La porte à faux (**p**) du foyer par rapport au support.
- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux par rapport au bord de la chaussée.

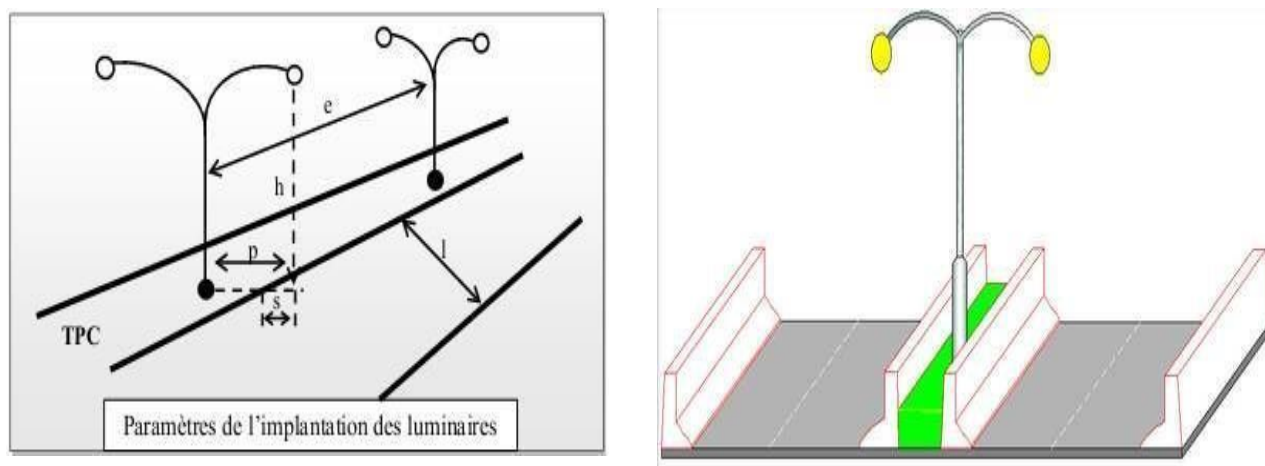


Figure IV.13 : Les paramètres de l'implantation des luminaires.

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Projet : Étude Du Dédoublment De La RN16 Du PK 14+000 Au PK 21+430

Sur 7,430 km

N°	Désignations	Unité	Quantité	P. U	Montant (DA)
01 - TERRASSEMENT					
1-1	Décapage de terre végétale sur une épaisseur de 20 cm	M ²	18 630	150	2 794 500,00
1-2	Déblais en terrains meubles mis en dépôt	M ³	183 803	300	73 521 200,00
1-3	Remblais provenant d'une zone d'emprunt	M ³	16 772	600	10 063 200
Total 01					85 261 100,00
02 - CONSTRUCTION DU CORPS DE CHAUSSEE					
2-1	Fourniture et mise en œuvre de la couche de forme en TVC sur 40cm d'épaisseur y compris compactage, arrosage et toutes sujétions de bonne exécution.	M ³	62 588	850	53 199 800,00
2-2	Fourniture et pose d'une couche de fondation en grave concassée 0/31,5 sur 30cm d'épaisseur y compris compactage, arrosage et toutes sujétions de bonne exécution.	M ³	50 804	1.400	71 125 600,00
2-3	Fourniture et pose d'une couche d'Imprégnation en cut-back 0/1 dosé à 1kg/m ² .	M ²	125 900	90	11 331 000,00
2-4	Fourniture et pose d'une couche de base en grave bitume sur 18cm y compris toutes sujétions de bonne exécution.	M ³	20 435	6 200	126 697 000,00
2-5	Fourniture et pose d'une couche d'accrochage en émulsion cationique dosée à 0,3 Kg/ m ² .	M ²	125 900	70	8 813 000,00
2-6	Fourniture et pose d'une couche de roulement en béton bitumineux (BB) sur 06cm y compris toutes sujétions de bonne exécution.	T	14 667	6 500	95 335 500,00
2-7	Rechargement des accotements en Matériaux sélectionnés	M ³	7.500	850	6 375 000,00
Total 02					372 876 900,00

03 - ASSAINISSEMENT					
3-1	Réalisation Fossé trapézoïdale "1,5/0,5/0,5" en béton légèrement armé dosé 350kg/m ³ .	ML	6 000	2 900	17 400 000,00
3-2	Fourniture et pose de buses Ø600	ML	30	18 000	540 000,00
3-3	Fourniture et pose de buses Ø1000	ML	148	26 000	3 848 000,00
3-4	Fourniture et pose de buses Ø1200	ML	44	40 000	1 760 000,00
3-5	Fourniture et pose de buses Ø1500	ML	129	60 000	7 740 000,00
Total 03					31 288 000,00
04 - SIGNALISATION					
4-1	Les signaux de danger type A.	U	12	5 000	60 000,00
4-2	Les signaux d'intersection et de priorité type B.	U	12	5 000	60 000,00
4-3	Les signaux d'interdiction type C.	U	12	5 000	60 000,00
4-4	Les signaux d'obligation type D.	U	12	5 000	60 000,00
4-5	Les signaux d'identification des routes type E.	U	12	5 000	60 000,00
4-6	Marquages longitudinaux continue type 3U.	ML	14 900	60	894 000,00
4-7	Marquages longitudinaux discontinue type T1-2U.	ML	14 900	60	894 000,00
4-8	Marquages longitudinaux discontinue type T2-3U.	ML	14 900	60	894 000,00
Total 04					2 982 000,00
05 – ECLAIRAGES					
	Fourniture, installation et mise en service de systèmes d'éclairage extérieur autonome à énergie solaire				
5-1	01 Mat de 6m + Cross en acier galvanise thermolaqué à chaud	U	30	160 000	4 800 000,00
5-2	01 Mat de 8m + Cross en acier galvanise thermolaqué à chaud	U	250	190 000	47 500 000,00
Total 05					52 300 000,00

06 - DIVERS					
6-1	Installation de chantier y compris amenée et repli du matériel.	F	1	3 000 000	3 000 000,00
6-2	Réalisation d'un séparateur en béton armé	ML	8 600	4 600	39 560 000,00
6-3	Fourniture et pose glissières de sécurité.	ML	320	2 500	800.000,00
6-3	Fourniture et mise en place de bordure de trottoirs	ML	7 100	1 400	9 940 000,00
6-4	Fourniture et mise en œuvre de terre végétale	M ³	5 020	600	3 012 000,00
6-5	Plantation des talus par d'arbustes.	U	100	1 400	140.000,00
Total 06					56 452 000,00
MONTANT TOTAL EN HT					602 277 800,00
TVA 19 %					114 432 782,00
MONTANT TOTAL EN TTC					716 710 582,00

Arrêté le présent devis en toutes taxes comprises à la somme de : Sept Cent Seize Million, Sept Cent Dix Mille, Cinq Cent Quatre-Vingt Deux Dinars Algériens.



Conclusion Générale

CONCLUSION GENERALE

Dans notre projet de fin d'étude nous avons essayé de mettre en application les connaissances théoriques qui ont été acquises durant notre cycle de formation tout en profitant de l'expérience des personnes du domaine.

Cette étude de dédoublement nous a permis d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet routier et de cerner les problèmes techniques possibles.

De plus, ce travail a été une occasion pour maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels AUTO CAD, COVADIS 16.0, et Word

Enfin, c'est par le biais de ce projet qu'on a pu immergé dans le milieu professionnel dans lequel nous serons appelés à édifier notre pays et de contribuer à son développement.



**Références
bibliographiques**

Références Bibliographiques

1. Règlements

- B40 : Normes technique d'aménagements des routes /octobre1977.
- ARP : Aménagement de routes principales
- SETRA : Service d'études techniques des routes et autoroutes.

2. Documents

- Catalogue de dimensionnement du corps des chausséesneuves (C.T.T.P) (fasicules1, 2 et 3) /novembre 2015.
- Cours de route de 3^{eme} année licence 2021
- APD de RN 16 sur 42 km (BET : CTTT - Alger)
- Rapport géotechnique (BET : société d'études technique de Sétif SETS)
- Rapport hydrologique et hydraulique (Laboratoire LTP/EST – Constantine)

3. Outils Informatiques

- Logiciel Covadis (16.0)
- Microsoft EXCEL
- Autocad2008
- Microsoft Word

4. Autres

- Site internet (www.google.com/www.fr.wikipidea.org/
- Anciens mémoires :
 - Bettahahar Rabie université de Biskra 2019-2020.
 - Khoualdia Hassina/ Touati Kaouther/ Chouabbi Sihem université de Biskra 2015.
 - Bouzelak Ziyad/ Boubekiria Nadjib université de Jjel 2021-2022.
 - Bellout Anouar université de Skikda 2020-2021).



Annexe

RN 16

Cubatures Déblai Remblai (Gulden)

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P.01	14+000.000	12.500	7.41	10.38	92.6	129.7	92.6	129.7
P.02	14+025.000	25.000	0.73	18.49	18.3	462.2	110.9	591.9
P.03	14+050.000	25.000	3.81	6.71	95.3	167.8	206.2	759.7
P.04	14+075.000	25.000	16.19	7.25	404.8	181.3	611.0	941.0
P.05	14+100.000	25.000	15.94	6.97	398.4	174.2	1009.4	1115.1
P.06	14+125.000	25.000	12.74	4.36	318.6	109.0	1328.0	1224.2
P.07	14+150.000	25.000	8.50	8.03	212.6	200.7	1540.6	1424.9
P.08	14+175.000	25.000	5.65	7.16	141.4	178.9	1681.9	1603.8
P.09	14+200.000	25.000	13.68	1.09	342.1	27.3	2024.0	1631.1
P.10	14+225.000	25.000	15.05	2.38	376.3	59.6	2400.3	1690.7
P.11	14+250.000	25.000	20.89	2.05	522.4	51.3	2922.6	1742.1
P.12	14+275.000	25.000	26.41	0.00	660.3	0.0	3582.9	1742.1
P.13	14+300.000	25.000	31.10	0.05	777.6	1.2	4360.5	1743.3
P.14	14+325.000	25.000	30.76	0.09	769.1	2.3	5129.6	1745.7
P.15	14+350.000	25.000	31.32	0.01	783.1	0.3	5912.7	1745.9
P.16	14+375.000	25.000	30.68	2.26	767.1	56.5	6679.8	1802.5
P.17	14+400.000	25.000	30.68	0.06	766.9	1.4	7446.6	1803.9
P.18	14+425.000	25.000	27.74	0.83	693.4	20.8	8140.1	1824.7
P.19	14+450.000	25.000	28.95	1.79	723.8	44.7	8863.8	1869.3
P.20	14+475.000	21.447	25.51	1.68	547.1	36.1	9410.9	1905.5
P.21	14+492.893	12.500	27.38	1.21	342.2	15.1	9753.2	1920.5
P.22	14+500.000	16.053	29.12	0.01	467.4	0.2	10220.6	1920.7
P.23	14+525.000	25.000	26.36	2.42	658.3	60.8	10878.9	1981.5
P.24	14+550.000	25.000	20.59	4.83	514.0	121.5	11392.9	2103.0
P.25	14+575.000	25.000	15.25	6.74	380.5	169.8	11773.4	2272.8
P.26	14+600.000	25.447	11.95	9.52	302.0	244.3	12075.4	2517.1
P.27	14+625.893	25.000	20.95	1.73	522.2	43.7	12597.6	2560.8
P.28	14+650.000	24.553	16.97	0.93	413.9	23.2	13011.5	2584.0
P.29	14+675.000	25.000	19.03	0.19	473.8	4.8	13485.3	2588.8
P.30	14+700.000	25.000	19.39	0.94	482.5	23.8	13967.9	2612.6
P.31	14+725.000	25.000	13.56	2.97	338.4	75.0	14306.3	2687.7
P.32	14+750.000	25.000	14.02	4.85	349.5	122.5	14655.7	2810.2
P.33	14+775.000	25.000	15.15	7.08	377.4	178.9	15033.2	2989.1
P.34	14+800.000	25.000	19.44	7.86	483.7	199.0	15516.9	3188.1
P.35	14+825.000	25.000	21.85	4.75	543.6	120.2	16060.5	3308.3
P.36	14+850.000	18.834	17.84	8.26	334.0	157.3	16394.5	3465.5
P.37	14+862.668	12.500	14.88	6.94	184.5	87.7	16579.0	3553.3
P.38	14+875.000	18.666	20.68	5.83	383.7	109.9	16962.7	3663.1
P.39	14+900.000	25.000	23.92	3.56	595.0	89.8	17557.7	3752.9
P.40	14+925.000	25.000	21.28	1.83	529.9	46.0	18087.6	3798.9
P.41	14+950.000	25.000	19.13	5.11	477.0	128.1	18564.6	3927.0
P.42	14+975.000	22.834	18.00	7.35	410.5	168.0	18975.1	4095.0
P.43	14+995.668	12.500	17.99	5.27	224.8	65.9	19199.9	4160.9
P.44	15+000.000	14.666	18.02	4.62	264.2	67.7	19464.1	4228.6
P.45	15+025.000	25.000	20.54	0.10	513.4	2.5	19977.5	4231.2
P.46	15+050.000	25.000	25.08	0.00	626.9	0.0	20604.4	4231.2
P.47	15+075.000	25.000	25.04	0.10	625.9	2.5	21230.3	4233.6
P.48	15+100.000	25.000	20.67	0.02	516.7	0.4	21747.0	4234.0
P.49	15+125.000	25.000	18.63	1.43	465.9	35.7	22212.8	4269.8
P.50	15+150.000	25.000	19.96	3.98	499.1	99.5	22711.9	4369.3

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P.51	15+175.000	25.000	19.08	5.43	476.9	135.9	23188.9	4505.1
P.52	15+200.000	25.000	24.91	0.03	622.7	0.6	23811.5	4505.8
P.53	15+225.000	25.000	15.71	11.55	392.8	288.7	24204.4	4794.5
P.54	15+250.000	25.000	5.75	26.12	143.7	653.0	24348.1	5447.5
P.55	15+275.000	25.000	0.00	88.25	0.0	2206.4	24348.1	7653.8
P.56	15+300.000	25.000	0.00	53.90	0.0	1347.5	24348.1	9001.4
P.57	15+325.000	25.000	18.03	15.68	450.6	391.9	24798.7	9393.3
P.58	15+350.000	25.000	25.39	4.53	634.8	113.4	25433.5	9506.7
P.59	15+375.000	25.000	31.21	0.26	780.1	6.5	26213.7	9513.2
P.60	15+400.000	25.000	33.87	0.00	846.6	0.0	27060.3	9513.2
P.61	15+425.000	25.000	27.85	0.04	696.2	0.9	27756.5	9514.1
P.62	15+450.000	25.000	25.76	0.00	644.1	0.0	28400.5	9514.1
P.63	15+475.000	25.000	20.32	0.14	508.1	3.4	28908.6	9517.5
P.64	15+500.000	25.000	12.07	2.96	301.8	74.0	29210.4	9591.6
P.65	15+525.000	25.000	13.60	7.55	340.1	188.7	29550.5	9780.3
P.66	15+550.000	25.000	0.95	16.79	23.8	419.8	29574.4	10200.1
P.67	15+575.000	25.000	14.50	7.10	362.6	177.5	29937.0	10377.5
P.68	15+600.000	25.000	16.20	1.40	405.1	35.0	30342.1	10412.5
P.69	15+625.000	25.000	20.47	0.06	511.8	1.4	30853.9	10413.9
P.70	15+650.000	25.000	28.17	0.04	704.1	1.1	31558.0	10415.0
P.71	15+675.000	25.000	33.35	0.00	833.7	0.0	32391.7	10415.1
P.72	15+700.000	25.000	38.08	0.11	952.0	2.6	33343.7	10417.7
P.73	15+725.000	25.000	37.06	0.20	926.6	5.0	34270.3	10422.7
P.74	15+750.000	22.846	46.97	0.10	1073.0	2.2	35343.3	10424.8
P.75	15+770.692	12.500	38.79	0.08	484.9	1.0	35828.2	10425.9
P.76	15+775.000	14.654	38.07	0.10	557.7	1.4	36385.9	10427.3
P.77	15+800.000	25.000	38.81	0.12	969.9	3.0	37355.8	10430.3
P.78	15+825.000	25.000	30.36	0.10	758.6	2.6	38114.4	10432.9
P.79	15+850.000	19.846	24.88	0.05	493.6	0.9	38607.9	10433.8
P.80	15+864.693	12.500	21.91	8.73	273.8	109.2	38881.7	10543.0
P.81	15+875.000	17.654	24.38	5.98	430.3	105.5	39312.1	10648.5
P.82	15+900.000	25.000	22.42	1.17	560.5	29.1	39872.5	10677.6
P.83	15+925.000	25.000	20.88	0.11	522.0	2.7	40394.5	10680.3
P.84	15+950.000	25.000	47.59	0.00	1189.7	0.0	41584.2	10680.3
P.85	15+975.000	25.000	47.60	0.00	1190.1	0.0	42774.3	10680.3
P.86	16+000.000	25.000	44.63	0.00	1115.6	0.0	43889.9	10680.3
P.87	16+025.000	24.805	44.98	0.00	1115.8	0.0	45005.7	10680.3
P.88	16+049.609	25.000	41.25	0.00	1031.3	0.0	46037.0	10680.3
P.89	16+074.000	25.195	40.37	0.00	1018.2	0.0	47055.2	10680.3
P.90	16+100.000	25.000	38.30	0.00	958.1	0.0	48013.3	10680.3
P.91	16+125.000	25.000	33.18	0.00	830.0	0.0	48843.3	10680.3
P.92	16+150.000	25.000	31.18	0.00	779.4	0.0	49622.6	10680.3
P.93	16+175.000	16.305	29.00	0.00	472.4	0.0	50095.0	10680.3
P.94	16+182.609	12.500	26.02	0.00	324.9	0.0	50419.9	10680.3
P.95	16+200.000	11.270	20.55	0.00	231.0	0.1	50650.9	10680.3
P.96	16+205.150	12.500	19.39	0.02	241.7	0.2	50892.6	10680.6
P.97	16+225.000	22.425	16.31	0.13	364.6	3.0	51257.2	10683.5
P.98	16+250.000	25.000	12.78	12.89	317.8	325.3	51575.0	11008.9
P.99	16+275.000	25.000	5.14	16.74	127.8	420.5	51702.8	11429.4
P.100	16+300.000	25.000	0.00	14.79	0.0	369.7	51702.8	11799.1
P.101	16+324.000	19.075	21.01	0.18	400.4	3.4	52103.2	11802.5
P.102	16+338.150	12.500	23.98	0.03	299.8	0.4	52403.0	11802.9
P.103	16+350.000	18.425	14.49	3.45	267.1	63.5	52670.0	11866.4
P.104	16+375.000	25.000	28.32	0.45	708.1	11.3	53378.1	11877.7
P.105	16+400.000	25.000	38.00	0.58	949.9	14.6	54328.0	11892.3
P.106	16+425.000	25.000	44.02	0.00	1100.6	0.0	55428.6	11892.3
P.107	16+450.000	25.000	47.97	0.00	1199.4	0.0	56628.0	11892.3
P.108	16+475.000	25.000	56.79	0.00	1419.7	0.0	58047.6	11892.3
P.109	16+500.000	25.000	50.16	0.00	1253.9	0.0	59301.6	11892.3
P.110	16+525.000	25.000	41.87	0.00	1046.9	0.0	60348.5	11892.3
P.111	16+550.000	25.000	31.85	0.24	796.2	6.0	61144.6	11898.3
P.112	16+575.000	25.000	23.27	0.01	581.8	0.2	61726.5	11898.5
P.113	16+600.000	25.000	24.27	0.65	606.8	16.3	62333.2	11914.8

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P.114	16+625.000	25.000	25.98	0.82	649.6	20.6	62982.8	11935.4
P.115	16+650.000	25.000	23.12	1.10	577.9	27.5	63560.7	11962.9
P.116	16+675.000	25.000	21.93	2.05	548.2	51.3	64109.0	12014.2
P.117	16+700.000	25.000	19.74	2.76	493.4	69.1	64602.4	12083.3
P.118	16+725.000	25.000	18.30	0.01	457.6	0.3	65060.0	12083.5
P.119	16+750.000	25.000	14.83	0.51	370.7	12.7	65430.7	12096.2
P.120	16+775.000	25.000	11.10	1.22	277.4	30.6	65708.1	12126.8
P.121	16+800.000	25.000	16.68	0.10	417.0	2.6	66125.1	12129.4
P.122	16+825.000	25.000	16.90	0.23	422.6	5.7	66547.7	12135.2
P.123	16+850.000	25.000	17.29	0.09	432.3	2.3	66980.0	12137.4
P.124	16+875.000	22.367	18.85	0.06	421.5	1.3	67401.5	12138.7
P.125	16+894.733	12.500	19.34	0.24	241.7	3.0	67643.3	12141.7
P.126	16+900.000	15.133	20.59	0.15	311.5	2.2	67954.8	12143.9
P.127	16+925.000	25.000	28.68	0.00	716.7	0.0	68671.5	12143.9
P.128	16+950.000	25.000	38.04	0.00	950.4	0.0	69621.9	12143.9
P.129	16+975.000	25.000	43.38	0.00	1083.3	0.0	70705.2	12143.9
P.130	17+000.000	25.000	49.15	0.00	1226.4	0.0	71931.6	12143.9
P.131	17+025.000	13.867	52.27	0.04	722.6	0.5	72654.1	12144.5
P.132	17+027.733	12.500	52.57	0.05	654.9	0.6	73309.1	12145.0
P.133	17+050.000	20.660	55.18	0.00	1136.8	0.0	74445.8	12145.1
P.134	17+069.053	12.500	65.09	0.00	811.9	0.0	75257.7	12145.1
P.135	17+075.000	15.473	66.41	0.00	1025.7	0.0	76283.5	12145.1
P.136	17+100.000	25.000	67.01	0.00	1671.9	0.0	77955.4	12145.1
P.137	17+125.000	25.000	68.84	0.00	1718.6	0.0	79674.0	12145.1
P.138	17+150.000	25.000	68.98	0.00	1723.1	0.0	81397.1	12145.1
P.139	17+175.000	25.000	60.58	0.00	1513.7	0.0	82910.8	12145.1
P.140	17+200.000	13.527	60.49	0.00	818.0	0.0	83728.9	12145.1
P.141	17+202.053	12.500	60.15	0.00	751.8	0.0	84480.7	12145.1
P.142	17+225.000	23.973	56.01	0.01	1342.8	0.3	85823.5	12145.4
P.143	17+250.000	25.000	48.47	0.01	1211.8	0.2	87035.4	12145.5
P.144	17+275.000	25.000	43.27	0.00	1081.9	0.0	88117.2	12145.5
P.145	17+300.000	25.000	41.52	0.20	1038.0	5.0	89155.2	12150.5
P.146	17+325.000	25.000	36.43	0.05	910.7	1.4	90065.9	12151.9
P.147	17+350.000	25.000	44.97	0.00	1124.2	0.0	91190.1	12151.9
P.148	17+375.000	25.000	34.43	0.22	860.7	5.6	92050.8	12157.4
P.149	17+400.000	25.000	33.84	1.97	845.9	49.3	92896.7	12206.8
P.150	17+425.000	25.000	20.20	4.32	504.9	108.0	93401.6	12314.8
P.151	17+450.000	25.000	23.85	3.45	596.2	86.1	93997.8	12400.9
P.152	17+475.000	25.000	21.51	2.86	537.7	71.6	94535.5	12472.5
P.153	17+500.000	25.000	23.62	2.66	590.4	66.5	95126.0	12539.0
P.154	17+525.000	25.000	27.95	0.00	698.8	0.0	95824.7	12539.1
P.155	17+550.000	25.000	24.75	0.03	618.6	0.7	96443.4	12539.7
P.156	17+575.000	25.000	35.88	0.01	897.1	0.3	97340.5	12540.0
P.157	17+600.000	25.000	36.83	0.00	920.8	0.0	98261.3	12540.0
P.158	17+625.000	25.000	43.95	0.00	1098.7	0.0	99360.0	12540.0
P.159	17+650.000	25.000	43.02	0.00	1075.6	0.0	100435.6	12540.0
P.160	17+675.000	25.000	37.71	0.05	942.6	1.4	101378.2	12541.4
P.161	17+700.000	25.000	34.05	0.30	851.2	7.6	102229.4	12548.9
P.162	17+725.000	25.000	32.98	0.43	824.6	10.6	103054.0	12559.6
P.163	17+750.000	25.000	24.53	0.07	613.2	1.8	103667.2	12561.4
P.164	17+775.000	25.000	23.54	0.01	588.5	0.2	104255.7	12561.6
P.165	17+800.000	25.000	27.30	0.19	682.6	4.6	104938.3	12566.2
P.166	17+825.000	25.000	24.92	0.19	623.0	4.8	105561.4	12571.1
P.167	17+850.000	25.000	21.26	0.00	531.5	0.0	106092.9	12571.1
P.168	17+875.000	25.000	20.07	0.00	501.8	0.0	106594.7	12571.1
P.169	17+900.000	25.000	19.01	0.05	475.4	1.2	107070.1	12572.3
P.170	17+925.000	25.000	18.62	0.12	465.6	3.1	107535.6	12575.4
P.171	17+950.000	25.000	19.82	0.17	495.6	4.2	108031.2	12579.6
P.172	17+975.000	25.000	18.14	0.01	453.4	0.3	108484.6	12579.9
P.173	18+000.000	25.000	19.62	1.31	490.5	32.7	108975.1	12612.6
P.174	18+025.000	25.000	15.83	2.53	395.8	63.1	109371.0	12675.7
P.175	18+050.000	25.000	12.11	3.60	302.7	90.0	109673.7	12765.7
P.176	18+075.000	25.000	11.87	4.44	296.9	111.1	109970.6	12876.8

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P.177	18+100.000	25.000	7.58	3.50	189.6	87.5	110160.1	12964.3
P.178	18+125.000	25.000	13.66	3.28	341.4	82.1	110501.5	13046.4
P.179	18+150.000	25.000	17.81	1.55	445.1	38.9	110946.7	13085.3
P.180	18+175.000	25.000	20.06	1.14	501.4	28.5	111448.1	13113.7
P.181	18+200.000	25.000	23.62	0.02	590.6	0.5	112038.7	13114.2
P.182	18+225.000	25.000	22.55	0.30	563.9	7.5	112602.5	13121.7
P.183	18+250.000	25.000	20.58	0.13	514.6	3.2	113117.1	13124.9
P.184	18+275.000	25.000	19.34	0.24	483.5	6.0	113600.6	13130.9
P.185	18+300.000	25.000	16.40	0.00	410.0	0.0	114010.6	13131.0
P.186	18+325.000	25.000	21.20	0.01	530.1	0.3	114540.7	13131.3
P.187	18+350.000	25.000	23.86	0.07	596.5	1.8	115137.2	13133.0
P.188	18+375.000	25.000	27.80	0.09	695.0	2.1	115832.2	13135.2
P.189	18+400.000	16.464	27.41	0.03	451.2	0.6	116283.5	13135.7
P.190	18+407.927	12.500	26.39	0.06	330.0	0.8	116613.4	13136.5
P.191	18+425.000	21.036	25.86	0.00	544.3	0.1	117157.7	13136.6
P.192	18+450.000	25.000	20.20	0.06	505.7	1.5	117663.5	13138.1
P.193	18+475.000	25.000	18.70	0.07	468.3	1.7	118131.8	13139.9
P.194	18+500.000	25.000	15.85	0.00	396.9	0.0	118528.7	13139.9
P.195	18+525.000	20.464	14.13	0.01	289.5	0.2	118818.2	13140.1
P.196	18+540.927	12.500	9.91	0.47	124.2	5.7	118942.4	13145.8
P.197	18+550.000	17.036	8.26	2.51	141.5	42.2	119084.0	13188.0
P.198	18+575.000	25.000	7.37	4.92	185.0	121.1	119269.0	13309.1
P.199	18+600.000	25.000	7.70	5.26	193.5	129.5	119462.4	13438.6
P.200	18+625.000	25.000	10.29	4.46	258.5	109.9	119721.0	13548.5
P.201	18+650.000	25.000	11.79	1.29	296.1	31.8	120017.1	13580.3
P.202	18+675.000	25.192	15.02	2.00	379.9	49.6	120397.0	13629.9
P.203	18+700.385	25.000	15.48	0.26	388.3	6.3	120785.3	13636.3
P.204	18+725.000	24.808	19.60	0.26	488.3	6.5	121273.6	13642.7
P.205	18+750.000	25.000	21.89	3.04	549.7	75.1	121823.3	13717.9
P.206	18+775.000	25.000	24.57	0.61	615.9	15.3	122439.2	13733.1
P.207	18+800.000	25.000	24.46	0.50	612.4	12.4	123051.6	13745.5
P.208	18+824.000	16.692	25.13	0.06	419.6	0.9	123471.2	13746.5
P.209	18+833.385	12.500	23.28	0.03	291.0	0.4	123762.2	13746.9
P.210	18+850.000	20.808	29.27	0.06	609.1	1.2	124371.3	13748.1
P.211	18+875.000	25.000	34.53	0.00	863.2	0.0	125234.5	13748.1
P.212	18+900.000	25.000	43.96	0.00	1099.1	0.0	126333.5	13748.1
P.213	18+925.000	25.000	44.94	0.00	1123.4	0.0	127457.0	13748.1
P.214	18+950.000	25.000	43.42	0.00	1085.6	0.0	128542.6	13748.1
P.215	18+975.000	25.000	38.30	0.00	957.6	0.0	129500.2	13748.1
P.216	19+000.000	25.000	33.64	0.10	841.1	2.5	130341.3	13750.6
P.217	19+025.000	25.000	24.48	0.12	612.1	3.0	130953.4	13753.6
P.218	19+050.000	25.000	14.25	0.07	356.3	1.7	131309.7	13755.3
P.219	19+075.000	25.000	9.04	0.72	226.0	18.0	131535.7	13773.3
P.220	19+100.000	25.000	9.35	0.71	233.8	17.7	131769.4	13791.0
P.221	19+125.000	25.000	6.21	0.17	155.1	4.2	131924.6	13795.3
P.222	19+150.000	25.000	7.14	0.13	178.6	3.2	132103.1	13798.5
P.223	19+175.000	25.000	10.21	5.40	255.2	134.9	132358.4	13933.4
P.224	19+200.000	25.000	9.27	9.90	231.8	247.4	132590.2	14180.8
P.225	19+225.000	25.000	7.20	4.33	180.0	108.2	132770.2	14288.9
P.226	19+250.000	25.000	6.04	4.63	151.0	115.9	132921.2	14404.8
P.227	19+275.000	25.000	1.73	7.10	43.3	177.6	132964.5	14582.4
P.228	19+300.000	25.000	11.17	2.32	279.4	58.1	133243.8	14640.5
P.229	19+325.000	25.000	12.53	2.23	313.3	55.8	133557.1	14696.3
P.230	19+350.000	25.000	13.30	1.43	332.5	35.7	133889.6	14732.0
P.231	19+375.000	21.654	13.76	0.14	297.9	3.1	134187.5	14735.2
P.232	19+393.308	12.500	14.22	0.66	177.7	8.3	134365.2	14743.4
P.233	19+400.000	15.846	15.12	0.49	239.7	7.7	134604.9	14751.2
P.234	19+425.000	25.000	20.58	0.15	515.0	3.7	135119.8	14754.8
P.235	19+450.000	25.000	20.02	0.07	501.3	1.8	135621.1	14756.7
P.236	19+475.000	25.000	21.07	0.15	528.1	3.7	136149.2	14760.3
P.237	19+500.000	25.000	19.24	0.59	482.8	14.6	136632.0	14775.0
P.238	19+525.000	13.154	23.28	0.03	306.4	0.4	136938.4	14775.4
P.239	19+526.308	12.500	23.42	0.02	293.0	0.3	137231.4	14775.7

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P.240	19+550.000	15.418	4.65	4.44	71.4	68.3	137302.9	14844.1
P.241	19+557.144	12.500	23.84	0.00	297.0	0.0	137599.9	14844.1
P.242	19+575.000	21.428	27.35	0.00	586.0	0.0	138185.9	14844.1
P.243	19+600.000	25.000	21.98	0.07	551.3	1.7	138737.1	14845.7
P.244	19+625.000	25.000	20.52	0.12	514.2	3.0	139251.4	14848.8
P.245	19+650.000	25.000	21.97	0.01	550.0	0.3	139801.4	14849.1
P.246	19+674.000	20.072	21.93	0.00	440.4	0.1	140241.8	14849.2
P.247	19+690.144	12.500	20.18	0.00	252.2	0.0	140494.0	14849.2
P.248	19+700.000	17.428	19.63	0.23	342.0	4.0	140836.1	14853.2
P.249	19+725.000	25.000	19.40	0.22	484.9	5.5	141321.0	14858.7
P.250	19+750.000	25.000	17.93	0.03	448.3	0.7	141769.2	14859.4
P.251	19+775.000	24.696	16.87	0.69	416.6	17.1	142185.8	14876.5
P.252	19+799.392	25.000	15.93	0.20	398.1	5.1	142583.9	14881.5
P.253	19+824.000	25.304	14.43	1.10	364.5	27.9	142948.4	14909.4
P.254	19+850.000	25.000	14.03	3.29	350.1	82.7	143298.6	14992.2
P.255	19+875.000	25.000	17.98	2.79	447.7	70.3	143746.3	15062.5
P.256	19+900.000	25.000	19.47	1.31	485.1	33.1	144231.4	15095.6
P.257	19+925.000	16.196	18.61	6.55	299.6	107.7	144530.9	15203.4
P.258	19+932.392	12.500	18.65	7.96	231.5	101.1	144762.4	15304.5
P.259	19+950.000	19.475	19.01	9.34	367.5	185.1	145129.9	15489.6
P.260	19+971.343	12.500	17.19	8.91	213.4	113.3	145343.3	15602.8
P.261	19+975.000	14.329	17.48	8.60	249.1	125.2	145592.5	15728.0
P.262	20+000.000	25.000	17.58	5.25	437.5	133.1	146030.0	15861.1
P.263	20+025.000	25.000	10.02	2.73	249.3	69.0	146279.3	15930.1
P.264	20+050.000	25.000	18.09	1.41	452.1	35.4	146731.4	15965.4
P.265	20+075.000	25.000	16.61	2.58	415.1	64.6	147146.5	16030.0
P.266	20+100.000	14.671	17.19	2.78	252.1	40.9	147398.6	16070.9
P.267	20+104.343	12.500	16.81	2.82	210.1	35.2	147608.7	16106.1
P.268	20+125.000	22.829	15.44	2.61	352.4	59.6	147961.1	16165.7
P.269	20+150.000	25.000	18.21	0.33	455.3	8.3	148416.4	16174.0
P.270	20+175.000	25.000	12.38	2.42	309.6	60.5	148726.1	16234.5
P.271	20+200.000	25.000	8.70	1.99	217.5	49.9	148943.6	16284.4
P.272	20+225.000	25.000	14.99	1.29	374.7	32.2	149318.3	16316.6
P.273	20+250.000	25.000	17.11	1.47	427.7	36.6	149746.0	16353.2
P.274	20+275.000	25.000	15.37	2.37	384.3	59.2	150130.3	16412.5
P.275	20+300.000	25.000	14.95	1.29	373.8	32.3	150504.1	16444.8
P.276	20+325.000	25.000	18.47	0.10	461.7	2.5	150965.8	16447.3
P.277	20+350.000	25.000	15.08	0.17	376.9	4.4	151342.7	16451.7
P.278	20+375.000	25.000	18.92	0.33	473.1	8.2	151815.9	16459.9
P.279	20+400.000	25.000	19.24	0.03	481.0	0.8	152296.9	16460.7
P.280	20+425.000	25.000	21.28	0.00	532.0	0.1	152828.9	16460.8
P.281	20+450.000	25.000	18.11	0.01	452.8	0.2	153281.7	16461.0
P.282	20+475.000	25.000	17.88	0.31	447.1	7.7	153728.8	16468.7
P.283	20+500.000	25.000	14.78	0.00	369.4	0.0	154098.2	16468.8
P.284	20+525.000	25.000	19.03	0.15	475.9	3.8	154574.1	16472.6
P.285	20+550.000	25.000	18.79	0.16	469.8	3.9	155043.9	16476.6
P.286	20+575.000	20.226	17.33	0.02	350.5	0.4	155394.5	16477.0
P.287	20+590.451	12.500	18.02	0.03	225.3	0.4	155619.7	16477.4
P.288	20+600.000	17.274	18.85	0.06	326.1	1.1	155945.8	16478.5
P.289	20+624.000	25.000	20.45	0.26	512.3	6.5	156458.1	16485.0
P.290	20+649.000	25.000	18.50	0.61	465.3	14.8	156923.4	16499.8
P.291	20+674.000	25.000	23.69	0.64	593.5	15.4	157516.9	16515.2
P.292	20+700.000	14.050	26.33	0.00	368.4	0.0	157885.2	16515.2
P.293	20+703.100	12.500	22.97	0.00	285.4	0.0	158170.6	16515.2
P.294	20+725.000	23.450	21.51	0.04	507.5	0.8	158678.1	16516.1
P.295	20+750.000	25.000	13.34	1.43	327.3	36.2	159005.5	16552.3
P.296	20+775.000	15.227	12.36	0.04	187.3	0.6	159192.7	16552.8
P.297	20+780.453	12.500	14.22	0.08	177.6	0.9	159370.3	16553.8
P.298	20+800.000	22.273	17.70	0.27	397.8	5.8	159768.0	16559.6
P.299	20+825.000	25.000	37.20	0.23	942.5	5.7	160710.5	16565.3
P.300	20+850.000	25.000	69.97	0.02	1770.9	0.4	162481.4	16565.7
P.301	20+875.000	21.551	99.57	0.05	2159.2	1.2	164640.5	16566.9
P.302	20+893.102	12.190	100.38	0.01	1224.9	0.1	165865.4	16567.0

Num.	Abscisse	Longueur	Surfaces		Volumes Partiels		Volumes Cumulés	
			Déblai	Remblai	Déblai	Remblai	Déblai	Remblai
P.303	20+899.380	15.949	100.56	0.00	1601.1	0.0	167466.5	16567.0
P.304	20+924.000	25.310	122.70	0.00	3077.7	0.0	170544.2	16567.0
P.305	20+950.000	25.000	99.04	0.00	2438.8	0.0	172983.0	16567.0
P.306	20+974.000	25.000	33.13	0.00	823.6	0.0	173806.6	16567.0
P.307	21+000.000	16.691	30.50	5.87	501.3	101.0	174307.9	16668.0
P.308	21+008.382	12.500	35.40	0.00	437.7	0.0	174745.6	16668.0
P.309	21+025.000	20.809	27.72	0.07	568.9	1.5	175314.5	16669.5
P.310	21+050.000	13.750	21.16	2.72	283.5	38.8	175598.0	16708.3
P.311	21+052.499	12.500	22.73	1.56	277.7	20.2	175875.7	16728.5
P.312	21+075.000	23.750	15.82	0.01	369.7	0.2	176245.5	16728.7
P.313	21+100.000	25.000	24.27	0.00	602.2	0.1	176847.6	16728.7
P.314	21+125.000	25.000	32.24	0.00	804.9	0.0	177652.6	16728.7
P.315	21+149.000	18.251	39.21	0.00	715.8	0.0	178368.4	16728.7
P.316	21+161.501	12.319	37.98	0.00	467.9	0.0	178836.3	16728.7
P.317	21+174.637	19.249	25.10	0.86	483.4	16.5	179319.6	16745.3
P.318	21+200.000	25.181	26.44	0.05	666.3	1.2	179985.9	16746.4
P.319	21+225.000	25.000	21.82	0.15	547.0	3.8	180532.9	16750.2
P.320	21+249.000	25.000	13.99	0.07	350.2	1.7	180883.1	16751.9
P.321	21+275.000	21.068	14.96	0.36	315.9	7.5	181199.0	16759.3
P.322	21+292.135	9.978	15.78	0.09	157.5	0.9	181356.5	16760.3
P.323	21+294.956	3.932	15.78	0.09	62.1	0.4	181418.6	16760.6
P.324	21+300.000	15.022	15.69	0.15	235.9	2.1	181654.6	16762.8
P.325	21+325.000	25.000	17.48	0.11	438.0	2.7	182092.5	16765.5
P.326	21+350.000	25.000	14.27	0.18	357.0	4.5	182449.5	16770.0
P.327	21+375.000	25.000	18.54	0.05	464.2	1.3	182913.7	16771.3
P.328	21+399.000	18.727	20.72	0.00	388.3	0.1	183302.1	16771.4
P.329	21+412.454	12.500	21.14	0.00	264.2	0.0	183566.3	16771.4
P.330	21+425.000	8.775	20.99	0.00	184.2	0.0	183750.4	16771.4
P.331	21+430.004	2.502	20.90	0.00	52.3	0.0	183802.7	16771.4

Récapitulatif des Cubatures des Matériaux (Gulden)

Matériau	Volume cumulé
BB	6267.9
GB	20435.1
GNT	50803.7
TERRE VEGETALE	3725.7
TVC	62587.5

Edition des Dévers

Num.	Abscisse	Dévers		Axe Plan
		Gauche	Droite	
P.01	14+000.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.02	14+025.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.03	14+050.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.04	14+075.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.05	14+100.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.06	14+125.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.07	14+150.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.08	14+175.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.09	14+200.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.10	14+225.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.11	14+250.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.12	14+275.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.13	14+300.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.14	14+325.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.15	14+350.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.16	14+375.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.17	14+400.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.18	14+425.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.19	14+450.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.20	14+475.000	2.50	-2.50	Droite 1
P.21	14+492.893	2.50	-2.50	Clothoïde 1
P.22	14+500.000	2.50	-2.50	Clothoïde 1
P.23	14+525.000	2.50	-2.50	Clothoïde 1
P.24	14+550.000	2.50	-2.50	Clothoïde 1
P.25	14+575.000	2.50	-1.14	Clothoïde 1
P.26	14+600.000	2.50	0.65	Clothoïde 1
P.27	14+625.893	2.50	2.50	Arc 1
P.28	14+650.000	2.50	2.50	Arc 1
P.29	14+675.000	2.50	2.50	Arc 1
P.30	14+700.000	2.50	2.50	Arc 1
P.31	14+725.000	2.50	2.50	Arc 1
P.32	14+750.000	2.50	2.50	Arc 1
P.33	14+775.000	2.50	2.50	Arc 1
P.34	14+800.000	2.50	2.50	Arc 1
P.35	14+825.000	2.50	2.50	Arc 1
P.36	14+850.000	2.50	2.50	Arc 1
P.37	14+862.668	2.50	2.50	Arc 1
P.38	14+875.000	2.50	1.62	Clothoïde 2
P.39	14+900.000	2.50	-0.17	Clothoïde 2
P.40	14+925.000	2.50	-1.95	Clothoïde 2
P.41	14+950.000	2.50	-2.50	Clothoïde 2
P.42	14+975.000	2.50	-2.50	Clothoïde 2
P.43	14+995.668	2.50	-2.50	Clothoïde 2
P.44	15+000.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.45	15+025.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.46	15+050.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.47	15+075.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.48	15+100.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.49	15+125.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.50	15+150.000	2.50	-2.50	Droite 2

Num.	Abscisse	Dévers		Axe Plan
		Gauche	Droite	
P.51	15+175.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.52	15+200.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.53	15+225.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.54	15+250.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.55	15+275.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.56	15+300.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.57	15+325.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.58	15+350.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.59	15+375.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.60	15+400.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.61	15+425.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.62	15+450.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.63	15+475.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.64	15+500.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.65	15+525.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.66	15+550.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.67	15+575.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.68	15+600.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.69	15+625.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.70	15+650.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.71	15+675.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.72	15+700.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.73	15+725.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.74	15+750.000	2.50	-2.50	Droite 2
P.75	15+770.692	2.50	-2.50	Arc 2
P.76	15+775.000	2.50	-2.50	Arc 2
P.77	15+800.000	2.50	-2.50	Arc 2
P.78	15+825.000	2.50	-2.50	Arc 2
P.79	15+850.000	2.50	-2.50	Arc 2
P.80	15+864.693	2.50	-2.50	Arc 2
P.81	15+875.000	2.50	-2.50	Droite 3
P.82	15+900.000	2.50	-2.50	Droite 3
P.83	15+925.000	2.50	-2.50	Droite 3
P.84	15+950.000	2.50	-2.50	Droite 3
P.85	15+975.000	2.50	-2.50	Droite 3
P.86	16+000.000	2.50	-2.50	Droite 3
P.87	16+025.000	2.50	-2.50	Droite 3
P.88	16+049.609	2.50	-2.50	Clothoïde 3
P.89	16+074.000	2.50	-2.50	Clothoïde 3
P.90	16+100.000	2.50	-2.50	Clothoïde 3
P.91	16+125.000	1.40	-2.50	Clothoïde 3
P.92	16+150.000	-0.39	-2.50	Clothoïde 3
P.93	16+175.000	-2.18	-2.50	Clothoïde 3
P.94	16+182.609	-2.72	-2.72	Arc 3
P.95	16+200.000	-2.72	-2.72	Arc 3
P.96	16+205.150	-2.72	-2.72	Arc 3
P.97	16+225.000	-1.30	-2.50	Clothoïde 4
P.98	16+250.000	0.48	-2.50	Clothoïde 4
P.99	16+275.000	2.27	-2.50	Clothoïde 4
P.100	16+300.000	2.50	-2.50	Clothoïde 4
P.101	16+324.000	2.50	-2.50	Clothoïde 4
P.102	16+338.150	2.50	-2.50	Clothoïde 4
P.103	16+350.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.104	16+375.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.105	16+400.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.106	16+425.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.107	16+450.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.108	16+475.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.109	16+500.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.110	16+525.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.111	16+550.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.112	16+575.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.113	16+600.000	2.50	-2.50	Droite 4

Num.	Abscisse	Dévers		Axe Plan
		Gauche	Droite	
P.114	16+625.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.115	16+650.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.116	16+675.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.117	16+700.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.118	16+725.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.119	16+750.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.120	16+775.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.121	16+800.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.122	16+825.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.123	16+850.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.124	16+875.000	2.50	-2.50	Droite 4
P.125	16+894.733	2.50	-2.50	Clothoïde 5
P.126	16+900.000	2.50	-2.50	Clothoïde 5
P.127	16+925.000	2.50	-2.50	Clothoïde 5
P.128	16+950.000	2.50	-2.50	Clothoïde 5
P.129	16+975.000	2.50	-1.27	Clothoïde 5
P.130	17+000.000	2.50	0.52	Clothoïde 5
P.131	17+025.000	2.50	2.30	Clothoïde 5
P.132	17+027.733	2.50	2.50	Arc 4
P.133	17+050.000	2.50	2.50	Arc 4
P.134	17+069.053	2.50	2.50	Arc 4
P.135	17+075.000	2.50	2.08	Clothoïde 6
P.136	17+100.000	2.50	0.29	Clothoïde 6
P.137	17+125.000	2.50	-1.50	Clothoïde 6
P.138	17+150.000	2.50	-2.50	Clothoïde 6
P.139	17+175.000	2.50	-2.50	Clothoïde 6
P.140	17+200.000	2.50	-2.50	Clothoïde 6
P.141	17+202.053	2.50	-2.50	Clothoïde 6
P.142	17+225.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.143	17+250.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.144	17+275.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.145	17+300.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.146	17+325.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.147	17+350.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.148	17+375.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.149	17+400.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.150	17+425.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.151	17+450.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.152	17+475.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.153	17+500.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.154	17+525.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.155	17+550.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.156	17+575.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.157	17+600.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.158	17+625.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.159	17+650.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.160	17+675.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.161	17+700.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.162	17+725.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.163	17+750.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.164	17+775.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.165	17+800.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.166	17+825.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.167	17+850.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.168	17+875.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.169	17+900.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.170	17+925.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.171	17+950.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.172	17+975.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.173	18+000.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.174	18+025.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.175	18+050.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.176	18+075.000	2.50	-2.50	Droite 5

Num.	Abscisse	Dévers		Axe Plan
		Gauche	Droite	
P.177	18+100.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.178	18+125.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.179	18+150.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.180	18+175.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.181	18+200.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.182	18+225.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.183	18+250.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.184	18+275.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.185	18+300.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.186	18+325.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.187	18+350.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.188	18+375.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.189	18+400.000	2.50	-2.50	Droite 5
P.190	18+407.927	2.50	-2.50	Clothoïde 7
P.191	18+425.000	2.50	-2.50	Clothoïde 7
P.192	18+450.000	2.50	-2.50	Clothoïde 7
P.193	18+475.000	2.17	-2.50	Clothoïde 7
P.194	18+500.000	0.38	-2.50	Clothoïde 7
P.195	18+525.000	-1.40	-2.50	Clothoïde 7
P.196	18+540.927	-2.54	-2.54	Arc 5
P.197	18+550.000	-2.54	-2.54	Arc 5
P.198	18+575.000	-2.54	-2.54	Arc 5
P.199	18+600.000	-2.54	-2.54	Arc 5
P.200	18+625.000	-2.54	-2.54	Arc 5
P.201	18+650.000	-2.54	-2.54	Arc 5
P.202	18+675.000	-2.54	-2.54	Arc 5
P.203	18+700.385	-2.54	-2.54	Arc 5
P.204	18+725.000	-0.78	-2.50	Clothoïde 8
P.205	18+750.000	1.00	-2.50	Clothoïde 8
P.206	18+775.000	2.50	-2.50	Clothoïde 8
P.207	18+800.000	2.50	-2.50	Clothoïde 8
P.208	18+824.000	2.50	-2.50	Clothoïde 8
P.209	18+833.385	2.50	-2.50	Clothoïde 8
P.210	18+850.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.211	18+875.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.212	18+900.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.213	18+925.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.214	18+950.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.215	18+975.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.216	19+000.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.217	19+025.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.218	19+050.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.219	19+075.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.220	19+100.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.221	19+125.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.222	19+150.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.223	19+175.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.224	19+200.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.225	19+225.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.226	19+250.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.227	19+275.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.228	19+300.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.229	19+325.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.230	19+350.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.231	19+375.000	2.50	-2.50	Droite 6
P.232	19+393.308	2.50	-2.50	Clothoïde 9
P.233	19+400.000	2.50	-2.50	Clothoïde 9
P.234	19+425.000	2.50	-2.50	Clothoïde 9
P.235	19+450.000	2.50	-2.50	Clothoïde 9
P.236	19+475.000	0.95	-2.50	Clothoïde 9
P.237	19+500.000	-0.84	-2.50	Clothoïde 9
P.238	19+525.000	-2.63	-2.63	Clothoïde 9
P.239	19+526.308	-2.72	-2.72	Arc 6

Num.	Abscisse	Dévers		Axe Plan
		Gauche	Droite	
P.240	19+550.000	-2.72	-2.72	Arc 6
P.241	19+557.144	-2.72	-2.72	Arc 6
P.242	19+575.000	-1.44	-2.50	Clothoïde 10
P.243	19+600.000	0.34	-2.50	Clothoïde 10
P.244	19+625.000	2.13	-2.50	Clothoïde 10
P.245	19+650.000	2.50	-2.50	Clothoïde 10
P.246	19+674.000	2.50	-2.50	Clothoïde 10
P.247	19+690.144	2.50	-2.50	Clothoïde 10
P.248	19+700.000	2.50	-2.50	Droite 7
P.249	19+725.000	2.50	-2.50	Droite 7
P.250	19+750.000	2.50	-2.50	Droite 7
P.251	19+775.000	2.50	-2.50	Droite 7
P.252	19+799.392	2.50	-2.50	Clothoïde 11
P.253	19+824.000	2.50	-2.50	Clothoïde 11
P.254	19+850.000	2.50	-2.50	Clothoïde 11
P.255	19+875.000	2.50	-1.38	Clothoïde 11
P.256	19+900.000	2.50	0.41	Clothoïde 11
P.257	19+925.000	2.50	2.19	Clothoïde 11
P.258	19+932.392	2.72	2.72	Arc 7
P.259	19+950.000	2.72	2.72	Arc 7
P.260	19+971.343	2.72	2.72	Arc 7
P.261	19+975.000	2.50	2.46	Clothoïde 12
P.262	20+000.000	2.50	0.67	Clothoïde 12
P.263	20+025.000	2.50	-1.11	Clothoïde 12
P.264	20+050.000	2.50	-2.50	Clothoïde 12
P.265	20+075.000	2.50	-2.50	Clothoïde 12
P.266	20+100.000	2.50	-2.50	Clothoïde 12
P.267	20+104.343	2.50	-2.50	Clothoïde 12
P.268	20+125.000	2.50	-2.50	Droite 8
P.269	20+150.000	2.50	-2.50	Droite 8
P.270	20+175.000	2.50	-2.50	Droite 8
P.271	20+200.000	2.50	-2.50	Droite 8
P.272	20+225.000	2.50	-2.50	Droite 8
P.273	20+250.000	2.50	-2.50	Droite 8
P.274	20+275.000	2.50	-2.50	Droite 8
P.275	20+300.000	2.50	-2.50	Droite 8
P.276	20+325.000	2.50	-2.50	Droite 8
P.277	20+350.000	2.50	-2.50	Droite 8
P.278	20+375.000	2.50	-2.50	Droite 8
P.279	20+400.000	2.50	-2.50	Droite 8
P.280	20+425.000	2.50	-2.50	Droite 8
P.281	20+450.000	2.50	-2.50	Droite 8
P.282	20+475.000	2.50	-2.50	Droite 8
P.283	20+500.000	2.50	-2.50	Droite 8
P.284	20+525.000	2.50	-2.50	Droite 8
P.285	20+550.000	2.50	-2.50	Droite 8
P.286	20+575.000	2.50	-2.50	Droite 8
P.287	20+590.451	2.50	-2.50	Clothoïde 13
P.288	20+600.000	1.76	-2.50	Clothoïde 13
P.289	20+624.000	-0.17	-2.50	Clothoïde 13
P.290	20+649.000	-2.10	-2.50	Clothoïde 13
P.291	20+674.000	-4.04	-4.04	Clothoïde 13
P.292	20+700.000	-5.97	-5.97	Clothoïde 13
P.293	20+703.100	-6.21	-6.21	Arc 8
P.294	20+725.000	-6.21	-6.21	Arc 8
P.295	20+750.000	-6.21	-6.21	Arc 8
P.296	20+775.000	-6.21	-6.21	Arc 8
P.297	20+780.453	-6.21	-6.21	Arc 8
P.298	20+800.000	-4.70	-4.70	Clothoïde 14
P.299	20+825.000	-2.76	-2.76	Clothoïde 14
P.300	20+850.000	-0.83	-2.50	Clothoïde 14
P.301	20+875.000	1.10	-2.50	Clothoïde 14
P.302	20+893.102	2.50	-2.50	Clothoïde 14

Num.	Abscisse	Dévers		Axe Plan
		Gauche	Droite	
P.303	20+899.380	2.50	-2.50	Clothoïde 15
P.304	20+924.000	2.50	-0.33	Clothoïde 15
P.305	20+950.000	2.50	1.80	Clothoïde 15
P.306	20+974.000	3.92	3.92	Clothoïde 15
P.307	21+000.000	6.04	6.04	Clothoïde 15
P.308	21+008.382	6.75	6.75	Arc 9
P.309	21+025.000	6.75	6.75	Arc 9
P.310	21+050.000	6.75	6.75	Arc 9
P.311	21+052.499	6.75	6.75	Arc 9
P.312	21+075.000	4.84	4.84	Clothoïde 16
P.313	21+100.000	2.72	2.72	Clothoïde 16
P.314	21+125.000	2.50	0.60	Clothoïde 16
P.315	21+149.000	2.50	-1.52	Clothoïde 16
P.316	21+161.501	2.50	-2.50	Clothoïde 16
P.317	21+174.637	2.50	-2.50	Clothoïde 17
P.318	21+200.000	1.01	-2.50	Clothoïde 17
P.319	21+225.000	-0.78	-2.50	Clothoïde 17
P.320	21+249.000	-2.56	-2.56	Clothoïde 17
P.321	21+275.000	-4.35	-4.35	Clothoïde 17
P.322	21+292.135	-5.57	-5.57	Arc 10
P.323	21+294.956	-5.57	-5.57	Arc 10
P.324	21+300.000	-5.21	-5.21	Clothoïde 18
P.325	21+325.000	-3.43	-3.43	Clothoïde 18
P.326	21+350.000	-1.64	-2.50	Clothoïde 18
P.327	21+375.000	0.14	-2.50	Clothoïde 18
P.328	21+399.000	1.93	-2.50	Clothoïde 18
P.329	21+412.454	2.50	-2.50	Clothoïde 18
P.330	21+425.000	2.50	-2.50	Droite 11
P.331	21+430.004	2.50	-2.50	Droite 11