



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



## **Université Amar Thelidji- Laghouat**

**FACULTÉ : GÉNIE CIVIL ET ARCHITECTURE**

**DÉPARTEMENT : GÉNIE CIVIL**

### **MÉMOIRE DE MASTER**

**Présenté par :**

**DAOUDAOUA Abdellah**

**&**

**BOURAS Yacine**

**DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE**

**FILIERE : GÉNIE CIVIL**

**OPTION : VOIES ET OUVRAGES D'ART**

#### **Thème**

## **ÉTUDE D'UN TRONÇON DE ROUTE «LAGHOUAT-AFLOU»**

**- DÉDOUBLEMENT DE LA RN23 (DU PK 324 AU PK 329) -**

#### **Jury de soutenance :**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
M <sup>me</sup> BOULAGHMEN Farida	M.A.A	Présidente
M <sup>r</sup> MERGHOUB Messaouda	M.A.A	Examinatrice
M <sup>r</sup> BEDERINA Madani	Pr.	Rapporteur
M <sup>r</sup> MELLAL Rachid	Ingénieur	Co-rapporteur

**Promotion : Juin - 2018**

**عنوان المذكرة : دراسة ازدواجية مقطع الطريق الوطني رقم 23 بين (الاغواط-افلوا) عند النقطة الكيلومترية (324-329).**

**المؤطر : بديرينة مداني**

**اللقب و الاسم : داوداوة عبدالله - ياسين بوراس**

**ملخص :**

في هذه المذكرة ندرس إشكالية مطروحة بالنسبة للطريق الوطني رقم 23 والذي يربط بين مدينتي الأغواط و أفلو وذلك بالتركيز على الجزء المحصور بين النقطة الكيلومترية Pk 324 والنقطة Pk 329 على طول 5 كلم. تتمثل هذه الإشكالية في أن سعة الطريق أصبحت لا تكفي لضمان حركة السير للتدفق المتزايد ، إضافة إلى سوء المخطط الهندسي للطريق في بعض المناطق مما نتج عنه حوادث سير مميتة. لأجل تدارك هذه الوضعية، انتهجنا إجراء ازدواجية للطريق المذكور، مع التأكيد على تصحيح كل النقاط السوداء بالمواصفات والهيكلية التالية، هوامش الطريق بعرض 3 م، عرض الطريق 7 م السرعة المرجعية 120km/h.

**كلمات مفتاحية : طريق سريع، الازدواجية، حركة المرور، السرعة المرجعية، المسار على المخطط، المقطع الطولي، المقطع العرضي، التحجيم، ابعاد طبقات ارضية الطريق، تهيئة التقاطع.**

---

**Memory title : Study of a stretch of road (Laghout-Aflou) duplication of the RN23 (of Pk 324 to Pk 329).**

**Name and First name : DAOU DAOA Abdellah - BOURAS Yacine. Directed by : BEDERINA Madani**

**Abstract :**

This project of end of study studied a raised problem concerning the national road RN23 exactly the stretch between Laghouat -Aflou from PK 324 to PK 329 on 5 km. The problem is the insufficiency of the capacity of this road to ensure the circulation of the high traffic in the last years as well as the bad geometric shape of the road in certain regions.

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

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

---

**Titre du mémoire : Etude d'un tronçon de route(Laghout-Aflou) de dédoublement de la RN23 (du Pk 324 au Pk 329).**

**Nom et Prénom : DAOU DAOA Abdellah - BOURAS Yacine.**

**Encadreur : BEDERINA Madani**

**Résumé :**

Ce projet de fin d'étude a pour problématique l'amélioration de la route nationale RN23 afin de réduire le nombre énorme des accidents qui se ont eu lieu ces dernières années, plus particulièrement au niveau du tronçon se trouvant entre Laghouat –Aflou du PK 324 au PK 329 sur 5 km. Cette amélioration est justifiée par l'insuffisance de la capacité de la route actuelle qui ne pourrait satisfaire les besoins des usagers et par la mauvaise forme géométrique du tracé sur certains tronçons.

Pour résoudre, donc, ce problème, nous avons décidé de faire un dédoublement de voies sur cette route, avec de meilleures caractéristiques, telles que : une largeur de 7m, des accotements de 3m, une vitesse de référence  $V_r=120\text{km/h}$ .

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

XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Decorative flourish *Dédicaces* Decorative flourish

*Tout d'abord, je tiens à remercier le dieu puissant qui m'a donné  
le courage pour arriver à ce stade de la fin de ce projet.*

*Je dédie ce modeste travail à ma très chère mère et Mon père:*

*ma mère qui a été à mes côtés et m'a soutenu durant toute ma vie, et mon  
père qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis.*

*A tout mes frères ;*

*A toute la famille DAOUDAOUA.*

*A mon cousin ;*

*A mon binôme ; Yacine.*

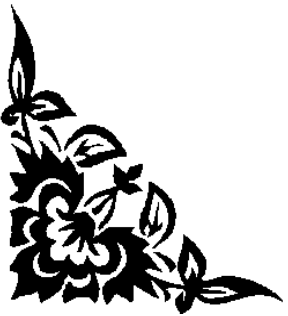
*A tout mes collègues ;*

*A mes amies : Amar, Osama, Adél, Abdelrazak, Saidi, Mohammed, Yasser.*

*A tous les enseignants de génie civil ainsi que les travailleurs.*

*Je vous dis merci pour tout ceux qui ont aidé de loin ou de près pour la réalisation de  
ce mémoire.*

*Daoudaoua Abdellah* 



XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

❧❧❧ *Dédicaces* ❧❧❧

*Tous d'abord je remercie le bon dieu qui m'a donné le courage et la volonté pour arriver à ce stade de fin d'étude.*

*Je dédie ce travail à ;*

*mes très chers grands parents et mes parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, ma mère et ma grand mère qui ont été à mes côtés et m'ont soutenu durant toute ma vie, et mes deux père qui ont sacrifié toute leur vie afin de me voir devenir ce que je suis.*

*Mes chères frères*

*Ma grand mère*

*Mon binôme ABD ALLAH*

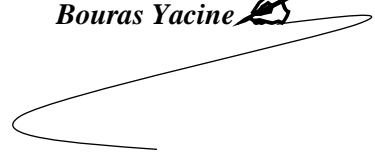
*ma fiancée*

*Toute mes amies*

*Toute la promotion -TP 2018.*

*Tous ce qui m'aime et que j'aime.*

*Bouras Yacine* 



# *Remerciement*

*Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah, le clément et le miséricordieux de nous avoir donné la santé et le courage de mener à bien ce modeste travail.*

*Nous voudrions exprimer nos vifs remerciements à nos encadreurs **Pr. BEDERINA Madani**, et **M<sup>r</sup>MALLAL Rachid** pour toutes les aides efficaces et la disponibilité et pour les conseils précieux qui ont permis d'achever ce travail.*

*Nous remercions **M<sup>me</sup>BOULAGHMEN Farida**, Maître assistant à l'université de Laghouat pour nous avoir fait l'honneur de présider notre jury.*

*Nous remercions aussi **M<sup>me</sup> MERGHOUB Messaouda**, Maître assistant à la même université, pour avoir accepté d'examiner ce travail et de participer au jury.*

*Nous souhaitons exprimer toute gratitude envers l'ensemble des enseignants du département de Génie civil, de l'université de Laghouat.*

*Nous remercions également la DTP de Laghouat et le Bureau des études S.E.T.S - Sétif pour les informations qui nous ont été fournies et la coopération dans la fourniture d'assistance.*



## TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITER-I. PRESENTATION DU PROJET ET DONNEES DE BASE.....</b>	<b>3</b>
<b>I- PRESENTATION DU PROJET.....</b>	<b>3</b>
I.1-GENERALITE SUR LA WILAYA DE LAGHOUAT.....	3
I.2-PRESENTATION DU PROJET.....	3
I.3-APERÇU GÉOLOGIQUE.....	4
I.4-CLIMATOLOGIE.....	5
I.5-POINTS D’EAU.....	6
I.6-DESCRIPTION GÉNÉRALE DE L’ÉTAT INITIAL DU PROJET.....	7
I.7-LA PROBLÉMATIQUE.....	7
I.8-OBJECTIF DE L’ETUDE.....	8
I.9-ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE.....	8
I.9.1-La dénivelée cumulée moyenne h/L.....	8
I.9.2-la sinuosité moyenne $\sigma = L_s / L$ .....	9
I.10-CATÉGORIE DE LA ROUTE.....	10
I.11-APPLICATION AU PROJET.....	11
<b>II- ETUDE DU TRAFIC.....</b>	<b>12</b>
II.1-GENERALITES.....	12
II.2-L’ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS.....	12
II.2.1-La mesure des trafics.....	12
II.2.2-Les comptages.....	13
II.2.3-Les enquêtes origine-destination.....	13
II.3-DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS.....	13
II.3.1-Trafic normal.....	13
II.3.2-Trafic dévié (dérivé).....	13
II.3.3-Trafic induit.....	14
II.3.4-Trafic total.....	15
II.4-MODELES DE PRESENTATION DE TRAFIC.....	14
II.4.1-Prolongation de l’évolution passée.....	14
II.4.2-Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.....	14
II.4.3-Modèle gravitaire.....	15
II.4.4-Modèle de facteurs croissance.....	15
II.4.5-Données de trafic dans notre projet.....	15

## TABLE DES MATIERES

II.5-CALCUL DE LA CAPACITE.....	15
II.5.1-Définition de la capacité.....	15
II.5.2-La procédure de détermination de nombre de voies.....	16
II.5.3-Trafic à un horizon donné.....	16
II.5.4-Trafic effectif.....	16
II.5.5-Débit de pointe horaire normal.....	17
II.5.6-Débit horaire admissible.....	17
II.6-DETERMINATION DU NOMBRE DES VOIES :.....	18
II.7-APPLICATION AU PROJET.....	18
II.8-CONCLUSION.....	21
<b>III-ETUDE GEOTECHNIQUE.....</b>	<b>22</b>
III.1-INTRODUCTION.....	22
III.2-RÉGLEMENTATION ALGÉRIENNE EN GÉOTECHNIQUE.....	22
III.3-LES MOYENS DE RECONNAISSANCE.....	22
III.4-LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE.....	22
III.4.1-Définitions des essais d'identification.....	22
III.4.2-Définitions des essais mécaniques.....	24
III.5-LES RESULTATS DES ESSAIS.....	25
III.6-CONDITION D'UTILISATION DES SOLS EN REMBLAIS.....	27
III.7-GITES DE MATERIAU.....	28
III.8-CONCLUSION.....	28
<b>CHAPITER-II. ETUDE GEOMETRIQUE DE LA ROUTE.....</b>	<b>29</b>
<b>I- INTRODUCTION.....</b>	<b>29</b>
<b>II-TRACÉ EN PLAN.....</b>	<b>29</b>
II.1-INTRODUCTION.....	29
II.2-REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE EN PLAN (GENERAL).....	29
II.3-ELEMENTS DU TRACE EN PLAN.....	30
III.3.1-Règles concernant la longueur des alignements.....	31
II.4-ARC DE CERCLE.....	31
II.4.1-Stabilité en courbe.....	32
II.5-COURBES DE RACCORDEMENT.....	35
II.5.1-Rôle et nécessité des courbes de raccordement.....	36
II.5.2-Types de courbe de raccordement.....	36
II.6-CONDITIONS DE RACCORDEMENT.....	38

## TABLE DES MATIERES

---

II.6.1-Condition de confort optique.....	38
II.6.2-Condition de confort dynamique.....	38
II.6.3-Condition de gauchissement.....	38
II.7-COMBINAISON DES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN.....	39
II.7.1-Courbe en S.....	39
II.7.2-Courbe à sommet.....	40
II.7.3-Courbe en C.....	40
II.7.4-Courbe en Ove.....	40
II.8-NOTION DE DEVERS.....	41
II.8.1-Devers en alignement.....	41
II.8.2-Devers en courbe.....	41
II.8.3-Rayon de courbure.....	41
II.8.4-Calcul des devers.....	41
II.8.5-Raccordement de devers.....	42
II.9-VITESSE DE RÉFÉRENCE.....	42
II.9.1-Choix de la vitesse de référence.....	42
II.9.2-Vitesse de projet.....	43
II.10-CHOIX DU TRACE.....	43
II.11-PARAMÈTRES FONDAMENTAUX.....	43
II.12-APPLICATION AU PROJET.....	44
<b>III- PROFIL EN LONG.....</b>	<b>50</b>
III.1-INTRODUCTION.....	50
III.2-REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DU PROFIL EN LONG.....	50
III.3-COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET PROFIL EN LONG.....	51
III.4-LES ELEMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG.....	51
III.5-DECLIVITES.....	52
III.5.1-Déclivité minimum.....	52
III.5.2-Déclivité maximum.....	52
III.6-RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG.....	53
III.6.1-Raccordement convexes (angle saillant).....	53
III.6.2-Raccordement concave (angle rentrant).....	55
III.7-CARACTÉRISTIQUES DES PROFIL EN LONG.....	55
III.8-DETERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG.....	56
III.9-APPLICATION AU PROJET.....	58
<b>IV- LE PROFIL EN TRAVERS.....</b>	<b>59</b>
IV .1-INTRODUCTION.....	59

IV .2-DIFFERENTS TYPES DE PROFIL EN TRAVERS .....	59
IV .2.1-Profil en travers type .....	59
IV .3-LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU PROFIL EN TRAVERS.....	60
IV .4-PROFIL EN TRAVERS TYPE POUR LE PRESENT PROJET .....	62
V -CONCLUSION .....	62
<b>CHAPITER-III. CALCUL DES CUBATURES ET DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE LA CHAUSSEE.....</b>	<b>63</b>
<b>I- CUBATURES .....</b>	<b>63</b>
I.1-INTRODUCTION .....	63
I.2-DEFINITION.....	63
I.3-METHODE DE CALCULE DES CUBATURES .....	63
I.3.1-Description de la Méthode .....	64
I.4-METHODE DE GULDEN .....	65
I.5-METHODE LINEAIRE .....	65
I.6-CALCUL DES CUBATURES DE TERRASSEMENT.....	66
I.7-CONCLUSION.....	66
<b>II- DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE .....</b>	<b>67</b>
II.1-INTRODUCTION .....	67
II.2-LA CHAUSSEE .....	67
II.2.1-Différents types de chaussées .....	68
II.3-SOLICITATIONS .....	71
II.3.1-Les effets du trafic .....	71
II.3.2-Les effets du climat.....	71
II.4-DIFFERENTS FACTEURS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT.....	72
II.4.1-Trafic .....	72
II.4.2-Environnement.....	73
II.4.3-Sol support.....	73
II.4.4-Matériaux.....	73
II.5-METHODES DE DIMENSIONNEMENT .....	73
II.5.1-Method C.B.R (California – Bearing – Ratio).....	73
II.5.2-Méthode du catalogue.....	75
II.6-APPLICATION AU PROJET .....	75
II.7-CONCLUSION .....	80

<b>CHAPITER-IV AMENAGEMENT DU CROISEMENT ROUTIER ET D'ASSAINISSEMENT</b> .....	81
<b>I- AMENAGEMENT DES CARREFOURS</b> .....	81
I.1-INTRODUCTION .....	81
I.2-PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENT D'UNCARREFOUR .....	81
I.2.1-La visibilité .....	82
I.2.2-La vitesse .....	83
I.2.3-La sécurité.....	83
I.2.4-Les îlots.....	83
I.2.5-La sélectivité.....	83
I.2.6-Signalisation.....	84
I.3-CLASSEMENT DES CARREFOURS .....	84
I.3.1-Carrefour à trois branches.....	84
I.3.2-Carrefour à quatre branches.....	84
I.3.3-Carrefour a plus de quatre branches.....	84
I.4-CARREFOURS GIRATOIRE.....	85
I.4.1-Les avantages et les inconvénients du carrefour giratoire .....	85
I.5-CHOIX DU TYPE DE CARREFOUR.....	86
I.6-APPLICATION AU PROJET .....	87
<b>II-ASSAINISSEMENT</b> .....	98
II.1-INTRODUCTION .....	98
II.2-OBJECTIF DE L' ASSAINISSEMENT .....	98
II.3-TYPE DES DÉGRADATIONS .....	98
II.4-TYPE DES CANALISATIONS.....	99
II.5-ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSEE.....	99
II.6-DEFINITIONS DES TERMES HYDRAULIQUE.....	100
II.7-LES OUVRAGES DES ECOULEMENTS DES EAUX.....	102
II.7.1-Passages submersibles .....	102
II.7.2-Fossés .....	102
II.7.3-Les dalot .....	103
II.8-APPLICATION A NOTRE PROJET .....	103
III-CONCLUSION .....	104
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE</b> .....	105

## LISTE DES FIGURES

### CHAPITER-I

Figure I.1 : Photo Satellitaire de la zone du projet .....	3
Figure I.2 : Carte climatique d'Algérie .....	6
Figure I.3 : La dénivelée cumulée moyenne h/L .....	8
Figure I.4 : Sinuosité .....	9
Figure I.5 : Schéma explicatif d'une Coupe transversale de la chaussée prévue. ....	21
Figure I.6 : Photo satellite position de gîte .....	28

### CHAPITER-II

Figure II.1 : Tracé en plan d'une route.....	29
Figure II.2 : Eléments principaux d'un tracé en plan. ....	30
Figure II.3 : Stabilité du véhicule en courbe. ....	32
Figure II.4 : Zone de dérasement.....	35
Figure II.5 : Courbe de raccordement de type 'parabole cubique' .....	36
Figure II.6 : Courbe de raccordement Clothoïde.....	38
Figure II.7 : Courbe en S. ....	39
Figure II.8 : Courbe à sommet.....	40
Figure II.9 : Courbe en C.....	40
Figure II.10 : Courbe en ovale.....	40
Figure II.11 : Elément géométriques du profil en long. ....	53
Figure II.12 : Courbe du profil en long. ....	57
Figure II.13 : Profil en travers type en déblai.....	59
Figure II.14 : Profil en travers type en remblai. ....	60
Figure II.15 : Profil en travers type mixte. ....	60
Figure II.16 : Les éléments du profil en travers. ....	60

### CHAPITER-III

Figure III .2 : Méthode de la moyenne des aires .....	64
Figure III .3 : La méthode linéaire et Méthode GULDEN .....	66
Figure III .4 : Structure type d'une chaussée souple .....	68
Figure III .5 : Type de couche d'une chaussée souple .....	69
Figure III .6 : Structure type d'une chaussée rigide .....	70
Figure III .7 : Schéma récapitulatif des types des chaussées.....	71
Figure III .8 : La structure de chaussée méthode C.B.R.....	77
Figure III .9 : Classe de trafic .....	77
Figure III .10 :La structure de chaussée méthode du catalogue.....	80

### CHAPITER-IV

Figure VI .2 : Triangle de visibilité .....	82
Figure VI .3 : Différent type de carrefours. ....	85
Figure VI .4 : Voie de décélération de type parallèle .....	88
Figure VI .5 : Voie d'insertion .....	89
Figure VI .6 : Aspect général du choix 1 pour l'aménagement du croisement routier ..	90
Figure VI .7 : Voie décélération de type diagonal .....	92
Figure VI .8 : Echangeur type trompette.....	94
Figure VI .9 : Choix 1.....	96
Figure VI .10 : Choix 2.....	97
Figure VI .11 : L'emplacement des ouvrages d'assainissements .....	102
Figure VI .12 : Détails des fossés trapézoïdaux en terre.....	103

**LISTE DES TABLEAUX****CHAPITER-I**

Tableau I.1:	Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne .....	9
Tableau I.2:	Classification de la sinuosité moyenne .....	10
Tableau I.3:	Environnement en fonction du relief et de la sinuosité .....	10
Tableau I.4:	Coefficient d'équivalence P .....	16
Tableau I.5:	Coefficient lié à l'environnement .....	17
Tableau I.6:	Coefficient de réduction de capacité .....	17
Tableau I.7:	Valeur de la capacité théorique .....	18
Tableau I.8:	Récapitulatif des résultats du calcul. ....	21

**CHAPITER-II**

Tableau II.1:	Coefficient de frottement en fonction de $V_r$ et Cat. ....	33
Tableau II.2:	Valeurs des dévers min et max en fonction de Cat et E. ....	33
Tableau II.3:	Rayons horizontaux (du tracé en plan).....	34
Tableau II.4:	Paramètres fondamentaux .....	44
Tableau II.5:	Valeur des différents rayons calculés et ceux donnés par B40. ....	45
Tableau II.6:	Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé.....	47
Tableau II.7:	Valeur de $I_{max}$ Selon le B40 .....	52
Tableau II.8:	Résume les valeurs proposée dans les diverse catégories .....	54
Tableau II.9:	Caractéristiques des rayons verticaux .....	56

### CHAPITER-III

Tableau III .1: Coefficients d'équivalence en fonction des matériaux utilisés .....	74
Tableau III .2: Classification des réseaux principaux .....	77
Tableau III .3: Classe du sol .....	78
Tableau III .4: Classes de sol-support .....	78
Tableau III .5: Les zones climatiques de l'Algérie .....	79
Tableau III .6: Classe de sol en fonction de portance de sol .....	79
Tableau III .7: Résumé les deux méthodes. ....	80

### CHAPITER-IV

Tableau IV .1: La vitesse d'approche à vide $V_0$ .....	87
Tableau IV .2: Longueur de la voie de décélération .....	88
Tableau IV .3: La vitesse d'approche $V_0$ on fonction de la $V_I$ et $V_D$ .....	89
Tableau IV .4: Les longueurs des voies d'insertion .....	89
Tableau IV .5: Dimensionnement de noter carrefour .....	91
Tableau IV .6: Les ouvrages busé existants pour cette tronçon. ....	104

## NOTATIONS ET SYMBOLES

### **A/**

A : Facteur d'agressivité.

### **C/**

C : Facteur de cumul.

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

### **D/**

$d_{min}$  : Dévers minimale.

$d_{max}$  : Dévers maximal.

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

$d_0$  : Distance de freinage (m).

$d_1$  : Distance d'arrêt (m).

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

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

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

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

### **E/**

e: Epaisseur équivalente.

E : Module de Yong.

### **F/**

$f_t$ : Coefficient de frottement transversal.

$f_L$  : Coefficient de frottement longitudinal.

$f''$  : L'accélération centrifuge résiduelle.

### **G/**

g : L'accélération de gravite.

### **H/**

h : Dénivelée cumulée totale.

$h_0$  : Hauteur de l'œil (m).

$h_1$  : Hauteur de l'obstacle (m).

**I/**

$I_p$  : L'indice de plasticité.

$i_{\min}$  : Déclivité minimum.

$i_{\max}$  : Déclivité maximum.

$I_{\text{CBR}}$  : Indice CBR (sol support).

**K/**

$K_1$  : Coefficient lié à l'environnement.

$K_2$  : Coefficient de réduction de capacité.

**L/**

$l_i$  : La longueur de dénivelée (rampes ou pentes).

$L_s$  : La longueur sinueuse.

$L_R$  : Longueur de rayon  $\leq 200\text{m}$ .

$L_{\text{AB}}$  : Longueurs totales de l'itinéraire.

$L_{\min}$  : Longueur minimale d'alignement.

$L_{\max}$  : Longueur maximale d'alignement.

$L$  : Longueur de raccordement.

$l$  : Largeur de la chaussée.

Log: Logarithme décimal.

**N/**

$n$  : Nombre d'année à partir de l'année d'origine.

$N$ : Désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide.

**P/**

$P_i$  : La dénivelée.

$P$  : Coefficient d'équivalence pour le poids lourds.

**Q/**

$Q$  : Débit de pointe horaire (UVP).

$Q_{\text{adm}}$  : Débit horaire admissible.

**R/**

$R_{\text{hm}}$  : Rayon horizontal minimal absolu.

$R_{\text{hn}}$  : Rayon horizontal minimal normal.

$R_{hd}$  : Rayon au dévers minimal.

$R_{nd}$  : Rayon minimal non déversé.

$R$  : Rayon de courbure.

$R_v$  : Rayon vertical (m).

**S/**

$S$  : Coefficient de dissymétrie.

$S_r$  : La surlargeur.

**T/**

$T_n$  : Le trafic à l'année n.

$T_0$  : Le trafic à l'arrivée pour origine.

$T_{JMAh}$  : Trafic journalier moyen à l'année n.

$T_{JMA0}$  : Trafic journalier moyen à l'année 0.

$T_{eff}$  : Trafic effectif à l'année horizon en (UVP).

$t_p$  : Temps de perception réaction (s).

$T_H$  : Trafics prévus pour une durée de vie.

**V/**

$V_B$  : La vitesse de base.

$V_r$  : La vitesse de référence.

$V$  : Le volume compris entre les deux profils en travers.

$VD$  : Volume de déblais.

$VR$  : Volume de remblai.

**W/**

$W_L$  : Limite de liquidité.

$W_P$  : Limite de plasticité.

**Z/**

$Z$  : Le pourcentage moyen de poids lourds.

**AUTRES CARACTERES**

$\sigma$  : La sinuosité moyenne.

$\tau$  : Taux de croissance.

$\omega$  : Teneur en eau au moment de l'essai donnant n coups.

$\Delta d$  : Variation de dévers en (%).

# **INTRODUCTION GÉNÉRALE**

## INTRODUCTION GÉNÉRAL

Une route est une voie terrestre aménagée pour permettre la circulation de véhicules à roues.

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 représentent le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie locale.

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseaux existants par saturation ; il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis de dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes. Ceci conduit généralement à mener des études approfondies.

D'où l'importance de la présente étude, qui consiste à faire la conception du dédoublement d'un tronçon routier de la route nationale N°23. Le tronçon s'étend sur 05 km et se trouve entre la ville de Laghouat et la ville Aflou.

La route nationale RN23 relie, en effet, la wilaya de Mostaganem et la wilaya de Laghouat, i.e. elle assure la liaison entre le centre du pays et les wilayas du Nord-Ouest.

Ce projet de dédoublement est pratiquement nécessaire, compte tenu de :

- l'importance de la route existante qui doit supporter l'intensité du trafic actuel et avenir (à long terme (20-25ans) ;
- les différentes activités économiques, commerciales et sociales de la région et la demande croissante en matière de transport de marchandises qui traverse cet axe.

L'objectif principal de cette étude d'aménagement est de désengorger la circulation dans la RN23, est d'assurer sa fluidité et de sécuriser le voyageur sur ce tronçon où le trafic est en croissance permanent. Aussi la réhabilitation et la modernisation, pour l'amélioration de la sécurité et le confort de l'utilisateur, et la réduction des temps de parcours, le nombre d'accidents, Ainsi que l'augmentation de la capacité de la route.

Pour mener à bien ce travail, le manuscrit a été structuré comme suit :

- un premier chapitre a été consacré à la présentation du projet et ses données de base ;
- un deuxième chapitre s'est concentré sur l'étude géométrique de la route ;
- un troisième chapitre a été destiné au calcul des cubatures et à l'étude de dimensionnement du corps de la chaussée ;
- un quatrième chapitre, a été consacré à l'étude de l'aménagement d'un croisement routier en relation avec le présent projet et l'aménagement d'assainissement.
- Enfin, l'ensemble de ce travail a été clôturé par une conclusion générale.

# **CHAPTER-I**

## **PRESENTATION DU PROJETET**

### **DONNEES DE BASE**

## I- PRESENTATION DU PROJET

### I.1-GENERALITE SUR LA WILAYA DE LAGHOUAT

La wilaya de Laghouat est située au centre du pays à 400 km au sud de la capitale Alger. La wilaya s'étend sur une superficie de 25 000 km<sup>2</sup>, avec une population qui avoisine 520 188 habitants (2010), soit une densité de 20 habitants par km<sup>2</sup>.

Région pastorale de l'Algérie, elle possède également le plus grand gisement de gaz naturel d'Afrique avec une réserve estimée à plusieurs milliards de mètres cubes.

Sur le plan administratif, la wilaya comporte 10 daïras et 24 communes ; elle est limitée par la wilaya de Djelfa et Tiaret au Nord, la wilaya d'El Bayadh à l'Ouest, la wilaya de Ghardaïa au Sud et la wilaya de Djelfa en Est.

### I.2-PRESENTATION DU PROJET

Le présent projet d'étude s'introduit dans le cadre de la réalisation de la double voie express « Laghouat –Aflou » sur un linéaire globale de 155 km à partir de HassianeEddib en passant par Aflou vers Laghouat du PK 243 au PK 398 (carrefour à la RN 1). Notre étude, n'est en effet qu'un tronçon de celui-ci qui est limitée par les PK 324 et PK 329 (**Figure I.1**).



Figure I.1 : Photo Satellitaire de la zone du projet[1].

### I.3-APERÇU GÉOLOGIQUE

La région de Laghouat est caractérisée par un relief simple, mais d'altitudes importantes. Le territoire de Laghouat peut se diviser en deux régions d'inégale superficie, présentant chacune un intérêt particulier.

- La première, qui comprend la partie Nord-Ouest de la wilaya, est une région montagneuse, accidentée, à peu près nue et aride. Des chaînons rocheux, isolés à pentes raides, généralement peu accessibles, y formant les ceintures des grandes vallées. Les dernières pentes de ces montagnes aboutissent à Laghouat.

Cette oasis est partagée en deux parties, Nord et Sud, par une crête rocheuse dont la direction générale est Ouest-Est.

Au Nord, une autre ligne de crête parallèle à la précédente offre deux coupures assez larges, l'un donnant passage à l'Oued M'zi, l'autre formant un col appelé le col des sables.

- La deuxième région, située au Sud de Laghouat est constituée par d'immenses plaines ondulées formant la zone des dayas.

Dans le Nord de la wilaya, ce sont les éléments du Crétacé inférieur qui dominent. Ces éléments sont parfois coupés par des faciès marins normaux à récifaux et par des éléments continentaux lagunaires.

En descendant vers le Sud, ces formations sont remplacées par des formations du Crétacé supérieur marin et du Crétacé supérieur continental, qui atteignent la latitude de Laghouat, entre mêlées de formations du Pontien (Miocène).

Plus au Sud encore, les formations des Pliocènes continentales composées en particulier des poudings et de calcaires lacustres forment la partie Nord du plateau. Elles dominent presque exclusivement la partie Sud-ouest, tandis que dans la partie Sud Est apparaissent les formations du Pontien (Miocène).

Ces formations allant jusqu'à l'extrême Sud du plateau, ne changent qu'à la pointe Nord de la Chebka du M'zab, où réapparaît le Crétacé Supérieur marin, prolongé vers le Sud par le Crétacé moyen marin et le Turonien[2].

La série lithologique de la région peut se résumer comme suit [2]:

**1-Jurassique supérieur** :La mer dépose des calcaires.

**2-Crétacé inférieur** : Retrait de la mer et dépôt de faciès continentaux en particulier les grés de l'Albien.

**2-1-Barrémien :** Il est constitué par de gros bancs métriques de grès à stratifications entrecroisées avec quelques passages marneux argileux, correspondant à une sédimentation de chenaux fluviaux.

**2-2-Aptien :** Il est marqué par des dépôts d'argiles et de gypses, avec des calcaires à concrétions.

**2-3-Albien inférieur :** Il débute par une série argilo-silteuse avec intercalation de marnes violacées et de grès friables sableux.

**2-4-Albien supérieur :** Il est représenté par des calcaires gréseux à passées marneuses.

### **3-Crétacé supérieur :**

**3-1- Cénomaniens :** Il est constitué de marne gypseuse et des bancs de calcaires dolomitiques.

**Turonien :** Composé par des dolomies et des calcaires dolomitiques à teinte claire. Il ressort dans le paysage en forme de corniche à niveau plus tendre et à pente relativement faible.

**3-2- Sénonien :** Comparativement aux autres étages, il recouvre de faibles surfaces. Il est constitué de trois ensembles : des marnes ; des gypses ; des calcaires massifs.

**4- Le Miocène :** Il recouvre en discordance angulaire les terrains sous-jacents du Crétacé supérieur. Il est constitué par :

- des calcaires à éléments fins ;
- des poudingues ; des sables rouges grésifiés et des marnes.

**5- Le Pliocène :** Il est formé à la base par des argiles rouges avec des bancs de calcaires et une série détritico-conglomératique au sommet et des sables rouges.

**6-Le Quaternaire :** Il est constitué par des formations alluvionnaires épaisses formées de galets, graviers, sable et limons. Ces dépôts généralement peu épais reposent dans le domaine atlasique sur des terrains d'âge secondaire et dans le domaine saharien sur les dépôts détritico-mio-pliocène

Le Quaternaire se caractérise par le remblaiement des fonds des cuvettes endoréiques et des vallées des Oueds[2].

## **I.4- CLIMATOLOGIE**

La région d'étude est caractérisée par un climat de type continental avec une[3]:

- Le site du projet est situé dans un contexte semi aride ayant une pluviométrie allant de 100 à 150mm ; les précipitations surviennent fréquemment sous forme d'orages(**Figure I.2**).
- Sur toute l'année, les températures maximales moyennes mensuelles sont comprises entre 20 et 37°C. Les températures minimales moyennes mensuelles sont comprises entre 0° et 15°C.

- A la surface de la chaussée et en période estivale, la température peut atteindre 40°C et plus.
- en période hivernale, la température peut osciller entre 2°C le matin (on peut enregistrer 0°C et même en dessous) et 20°entre 12h et 16h.
- Les chocs thermiques sont importants avec des écarts de températures pouvant atteindre 25°C et même plus;
- Les vents sont très violents à dominance Nord-Nord-est pour des vitesses allant de 60 à 130km/h.

**I.5- POINTS D’EAU**

Cette partie du projet se situe entre la sortie nord de la ville de Laghouat (carrefour Aflou - Algérie) et la ville d’El Hadjeb en passant par Millok et Fessifsa, les points d’eau sont en abondance notamment au niveau de ce tronçon tels que (Figure I.2)est carte climatique d'Algérie en général [4,5]:

Double voie El Merdja :	N 33° 49’ 24.9”	E 002° 51’ 30.0”	Alt 809m
Zone haute Laghouat :	N 33° 49’ 33.1”	E 002° 50’ 59.0”	Alt 823m
RN01 au PK 401+200 :	N 33° 49’ 42.9”	E 002° 52’ 25.4”	Alt 790m
Fessifsa RN23 au PK 395:	N 33° 52’ 57.4”	E 002° 40’ 19.5”	Alt 894m

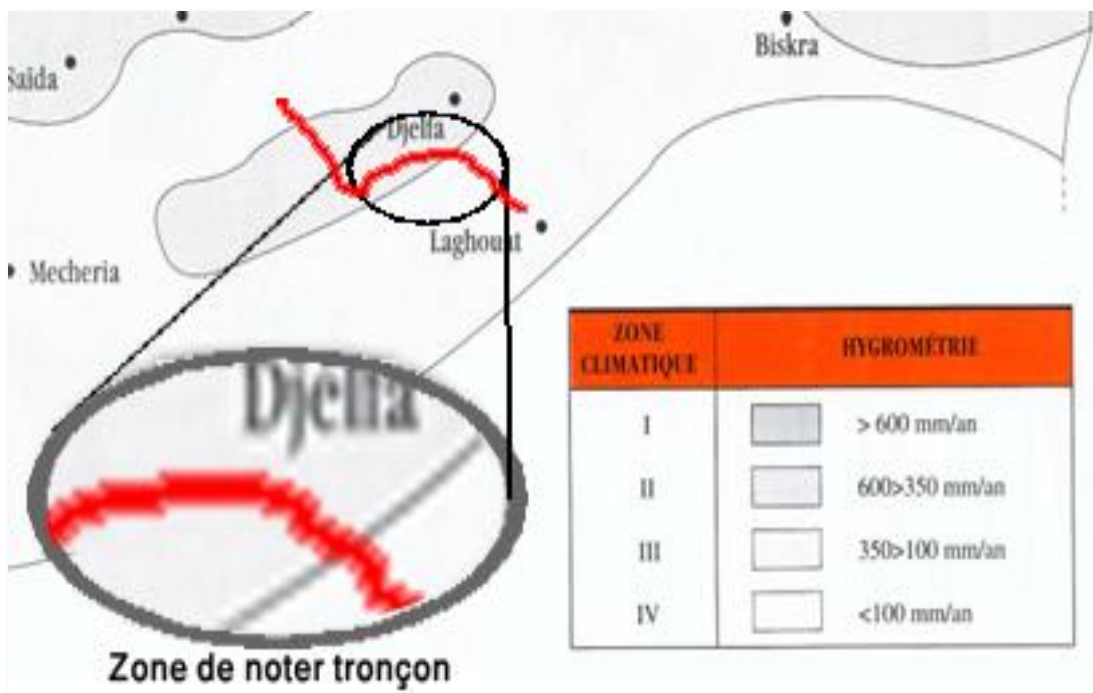


Figure I.2 : Carte climatique d'Algérie [18].

## I.6- DESCRIPTION GÉNÉRALE DE L'ÉTAT INITIAL DU PROJET

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

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

- la largeur de 7.5 m;
- la largeur des accotements de 1.5 m.

Le projet en question est un dédoublement sur un linéaire de 155km de la RN23 qui débute de HassianeEddib en passant par Aflou vers Laghouat du PK 243 au PK 398 (carrefour à la RN 1). Notre étude se limite sur l'étude du tronçon se trouvant entre les PK 324 et PK 329 .

## I.7- LA PROBLÉMATIQUE

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

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

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

**I.8- OBJECTIF DE L'ETUDE**

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

- l'amélioration de la sécurité et le confort de l'utilisateur;
- la réduction des temps de parcours;
- l'amélioration du système de drainage;
- la réduction du nombre d'accidents;
- assurer une fluidité de la circulation et sécuriser les usagers;
- l'augmentation de la capacité de la route.

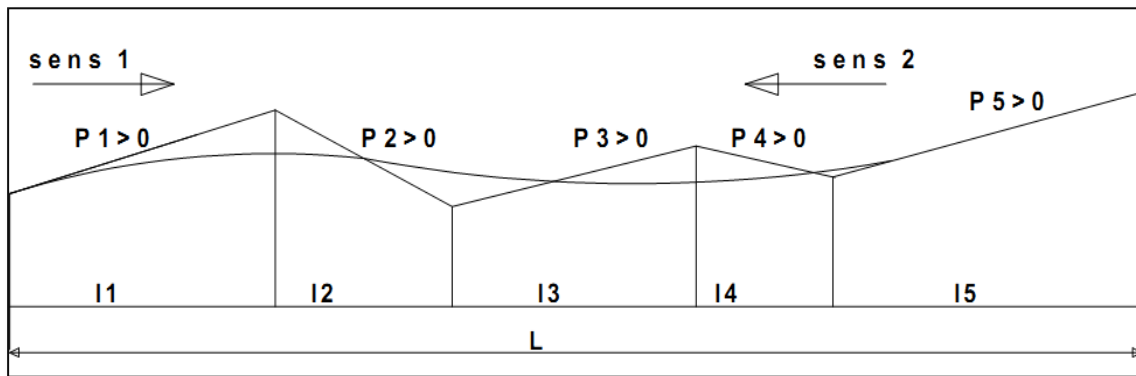
**I.9- ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE**

L'environnement est par définition l'état actuel de relief, et il y a trois classes d'environnement (E1, E2, E3) qui ont été proposées et qui sont caractérisées par deux indicateurs (Figure I.3)[6]:

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

**I.9.1- La dénivelée cumulée moyenne h/L**

La somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire, et la dénivelée cumulée totale comme décrit dans[6].



**Figure I.3 : La dénivelée cumulée moyenne h/L [29].**

➤ h1 : dénivelée cumulée sens 1 :  $h_1 = \sum_{P_i > 0} P_i \times l_i$  **Eq I.1**

➤ h2 : dénivelée cumulée sens 2 :  $h_2 = - \sum_{P_i < 0} P_i \times l_i$  **Eq I.2**

Et :  $h = h_1 + h_2$  **Eq I.3**

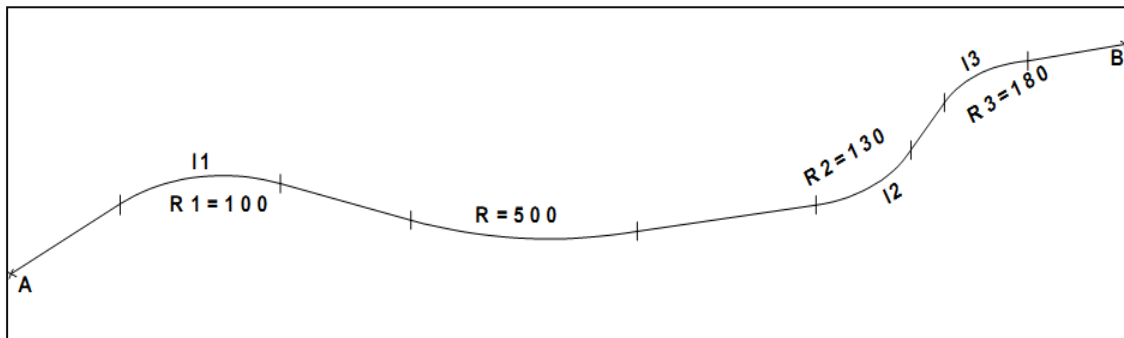
Le rapport de la dénivelée cumulée totale h à la longueur de l’itinéraire permet de mesurer la variation longitudinale du relief (**Tableau I.1**).

**Tableau I.1: Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne[6].**

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

**I.9.2- la sinuosité moyenne  $\sigma = L_s /L$**

La sinuosité d’un itinéraire est égale au rapport entre la longueur sinueuse LS et la longueur totale de l’itinéraire, la longueur sinueuse  $L_s$  est la longueur cumulée des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m comme décrit dans (**Figure I.4**) et extraire les valeurs dans le (**Tableau I.2**)[6].



**Figure I.4 : Sinuosité [29].**

$$\sigma = \frac{L_s}{L_{AB}} \tag{Eq I.4}$$

Avec :  $L_s = \sum L_R \leq 200$  Eq I.5

- $L_s$  : la longueur sinueuse.
- $L_R$  : longueur de rayon  $\leq 200m$ .
- $L_{AB}$  : L (longueurs totales de l’itinéraire).

**Tableau I.2: Classification de la sinuosité moyenne[6].**

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

L’association de deux paramètres précédents (sinuosité moyenne et dénivelée cumulémoyenne), nous donne les trois types d’environnement et ceci selon le (Tableau I.3):

**Tableau I.3: Environnement en fonction du relief et de la sinuosité[6].**

Sinuosité \ Relief	Faible	Moyenne	Forte
Plat	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	--
Vallonné	E <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
Montagneux	--	E <sub>3</sub>	E <sub>3</sub>

### I.10- CATÉGORIE DE LA ROUTE

Les routes algériennes sont classées en cinq catégories fonctionnelles correspondant aux finalités économiques et administratives des itinéraires considérés [6]:

**Catégorie 1 :**

Liaisons entre les grands centres économiques et les centres d’industries lourde considérés deux à deux et liaisons assurant le rabattement entre centre d industries de transformation vers le réseau de base ci-dessus.

**Catégorie 2 :**

Liaisons des pôles d’industrie de transformation entre eux ; et liaisons raccordement des pôles d industries légères diversifiées avec le réseau précédent.

**Catégorie 3 :**

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

**Catégorie 4 :**

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

**Catégorie 5 :**

Route et piste non comprise dans les catégories précédentes.

**I.11- APPLICATION AU PROJET**

**I.11.1- Catégorie:** puisque notre projet relie des centres économiques et d'industries lourdes importants (Laghout-Mostaganem), notre route est classée en Catégorie (01).

**I.11.2- La Dénivelée Cumulée moyenne :**

Le tracé que nous avons effectué donne :

- $h_1 = \sum_{P_i > 0} P_i \times l_i$
- $h_2 = -\sum_{P_i < 0} P_i \times l_i$

$$h = h_1 + h_2 = 74.14 + 27.66 = \mathbf{101.83 \text{ m}}$$

$$\frac{h}{L} = \frac{101.83}{5116.376} = 0.0199 \approx \mathbf{1.99\%}$$

C'est à dire entre 1.5% et 4% donc selon le (Tableau I.1) → **Le terrain est vallonné.**

**I.11.3- Sinuosité :**

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

$$\sigma = \frac{L_s}{L_{AB}} = \frac{0}{5116.376} = 0 < 0.1$$

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

**I.11.4- Type d'environnement :**

Puisqu'on a trouvé que le terrain est vallonné et la sinuosité est faible, d'après le (Tableau I.3), le type d'environnement est **E2**.

Alors pour ce projet, on a:

- ✓ **Catégorie : 1**
- ✓ **Environnement : E2**

## II- ETUDE DU TRAFIC

### II.1- GENERALITES

L'aménagement et l'organisation des voies de circulation s'effectuent dans le but d'améliorer l'écoulement de trafic dans les meilleures conditions de sécurité et de confort.

L'étude de trafic représente une approche essentielle dans la conception des réseaux routiers. L'analyse de trafic est destinée à éclairer des décisions relatives à la politique des transports.

Cette conception est basée sur des prévisions des trafics sur les réseaux routiers qui sont nécessaires [31]:

- pour définir les caractéristiques techniques des différents tronçons de la route constituant le réseau qui doit être adaptés au volume et à la nature des circulations attendues;
- pour estimer les coûts d'entretien du réseau routier, qui sont fonction du volume de circulation;
- pour apprécier la valeur économique des projets routiers.

### II.2- L'ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS

Tout projet d'étude d'infrastructure routière doit impérativement contenir une évaluation et une analyse précise du trafic supporté, car le dimensionnement de la chaussée est lié étroitement à cette sollicitation ; la résolution de ce problème consiste à déterminer la largeur des voies et leur nombre, d'après le trafic prévisible à l'année de l'horizon. L'étude de trafic présente une approche essentielle dans la conception des réseaux routiers. Elle représente un outil d'aide à la décision relative à la politique des transports [7].

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

- la statistique générale;
- le comptage sur la route (manuel et automatique);
- une enquête de circulation.

#### II.2.1- LA MESURE DES TRAFICS

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires [7]:

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

## **II.2.2- LES COMPTAGES**

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage [7]:

- Les comptages manuels;
- les comptages automatiques.

### **II.2.2.1- LES COMPTAGES MANUELS**

Ils sont réalisés par les enquêteurs qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports communs[8].

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

### **II.2.2.2- 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 [8].

## **II.2.3- LES ENQUETES ORIGINE-DESTINATION**

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

Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic inter-zonaux, en définissant leur origine et destination [27].

## **II.3- DIFFERENTS TYPES DE TRAFICS**

### **II.3.1- Trafic normal**

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement indépendamment du nouveau projet[9].

### **II.3.2- Trafic dévié (dérivé)**

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 [9].

### II.3.3- Trafic induit

C'est le trafic qui résulte[9]:

- 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;
- augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due à une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

### II.3.4- Trafic total

Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié [9].

## II.4- MODELES DE PRESENTATION DE TRAFIC

Dans l'étude des projections des trafics, la première opération consiste à définir un certain nombre de flux de trafic qui constitue des ensembles homogènes, en matière d'évolution ou d'affectation[9].

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

- la prolongation de l'évolution passée;
- la corrélation entre le trafic et des paramètres économiques;
- le modèle gravitaire;
- le modèle de facteur de croissance.

### II.4.1- 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 [28].

Le trafic  $T_n$  à l'année  $n$  sera (Eq I.6):

$$T_n = T_0(1 + \tau)^n \quad \text{Eq I.6}$$

Où:  $T_0$  : est le trafic à l'arrivée pour origine ;  $\tau$  : est le taux de croissance.

### II.4.2- Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques

Elle consiste à rechercher dans le passé une corrélation entre le niveau de trafic d'une part et certains indicateurs macro-économiques [28]:

- Produit nationale brute (PNB);
- produits des carburants.

### II.4.3- 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[9].

### II.4.4- Modèle de facteurs croissance

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

- le taux de motorisation des véhicules légers et utilisation;
- le nombre d'emplois;
- la population de la zone.

Cette méthode nécessite des statistiques précises et une recherche approfondie de la zone à étudier[9].

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

### II.4.5- Données de trafic dans notre projet :

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

-Le trafic à l'année 2016 <b>TJMA<sub>2016</sub></b>	<b>5763 v/j</b>
-Le taux d'accroissement annuel du trafic	<b><math>\tau = 4\%</math></b>
-La vitesse de base sur le tracé	<b><math>V_b = 120 \text{ km/h}</math></b>
-Le pourcentage moyen de poids lourds	<b><math>Z = 25\%</math></b>
-L'année de mise en service	<b>2021</b>
-La durée de vie estimée de 20 ans.	

## II.5- CALCUL DE LA CAPACITE

### II.5.1- Définition de la capacité

La capacité est le nombre des véhicule qui peuvent raisonnablement passer sur une direction de la route « ou deux directions » durant une période bien déterminée. La capacité s'exprime généralement sous forme d'un débit horaire ; elle dépend [6]:

- les conditions de trafic;
- les conditions météorologiques;
- des caractéristiques géométriques de la route (nombre et largeur des voies);
- des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de perception des conducteurs).

**II.5.2- La procédure de détermination de nombre de voies**

Le choix du nombre de voie résulte de la comparaison entre l’offre et le demande, c’est-à-dire le débit admissible et le trafic prévisible à l’année d’horizon.

Pour cela il est donc nécessaire d’évaluer le débit horaire à l’heure de pointe pour la vingtième année d’exploitation[6].

**II.5.3- Trafic à un horizon donné**

Du fait de la croissance annuelle du trafic(Eq I.7)[6]:

$$TJMA_n = TJMA_0(1 + \tau)^n \quad \text{Eq I.7}$$

Tel que:

**TJMA<sub>n</sub>**: Trafic journalier moyen à l’année n ;    **τ** : Taux d’accroissement annuel.

**TJMA<sub>0</sub>**: Trafic journalier moyen à l’année 0 ;    **n** : Nombre d’année à partir de l’année d’origine.

**II.5.4- Trafic effectif**

C’est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (**UVP**), en fonction du type de la route et de son environnement. Pour cela on utilise des coefficients d’équivalence pour convertir les **PL** en (**UVP**).

Le trafic effectif est donné la relation suivante (Eq I.8)[6]:

$$T_{eff} = [ (1 - Z) + P \times Z ] \times TJMA_h \quad \text{Eq I.8}$$

Avec :

- **T<sub>eff</sub>** : Trafic effectif à l’année horizon en (**UVP**).
- **Z** : Pourcentage de poids lourd.
- **P** : Coefficient d’équivalence pour le poids lourds (**Tableau I.4**).

**Tableau I.4: Coefficient d’équivalence P[6].**

Routes \ Environnement	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
	<b>2 voies</b>	3	6
<b>3 voies</b>	2.5	5	10
<b>4 voies et plus</b>	2	4	8

**II.5.5- Débit de pointe horaire normal**

Le débit de pointe horaire normal est une fraction de trafic effectif à l’horizon, il est donné par la formule (Eq I.9)[6]:

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right)T_{eff} \quad \text{Eq I.9}$$

Avec :

**Q** : Débit de pointe horaire (UVP) ; **T<sub>eff</sub>**: Trafic effectif.

**n** : Nombre d’heure, (en général n = 8heure).

**II.5.6- Débit horaire admissible**

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule (Eq I.10)[6]:

$$Q_{adm} = K_1 \times K_2 \times C_{th} \quad \text{Eq I.10}$$

Avec :

- **K<sub>1</sub>** : Coefficient lié à l’environnement (Tableau I.5);
- **K<sub>2</sub>**: coefficient de réduction de capacité (Tableau I.6);
- **C<sub>th</sub>** : capacité théorique par voie qu’un profil en travers peut écouler en régime stable (Tableau I.7).

✓ Valeur de **K<sub>1</sub>** :

**Tableau I.5: Coefficient lié à l’environnement[6].**

Environnement	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
K <sub>1</sub>	0.75	0.85	0.90-0.95

✓ Valeur de **K<sub>2</sub>** :

**Tableau I.6: Coefficient de réduction de capacité[6].**

Catégorie Environnement	1	2	3	4	5
	E <sub>1</sub>	1.00	1.00	1.00	1.00
E <sub>2</sub>	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E <sub>3</sub>	0.91	0.95	0.97	0.98	0.98

✓ Valeur de  $C_{th}$  :

**Tableau I.7: Valeur de la capacité théorique[6].**

Nombre des voies de la route	Capacité théorique (UVP/h)
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5m	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 1800

**II.6- DETERMINATION DU NOMBRE DES VOIES :**

➤ Cas d'une Chaussée Bidirectionnelle : On compare  $Q$  à  $Q_{adm}$  et on prend le profil permettant d'avoir (Eq I.11)[6]:

$$Q_{adm} \geq Q \quad \text{Eq I.11}$$

➤ Cas d'une Chaussée Unidirectionnelle : Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du rapport (Eq I.12)[6]:

$$n = S \times \frac{Q}{Q_{adm}} \quad \text{Eq I.12}$$

Avec :

- $S$  : Coefficient de dissymétrie, en général égal à 2/3.
- $Q_{adm}$  : Débit admissible par voie.

**II.7- APPLICATION AU PROJET**

**II.7.1- Calcul de TMJA à l'horizon**

L'année de mise en service (2021):

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

Avec :

$TJMA_h$  : trafic à l'horizon (année de mise en service 2021)

$TJMA_0$  : trafic à l'année zéro (origine 2016)

$$TJMA_{2021} = 5763(1 + 0,04)^5 \approx 7011 \text{ v/j.}$$

Trafic à l'année (2041) pour une durée de vie de 20 Ans :

$$TJMA_{2041} = 7011 (1 + 0,04)^{20} = 15361 \text{ v/j.}$$

**II.7.2- Calcul de trafic effectif**

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

Avec:

Z : pourcentage de poids lourd on a **Z = 25 %**.

P : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds pour une route à deux voies et un environnement **E2** on a dans le **tableau I.4** la valeur est **P = 6**.

$$T_{eff2016} = [(1 - 0.25) + 6 \times 0.25] \times 7011 = 15774 \text{ UVP/j}$$

$$\text{Donc : } T_{eff2016} = 15774 \text{ UVP/j}$$

$$T_{eff2041} = [(1 - 0.25) + 6 \times 0.25] \times 15361 = 34562 \text{ UVP/j}$$

$$\text{Donc : } T_{eff2041} = 34562 \text{ UVP/j}$$

**II.7.3- Débit de pointe horaire normal**

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

Avec :

1/n : coefficient de pointe horaire pris est égale à 0.12 (n = 8heure)[6].

➤ **Année de mise en service**

$$Q_{2016} = 0.12 \times T_{eff 2016}$$

$$Q_{2016} = 0.12 \times 15774 = 1892 \text{ UVP/h}$$

$$\text{Donc : } Q_{2016} = 1892 \text{ UVP/h}$$

➤ **Année horizon**

$$Q_{2041} = 0.12 \times T_{eff 2041}$$

$$Q_{2041} = 0.12 \times 34562 = 4147 \text{ UVP/h}$$

$$\text{Donc : } Q_{2041} = 4147 \text{ UVP/h}$$

**II.7.4- Débit horaire admissible :**

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

Avec :

- ✓ Environnement E2 alors dans le (Tableau I.5) la valeur est: **K1= 0.85**
- ✓ Environnement E2 et catégorie C1 alors dans le (Tableau I.6) la valeur est: **K2 = 0.99**
- ✓ **C<sub>th</sub>= 2000**(d'aprèsle (Tableau I.7) pour **E2, C1** et pour une chaussée à 2 voies).

Alors :

$$Q_{adm} = 0.85 \times 0.99 \times 2000$$

$$Q_{adm} = 1683 \text{ UVP/h}$$

**II.7.5- Détermination du nombre des voies**

➤ Chaussée unidirectionnelle :

$$n = S \times \frac{Q}{Q_{adm}} = \frac{2}{3} \times \frac{4147}{1683} = 1.64 \approx 2$$

Donc : **n = 2 voies/sens**

**II.7.6- Calcul de l'année de saturation**

- T<sub>eff2016</sub>= 15774 UVP/j
- Q<sub>2016</sub>= 1892 UVP/h
- Q<sub>adm</sub>= 1683 UVP/h

$$Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm} \tag{Eq I.13}$$

$$Q_{saturation} = 4 \times 1683 = 6732 \text{ UVP/h}$$

$$Q_{saturation} = (1 + \tau)^n \times Q_{2016} \tag{Eq I.14}$$

$$\Rightarrow n = \frac{\ln\left(\frac{Q_{sat}}{Q}\right)}{\ln(1 + \tau)}$$

$$n = \frac{\ln\left(\frac{6732}{1892}\right)}{\ln(1 + 0.04)} = 32 \text{ ans}$$

Alors l'année de saturation est : 2021+32 = 2053

D'où notre route sera saturée 32 ans après la mise en service donc l'année de saturation sera Année 2053.

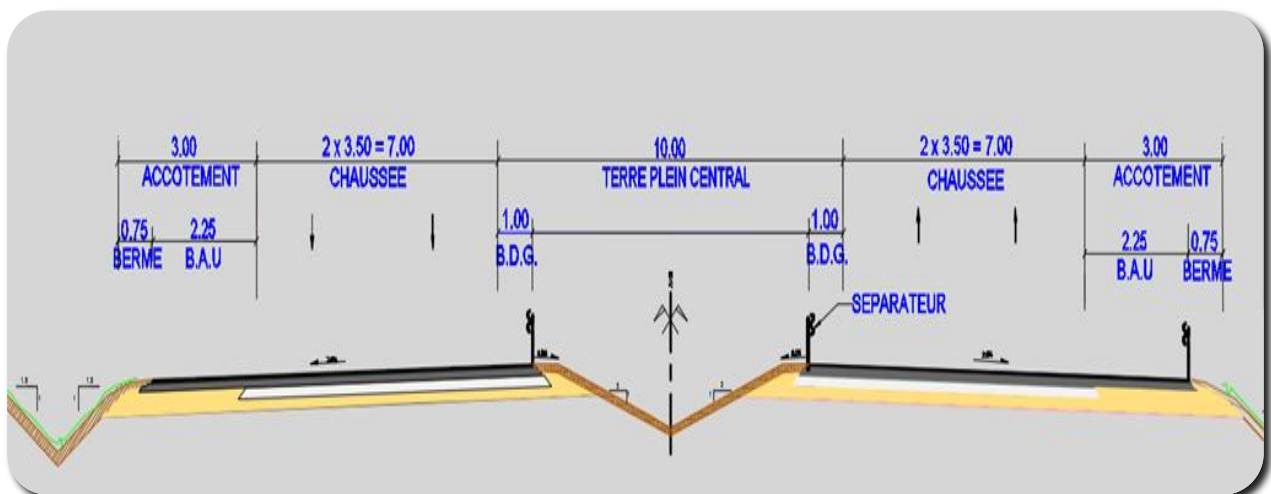
Les calculs sont représentés dans le (Tableau I.8):

**Tableau I.8: Récapitulatif des résultats du calcul.**

TJMA <sub>2016</sub> (v/j)	TJMA <sub>2021</sub> (v/j)	TJMA <sub>2041</sub> (v/j)	T <sub>eff 2016</sub> (UVP/j)	T <sub>eff 2041</sub> (UVP/j)	Q <sub>2016</sub> (UVP/h)	Q <sub>2041</sub> (UVP/h)	N° des Voies
5763	7011	15361	15774	34562	1892	4147	2

**II.8- CONCLUSION**

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



**Figure I.5 : Schéma explicatif d’une Coupe transversale de la chaussée prévue.**

## **III-ETUDE GEOTECHNIQUE**

### **III.1- INTRODUCTION**

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

L'étude géotechnique du site s'est basée essentiellement sur la description géomorphologique et lithologique, l'interprétation des mouvements gravitaires et l'estimation des tassements, le recensement des gîtes a matériaux et en fin le dimensionnement de la chaussée [25].

### **III.2- RÉGLEMENTATION ALGÉRIENNE EN GÉOTECHNIQUE**

La géotechnique couvre un grand champ d'activité qui va de la reconnaissance des sols au calcul et à l'exécution des ouvrages en passant par les essais de sols en laboratoire ou en place.

Les normes algériennes adoptées dans le domaine de la géotechnique sont relatives aux modes opératoires et des essais de sols couramment réalisées en laboratoire dans le cadre des études géotechniques ; par exemple [28]:

- les essais en place (essais préssiométrique ; pénétromètre statique ou dynamique....etc.);
- les essais de laboratoire : essais d'identification et de classification.

### **III.3- LES MOYENS DE RECONNAISSANCE**

Les moyens de reconnaissance du sol pour l'étude d'un tracé routier sont essentiellement [10]:

- l'étude des archives et documents existants;
- les visites de site et les essais « in –situ »;
- les essais de laboratoire.

### **III.4- LES DIFFERENTS ESSAIS EN LABORATOIRE**

Les essais réalisés en laboratoire pour les échantillons prélevés du site de notre projet sont [10]:

**➤ Les essais d'identification:**

- équivalent de sable;
- analyse granulométrique;
- limites d'Atterberg.

**➤ Les essais mécaniques :**

- essai PROCTOR et PROCTOR MODIFIE;
- essai CBR imbibé.

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

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

La classification des sols rencontrés sera utile et nécessitera la détermination des limites d'Atterberg.

**III.4.1- Définitions des essais d'identification :****III.4.1.1- Equivalent de sable:**

Le but de l'essai de l'équivalent de sable est de déterminer la qualité d'impureté (ou pour déterminer le pourcentage d'impureté dans un échantillon), soit des éléments argileux ultra fines ou des limons [11].

**III.4.1.2- Analyses granulométriques :**

L'analyse granulométrique sert à déterminer la distribution en poids des particules d'un matériau suivant leur dimension.

Les résultats des analyses granulométriques sont des courbes dites courbes granulométriques, construites et portées sur un graphique; cette analyse se fait par une série des tamis [20].

**➤ Domaine d'utilisation:**

La granulométrie est utilisée pour la classification des sols en vue de leur utilisation [20].

**III.4.1.3- Limites d'Atterberg:**

Limite de plasticité (WP) et limite de liquidité (WL): ces limites conventionnelles séparent les trois états de consistance du sol :

**WP** sépare l'état solide de l'état plastique et **WL** sépare l'état plastique de l'état liquide ; les sols qui représentent des limites d'Atterberg voisines, c'est-à-dire qui ont une faible valeur de l'indice de plasticité ( $I_p = WL - WP$ ), sont donc très sensibles à une faible variation de leur teneur en eau [20].

✓ **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%.

✓ **Limite de liquidité (WL) :**

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

$$W_L = \omega \times \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \quad \text{EqI.15}$$

- $\omega$  : teneur en eau au moment de l'essai donnant n coups.
- N: nombre de coups.
- $I_p$  : L'indice de plasticité ( $I_p = WL - WP$ ).

➤ **Domaine d'application:**

L'essai s'applique aux sols fins pendant les opérations de terrassement dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de forme) [20].

#### **III.4.1.4- Analyses chimiques**

Le but des essais chimiques est de déterminer les différents pourcentages des : insolubles, gypse, calcaire, chlorures des matériaux du sol support [11].

#### **III.4.2- Définitions des essais mécaniques:**

##### **III.4.2.1- Essai PROCTOR :**

L'essai Proctor, complètement normalisé, consiste à placer dans un moule de dimensions déterminées, un échantillon humidifié de manière homogène à une teneur en eau donnée, peu élevée au début, et à compacter cet échantillon par couches au moyen d'une dame de poids standardisé tombant d'une hauteur standardisée.

Pour chacune des teneurs en eau considérée, on détermine le poids volumique sec du sol et on établit la courbe des variations de ce poids volumique en fonction de la teneur en eau [20].

Il s'effectue à l'aide d'un moule normale ou un moule modifiée.

➤ **Domaine d'utilisation:**

Cet essai est utilisé pour les études de remblai en terre, en particulier pour les sols de fondations (route, piste d'aérodromes...) [20].

**III.4.2.2- Essai C.B.R (California Bearing Ration):**

On réalise en général trois essais :

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

On s'intéresse actuellement au « CBR imbibé ».

**Principe de l'essai :**

On compacte avec une dame standard dans un moule standard, l'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, à la teneur en eau optimum (Proctor modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) heures ou bien (4) jours. L'échantillon n'est constitué que des passants sur le tamis inférieur à 20 mm [11].

**But de l'essai:**

L'essai a pour but de déterminer pour un compactage d'intensité donnée la teneur en eau optimum correspondant, elle permet d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement[11].

➤ **Domaine d'utilisation:**

Cet essai est utilisé pour dimensionner des structures des chaussées et orienter les travaux de terrassements.

**III.5- LES RESULTATS DES ESSAIS**

❖ **Reconnaissance du sol support**

Les caractéristiques du sol support sur lequel sera reposé le corps de chaussée, selon les données fournies par la DTP de Laghouat (Tronçon Pk324-Pk329) sont mentionnées dans les tableaux joints sur l'annexe (**Annexe A: A-1**).

### ❖ Analyse des matériaux du sol support

Liste des essais de laboratoire et leurs références normatives:

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Analyse granulométrique : NFP 94-056.</li> <li>◆ Limites d'Atterberg : NFP 94-051.</li> <li>◆ Equivalent de sable : NFP18-597.</li> <li>◆ Essai CBR Imbibé : NFP 94-078.</li> <li>◆ Caractéristiques Proctor NFP 94-093.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Analyses chimiques:</li> <li>◆ Insolubles NFP 15-461.</li> <li>◆ Sulfates BS 1377.</li> <li>◆ Carbonates NFP 15-461.</li> </ul> |
|--|--|

#### 1-)Essais d'identification :

Selon les données fournies par la DTP de Laghouat (Tronçon Pk324 - Pk329), les résultats des essais d'identification sont résumés dans les tableaux joints sur l'annexe (**Annexe A: A-2et A3**).

#### 2-)Essais mécaniques :

Selon les données fournies par la DTP de Laghouat (Tronçon Pk324 - Pk329) on a résumé dans les tableaux joints sur l'annexe (**Annexe A: A-4**).

#### - Analyse géotechnique du sol support

##### ✓ Analyse granulométrique:

Les résultats enregistrés nous ont permis de tirer les conclusions suivantes :

- ◆ Le pourcentage des fines (< 0.080mm) varie de **18% à 48%**.
- ◆ Le pourcentage des éléments supérieurs à 20 mm varie de **84% à 100 %**.
- ◆ Le pourcentage des éléments supérieurs à 02 mm varie de **76% à 100 %**

Il s'agit donc de courbes granulométriques étalées ou continues, ainsi le matériau se prête bien au compactage.

##### ✓ Limites d'Atterberg:

Les résultats pour cet essai est:

- ◆ Les valeurs des limites de liquidité **WL** des différents échantillons varient entre **33.88% et 44.76%**.
- ◆ Les valeurs des limites de plasticité **WP** des différents échantillons varient **entre 17.2% à 30.01%**.
- ◆ Les valeurs des indices de plasticité **IP** des différents échantillons varient entre **12.46 à 19.34%**.

Ce qui nous révèle que le matériau du sol support est de sensibilité variable à l'eau.

**✓ Analyses chimiques:**

L'analyse chimique sommaire effectuée sur des échantillons prélevés et tamisés a donné les valeurs suivantes :

- ◆ Les insolubles varient de **45.30% à 89.50%**.
- ◆ Les sulfates (exprimées sous forme de gypse) n'ont été détectée au niveau de ce tronçon de route. Donc la majorité du sol support de ce lot est dépourvue des sulfates.
- ◆ Les carbonates varient de **5% à 52%**.

**✓ Equivalent de sable:**

Les résultats enregistrés se situent dans la fourchette **25.54% et 11.95%** .

**✓ Essais mécaniques:****➤ Proctor modifié :**

L'essai Les résultats pour cet essai est:

- ◆ Les teneurs en eau varient entre **3.60% et 8.60%**.
- ◆ Les densités sèches maximales obtenues oscillent entre **2.03 t/m<sup>3</sup> et 2.1 t/m<sup>3</sup>**.

**➤ Indice CBR :**

Les valeurs de l'indice CBR oscillent entre **11.09 et 24.51**.

Les analyses d'identification sur le matériau montrent que le sol support est classé d'après le RTR (Recommandation pour les terrassements routiers) (voir les tableaux dans **Annexe A: A-5**).

**III.6- 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 [28]:

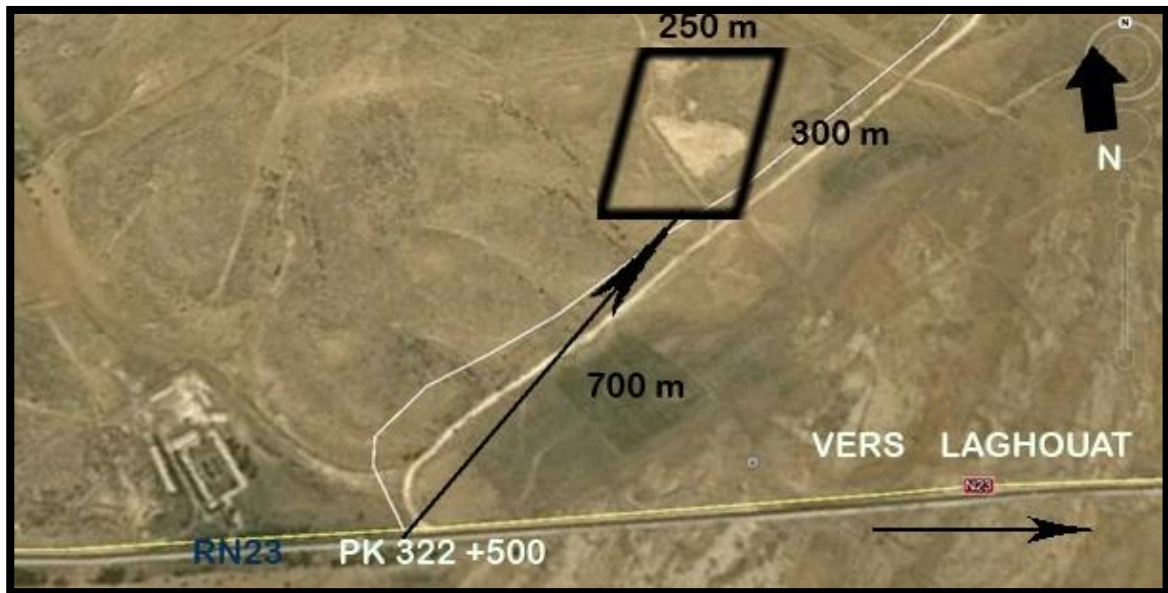
- pierre de dimension > 80mm;
- matériaux plastique IP > 20% ou organique;
- matériaux gélifs;
- on évite les sols à forte teneur en argile.

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

Les matériaux des remblais seront établis par couche de 32 cm 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 [28].

### III.7- GITES DE MATERIAU

C'est une zone de terre contenant des matériaux de remblais. Selon les données fournies par la DTP de Laghouat pour le **tronçon Pk324 - Pk329**, il est situé à 700m au coté gauche de l'axe de la RN°23 en allant vers Laghouat correspondant au **PK 322+500** voir **figure I.6**.



**Figure I.6 : Photo satellite position de gîte[1].**

Les caractéristiques géotechniques du matériau, selon les données fournies par la DTP de Laghouat (Tronçon Pk324-Pk329), sont résumées dans les tableaux joints sur l'annexe (**Annexe A: A-6**).

Selon les données fournies par la DTP de Laghouat (Tronçon Pk324-Pk329) la résistance à la compression simple pour le matériau est résumée dans les tableaux joints sur (**Annexe A: A-7**).

### III.8- CONCLUSION

L'étude de sol a montré que les faciès formant l'assise de la route ne présentent pas de caractères spéciaux nécessitant des précautions spéciales.

Dans l'ensemble la portance est bonne, la sensibilité à l'eau n'est pas assez importante, et les travaux de terrassement n'exigent pas de moyens extraordinaires.

Tous les emprunts étudiés possèdent des caractéristiques géotechniques requises, et par conséquent, ils peuvent être utilisés dans la réalisation des remblais et de la couche de forme.

Vue les caractéristiques géotechniques requises du matériau des zones de déblai, ce dernier peut être mis en œuvre en remblai.

## **CHAPTER-II**

# **ETUDE GEOMETRIQUE DELA ROUTE**

## I- INTRODUCTION

L'élaboration de tout projet routier commence par la recherche de l'emplacement de la route dans la nature et son adaptation la plus rationnelle à la configuration de terrain.

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

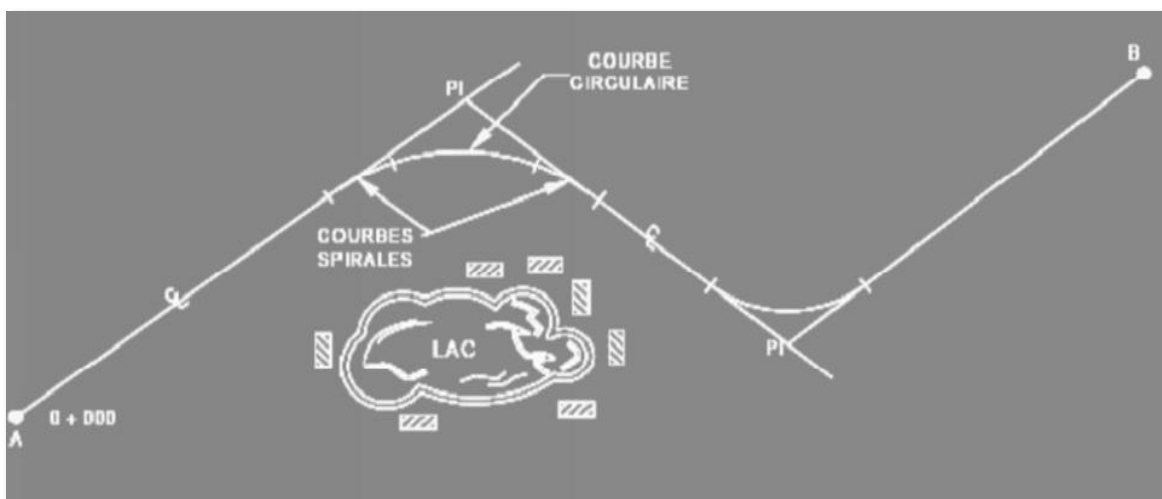
- tracé de son axe en situation ou en plan;
- profil en long;
- profil en travers.

## II-TRACÉ EN PLAN

### II.1- INTRODUCTION

Le tracé en plan est une succession de droites reliées par des courbes. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau (**Figure II.1**).

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



**Figure II.1 : Tracé en plan d'une route.**

### II.2- REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE EN PLAN (GENERAL)

Pour obtenir un bon tracé dans les normes, on essaie de vérifier le suivant:

- ✓ l'adaptation du tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants;
- ✓ éviter de passer, si possible, sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- ✓ se raccorder au réseau routier existant;
- ✓ éviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrage d'arts et cela pour des raisons économiques ; si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais;
- ✓ remplacer deux cercles voisins de même sens et de rayon différent par un cercle unique;
- ✓ séparer deux cercles voisins de sens opposés par un segment de droite ;
- ✓ éviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques (présence de failles ou des matériaux présentant des caractéristiques très médiocres);
- ✓ il faut toujours appliquer les rayons supérieurs au rayon minimal normal;
- ✓ éviter les très longs alignements droits[6].

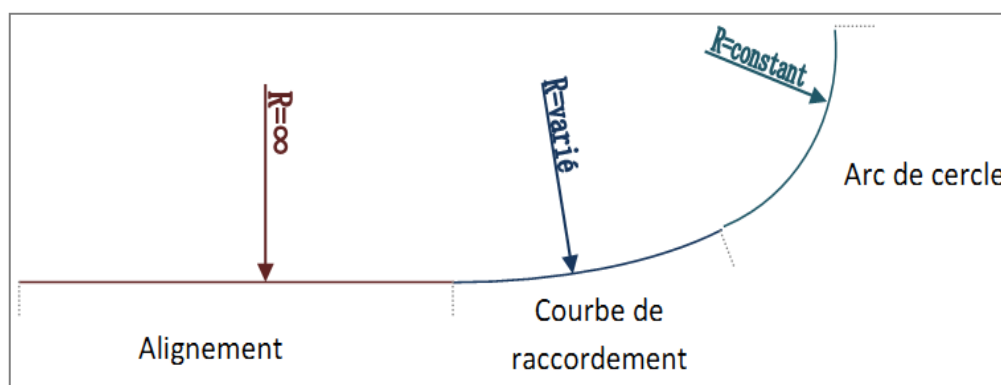
### II.3- ELEMENTS DU TRACE EN PLAN

Le tracé en plan est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes. Il est conçu sur la base d'une vitesse de référence qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

Le raccordement entre les alignements droits et les courbes circulaires se fait à l'aide de **Clothoïdes** qui assurent un raccordement progressif par nécessité de sécurité et de confort des usagers de la route.

Un tracé en plan est constitué de trois éléments (**Figure II.2**):

- ❖ des droites (alignements);
- ❖ des arcs de cercle;
- ❖ des courbes de raccordement progressives[6].



**Figure II.2 : Éléments principaux d'un tracé en plan.**

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

La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment [27,31]:

- ❖ l'éblouissement prolongé des phares lors de conduite de nuit;
- ❖ la monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents;
- ❖ l'appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés;
- ❖ la mauvaise adaptation de la route au paysage.

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

- ❖ En plaine où, des sinuosités ne seraient absolument pas motivées;
- ❖ dans des vallées étroites.

Pour donner la possibilité de dépassement, 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.

### III.3.1 Règles concernant la longueur des alignements :

Une longueur minimale d'alignement  $L_{min}$  devra séparer deux courbes circulaires de sens opposés, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant **cinq (5) secondes** à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercle (**Eq II.1**)[6].

$$L_{min} = 5 \times \frac{V_B}{3.6} = 5 \times \frac{120}{3.6} = \mathbf{166.66m} \quad \text{Eq II.1}$$

$V_B$ : vitesse de base en **km/h**.

Une longueur maximale  $L_{max}$  est prise égale à la distance parcourue pendant **soixante (60) secondes (Eq II.2)**[6].

$$L_{max} = 60 \times \frac{V_B}{3.6} = 60 \times \frac{120}{3.6} = \mathbf{2000m} \quad \text{Eq II.2}$$

## II.4- ARC DE CERCLE

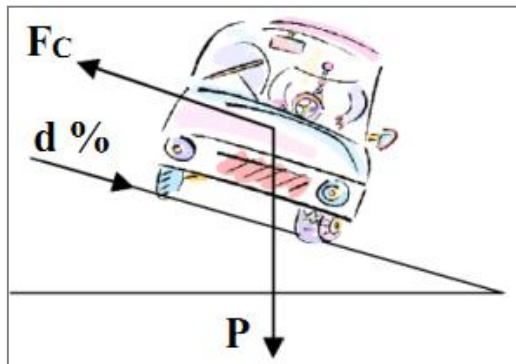
Les courbes sont limitées par l'intervention de trois termes :

- ❖ stabilité des véhicules en courbe;
- ❖ visibilité en courbe;
- ❖ inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible[6].

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

#### II.4.1 Stabilité en courbe

Dans un virage de rayon R, un véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système. Afin de réduire l'effet de la force centrifuge, on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur du virage (pour éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite « devers » [8] exprimée par sa tangente (**Figure II.3**).



**Figure II.3 : Stabilité du véhicule en courbe.**

Les rayons en plan dépendent des facteurs suivants : force centrifuge  $F_c$ ; poids du véhicule  $P$ ; accélération de la pesanteur  $G$ ; devers  $d$ .

L'équilibre des forces agissant sur le véhicule nous amène à vérifier le suivant :

##### II.4.1.1 Rayon horizontal minimal absolu ( $RH_M$ ) :

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal (**Eq II.3**) [6]:

$$RH_{min} = \frac{v_r^2}{127(f_t + d_{max})} \quad \text{Eq II.3}$$

- $V_r$ : vitesse de référence du véhicule;
- $d_{max}$  : dévers maximal;
- $f_t$ : coefficient de frottement transversal.

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

Les valeurs du coefficient de frottement transversal dépendent de la vitesse. Elles augmentent avec la vitesse de référence. Les normes B40 nous donnent les valeurs suivantes (**Tableau II.1**) [6]:

**Tableau II.1: Coefficient de frottement en fonction de  $V_r$  et Catégorie.**

Catégorie	Vitesse km/h				
	120	100	80	60	40
	Coeff. de frottement				
1-2	• Transversal $f_t$				
3-4-5	• Transversal $f_t$				

Les valeurs des dévers min et max sont données par le **Tableau II.2** (Selon B40) :

**Tableau II.2: Valeurs des dévers min et max en fonction de Cat et E.**

Catégories	dévers	Environnement		
		E1	E2	E3
1 et 2	Min	2,5%	2,5%	2,5%
	Max	7%	7%	7%
3 et 4	Min	3%	3%	3%
	Max	8%	8%	7%
5	Min	3%	3%	3%
	Max	9%	9%	9%

**II.4.1.2 Rayon minimal normal (RHN) :**

Le rayon minimal normal doit permettre à des véhicules dépassant  $V_r$  de **20km/h** de rouler en sécurité (Eq II.4)[6].

Dévers:  $d_{max}$ - 2% en catégorie 1 - 4, et  $d_{max}$ - 3% en catégorie 5. Pour cet cas ( $d_{max} = 5\%$  ).

$$RH_n = \frac{(V_r + 20)^2}{127(f_t + d_{max})} \quad \text{Eq II.4}$$

**II.4.1.3 Rayon au dévers minimal (RHd) :**

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et telle que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse  $V_r$  serait équivalente à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit (Eq II.5)[6].

- Dévers associé:  $d_{min} = 2.5\%$  en catégorie 1 – 2 ;  $d_{min} = 3\%$  en catégorie 3 – 4 .

$$RH_n = \frac{v_r^2}{127 \times 2 \times d_{min}} \quad \text{Eq II.5}$$

#### II.4.1.4 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 (Eq II.6)[6].

Avec :  $f''$  :L'accélérationcentrifuge résiduelle.

$f'' = 0.06$  catégorie 1 et 2 ;  $f'' = 0.07$  catégorie 3 ;  $f'' = 0.075$  catégorie 4 -5.

$$RH_{nd} = \frac{v_r^2}{127 \times (f'' - d_{min})} \quad \text{Eq II.6}$$

Pour notre projet qui est situé dans un environnement type (E2), classé en catégorie (C1) avec une vitesse de référence 120 km/h et à partir du règlement Algérien B40 on peut déterminer le tableau suivant (Tableau II.3) :

**Tableau II.3: Rayons horizontaux (du tracé en plan) [6].**

Paramètre	Symboles	Valeurs
Vitesse de référence (km/h)	$V_r$	120
Dévers maximal (%)	$d_{max}$	7
Dévers minimal (%)	$d_{min}$	2.5
Rayon horizontal minimal (m)	$RH_m$ (7%)	650
Rayon horizontal normal (m)	$RH_n$ (5%)	1000
Rayon horizontal déversé (m)	$RH_d$ (2.5%)	2200
Rayon horizontal non déversé (m)	$RH_{nd}$ (- 2.5%)	3200

#### II.4.1.5 Visibilité masquée dans une sinuosité :

Un virage d'une route peut être masqué du côté intérieur de la courbe par le talus du déblai si la route est en déblai, par une construction ou une forêt. Pour assurer une visibilité étendue au conducteur d'un véhicule, il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une distance bien déterminée.

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

Le niveau du dérasement tiendra compte du niveau admis de l'œil du conducteur ou du niveau des obstacles à percevoir « objet ou voiture »(Figure II.4).

Les distances en question devraient, en réalité, se mesurer selon l'arc de trajectoire, mais pour simplifier, on peut admettre (comme le fait la norme) qu'elles sont mesurées sur la corde de l'arc [26,28].

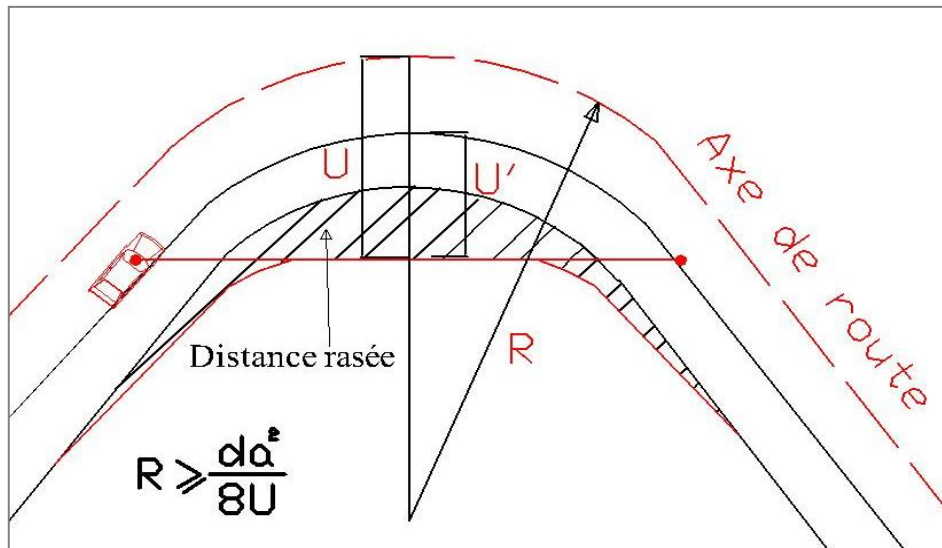


Figure II.4 : Zone de dérasement.

Avec:  $U = U' + 2$  met  $d_a =$  Distance arrête[6].

#### II.4.1.6 Surlargeur:

Un long véhicule à deux (2) essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit.

Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une surlargeur par rapport à sa largeur normale en alignement(Eq II.7)[28].

$$S_r = \frac{L^2}{2 \times R} \quad \text{Eq II.7}$$

Avec : L : Longueur du véhicule (valeur moyenne L (7-8 m)); R : rayon de l'axe de la route.

### II.5- COURBES DE RACCORDEMENT

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

La courbe de raccordement la plus utilisée est la **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[28].

### II.5.1 Rôle et nécessité des courbes de raccordement :

L'emploi des courbes de raccordement se justifie par les quatre conditions suivantes [26]:

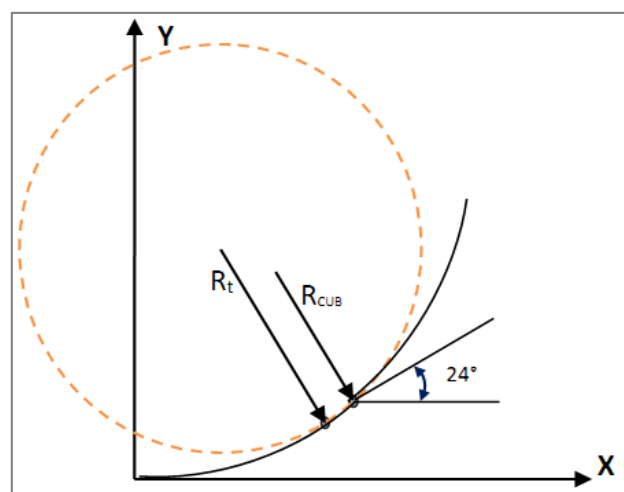
- ✓ stabilité transversale du véhicule;
- ✓ confort des passagers du véhicule;
- ✓ transition de la forme de la chaussée;
- ✓ tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

### II.5.2 Types de courbe de raccordement :

Parmi les fonctions mathématiques connues et qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbure, les trois courbes suivantes sont généralement retenues [28]: parabole cubique; lemniscate; clothoïde.

#### II.5.2.1 Parabole cubique :

Cette courbe est d'un emploi très limité vu le maximum de sa courbure vite atteinte (utilisée dans les tracés de chemin de fer),(Figure II.5)[28].



**Figure II.5 : Courbe de raccordement de type 'parabole cubique'**

Equation générale :  $Y = k \cdot X^3$

### II.5.2.2 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[28].

### II.5.2.3 Clothoïde :

La **Clothoïde** est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue et uniforme, 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[28].

#### II.5.2.3.1 Expression mathématique de la Clothoïde:

Courbure **K** linéairement proportionnelle à la longueur curviligne [6] L:  $\mathbf{K} = \mathbf{C.L}$

$$1/R = C.L \text{ On pose: } 1/C = A^2 \Rightarrow L \times R = A^2 \quad \text{Eq II.8}$$

- **A** : Paramètre de Clothoïde;
- **L** : longueur de raccordement;
- **R** : rayon de courbure.

#### II.5.2.3.2 Elements de la Clothoïde :

La courbe de raccordement Clothoïd(**Figure II.6**) se compose dans les éléments suivant :

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\Delta R</math>: Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage);</li> <li>• <math>\sigma</math> : Angle polaire (angle de corde avec la tangente);</li> <li>• <b>L</b> : longueur de la branche de la Clothoïde;</li> <li>• <math>X_m</math> : Abscisse du centre du cercle;</li> <li>• <math>K_E</math> : Extrémité de la Clothoïde;</li> <li>• <b>A</b> : Paramètre de la Clothoïde;</li> <li>• <b>t</b> : tangente courte;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>K_A</math> : Origine de la Clothoïde;</li> <li>• <math>\tau</math> : Angle des tangentes;</li> <li>• <b>SL</b> : Corde (<math>K_A - K_E</math>);</li> <li>• <b>M</b> : Centre de cercle;</li> <li>• <b>X</b> : Abscisse de <math>K_E</math>;</li> <li>• <b>Y</b> : Origine de <math>K_E</math>;</li> <li>• <b>T</b> : tangente longue.</li> </ul> |
|--|--|

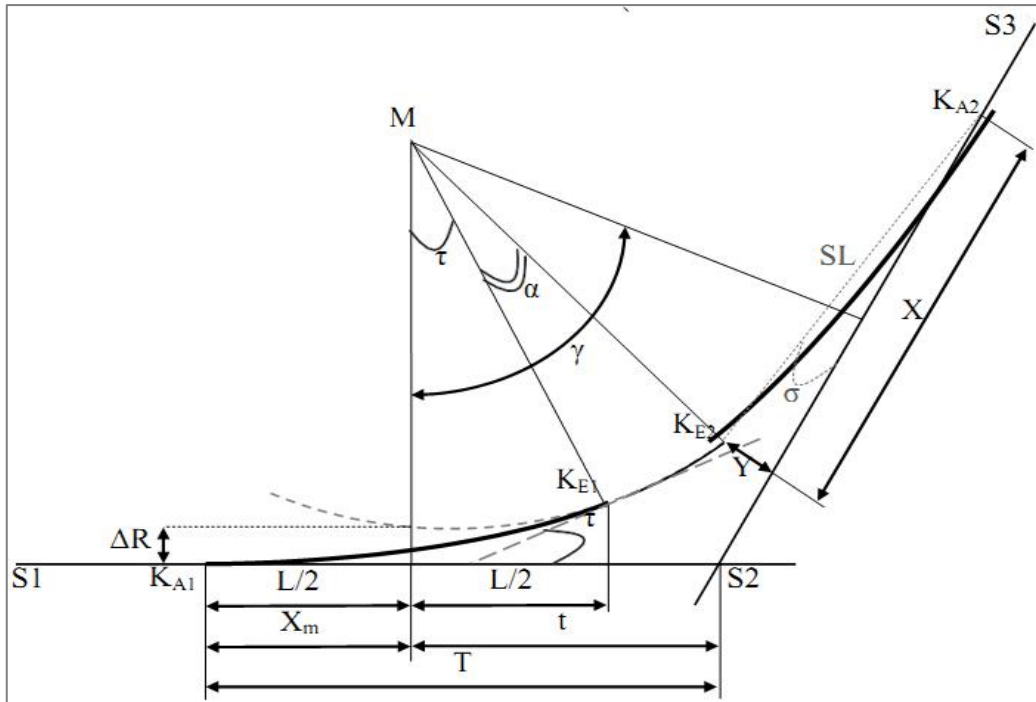


Figure II.6 : Courbe de raccordementClothoïde.

**II.6- CONDITIONS DE RACCORDEMENT**

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

**II.6.1 Condition de confort optique :**

La clothoïde doit aider à la lisibilité de la route en annonçant le virage; la rotation de la tangente doit être  $\geq 3^\circ$  pour être perceptible à l'œil [6].

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

**REGLE GENERALE (B40) :**

- ◆  $R \leq 1500\text{m}$        $\Delta R = 1\text{m}$  (éventuellement 0.5m)  $L = \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$
- ◆  $1500 < R \leq 5000\text{m}$      $L \geq \frac{R}{9}$
- ◆  $R > 5000\text{m}$        $\Delta R = 2.5 \text{ m}$   $L = 7.75\sqrt{R}$

**II.6.2 Condition de confort dynamique :**

Cette condition consiste limiter pendant le temps de parcours  $\Delta t$  du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale [6].

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

- $V_r$ : vitesse de référence en (km /h)
- $R$  : rayon en (m).
- $\Delta d$  : variation de dévers ( $\Delta d = d_{\text{final}} - d_{\text{init}}$ ).

### II.6.3 Condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers. Elle s'explique dans le rapport à son axe [6].

$$L \geq l \times \Delta d \times V_r \quad \text{Eq II.10}$$

- $L$  : longueur de raccordement.
- $l$  : Largeur de la chaussée.
- $\Delta d$  : variation de dévers en (%).

#### NB :

La vérification des deux conditions de gauchissement et de 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%.

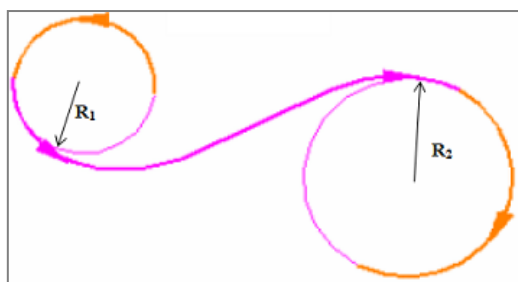
$$L \geq \frac{5 \times \Delta d \times V_r}{36} \quad \text{Eq II.11}$$

## II.7- COMBINAISON DES ÉLÉMENTS DU TRACÉ EN PLAN

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

### II.7.1 Courbe en S :

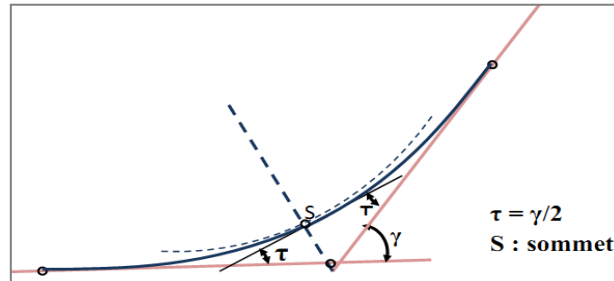
Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle (**Figure II.7**) [6].



**Figure II.7 : Courbe en S.**

**II.7.2 Courbe à sommet :**

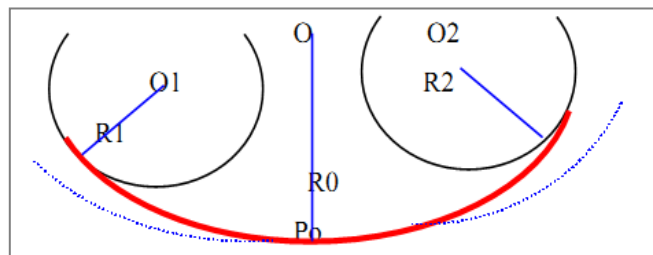
Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements(**Figure II.8**)[6].



**Figure II.8 : Courbe à sommet.**

**II.7.3 Courbe en C :**

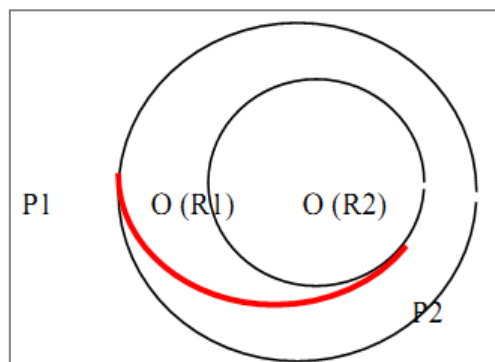
Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre(**Figure II.9**)[6].



**Figure II.9 : Courbe en C.**

**II.7.4 Courbe en Ove:**

Un arc de Clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique (**Figure II.10**)[6].



**Figure II.10 : Courbe en ovale.**

**II.8- NOTION DE DEVERS**

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

**II.8.1 Devers en alignement :**

En alignement le devers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. Il est pris égal à:  $d_{min} = 2.5\%$ [6].

**II.8.2 Devers en courbe :**

En courbe permet de [6]:

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

**II.8.3 Rayon de courbure :**

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

**II.8.4 Calcul des devers :**

Dans les alignements droits et dans les courbes de  $R \geq RHn$  le devers est égal à 2.5%[6] et pour les courbes de rayon  $R < RHn$  un calcul de devers peut être fait par l'interpolation en « 1/R »[28].

$$RHm < R < RHn \text{ on a: } \frac{\frac{d - d_{(RHm)}}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHm}}}{\frac{d_{(RHn)} - d_{(RHm)}}{\frac{1}{RHn} - \frac{1}{RHm}}} d = \frac{(d_{(RHn)} - d_{(RHm)})}{\frac{1}{RHn} - \frac{1}{RHm}} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{RHm} \right) + d_{(RHm)} \quad \text{Eq II.12}$$

$$RHn < R < RHd \text{ on a: } \frac{\frac{d - d_{(RHn)}}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHn}}}{\frac{d_{(RHd)} - d_{(RHn)}}{\frac{1}{RHd} - \frac{1}{RHn}}} d = \frac{(d_{(RHd)} - d_{(RHn)})}{\frac{1}{RHd} - \frac{1}{RHn}} \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{RHn} \right) + d_{(RHn)} \quad \text{Eq II.13}$$

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

### **II.8.5 Raccordement de devers :**

En alignement droit les devers sont de type unique et ont des valeurs constantes (2.5%), en courbe ils ont des valeurs supérieures (de 3 à 7%). Le raccordement des alignements droits aux courbes se fait par des Clothoïdes[28] :

- Dans le cas où les devers sont de même sens le raccordement sera progressif à partir du début de la Clothoïde jusqu'au début de l'arc de cercle.
- Dans le cas où les devers sont opposés, le problème se pose pour passer du devers d'alignement droit au devers de l'arc de cercle, donc il faut passer par un devers nul, ce dernier peut être placé en général à une distance  $D_{min}$ , appelée longueur de gauchissement.

$$D_{min} = \frac{5 \times \Delta d \times V_r}{36} \quad \text{Eq II.14}$$

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

## **II.9- VITESSE DE RÉFÉRENCE**

La vitesse de référence ( $V_r$ ) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle est le paramètre principal nécessaire pour la détermination des valeurs extrêmes des caractéristiques géométriques et autres intervenants dans l'élaboration du tracé d'une route. Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'utilisateur (traversée d'une ville, modification du relief, etc...)[28].

### **II.9.1 Choix de la vitesse de référence:**

Le choix de la vitesse de référence dépend de[28]:

- type de route;
- importance et genre de trafic;
- topographie;
- conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

### II.9.2 Vitesse de projet:

La vitesse de projet  $V_r$  est la vitesse théorique la plus élevée pouvant être admise en chaque point de la route, compte tenu de la sécurité et du confort dans les conditions normales[31]. On entend par conditions normales:

- route propre sèche ou légèrement humide, sans neige ou glace.
- trafic fluide, de débit inférieur à la capacité admissible.
- véhicule en bon état de marche et conducteur en bonne conditions normales.

#### **Remarque :**

La vitesse de référence dans notre projet (donnée DTP de LAGHOUAT) est  $V_r = 120 \text{ km/h}$ .

### II.10-CHOIX DU TRACE :

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

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

Norme:

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

### II.11-PARAMÈTRES FONDAMENTAUX

Notre projet s'agit d'une route de catégorie C1, dans un environnement E2, avec une vitesse de référence  $V_r = 120 \text{ km/h}$ .

Ces données nous aident à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées de la norme B40 (**Tableau II.4**).

Tableau II.4: Paramètres fondamentaux[6].

Paramètres	Symboles	Valeurs
Vitesse (km/h)	V	120
Longueur minimale (m)	L <sub>min</sub>	166.66
Longueur maximale (m)	L <sub>max</sub>	2000
Temps de perception réaction (s)	t <sub>p</sub>	1.8
Frottement longitudinal	f <sub>L</sub>	0.33
Frottement transversal	f <sub>t</sub>	0.10
Distance de freinage (m)	d <sub>0</sub>	175
Distance d'arrêt (m)	d <sub>1</sub>	235
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	d <sub>m</sub>	550
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	d <sub>n</sub>	800
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	d <sub>md</sub>	425
Distances de sécurité entre deux véhicules (m)	d <sub>s</sub>	68

♦ Vitrification au calcul

Distance élémentaire de freinage [6]:

$$d_0 = \frac{V_r^2}{250(f_L \pm i)} \text{ En palier (i=0) on aura: } d_0 = 174.5 \text{ m}$$

Distance d'arrêt[6]:

$$d_1 = d_0 + 0.50 \times V_r = 234.5 \text{ m}$$

Distance de visibilité de dépassement minimale [6]:

$$d_m = 4.59 \times V_r = 550.8 \text{ m}$$

Distance de visibilité de dépassement normale [6]:

$$d_n = 6.67 \times V_r = 800.4 \text{ m}$$

Distances de sécurité entre deux véhicules [6]:

$$d_s = \frac{V_r \times t_p}{3.6} + L = 68 \text{ m}$$

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

II.12-APPLICATION AU PROJET

V<sub>r</sub>=120 km/h. ; d<sub>max</sub>=7%. ; d<sub>min</sub> =2.5%. ; f<sub>t</sub>= 0.10 ; f''=0,06

**II.12.1 Rayon minimal absolu RH<sub>m</sub>:**

$$RH_{min} = \frac{V_r^2}{127(f_t + d_{max})} = \frac{120^2}{127(0.10 + 0.07)} = 667 \text{ m}$$

**II.12.2 Rayon minimal normal RH<sub>n</sub> :**

$$RH_n = \frac{(V_r + 20)^2}{127(f_t + d_{max})} = \frac{(120 + 20)^2}{127(0.10 + 0.05)} = 1029 \text{ m}$$

**II.12.3 Rayon au dévers minimal RH<sub>d</sub> :**

$$RH_d = \frac{V_r^2}{127 \times 2 \times d_{min}} = \frac{120^2}{254 \times 0.025} = 2268 \text{ m}$$

**II.12.4 Rayon minimal non déversé RH<sub>nd</sub> :**

$$RH_{nd} = \frac{V_r^2}{127 \times (f'' - d_{min})} = \frac{120^2}{127 \times (0.06 - 0.025)} = 3239 \text{ m}$$

Le tableau ci-dessous (**Tableau II.5**) donne les différentes valeurs des rayons calculés et ceux donnés par le B40.

**Tableau II.5: Valeur des différents rayons calculés et ceux donnés par B40.**

RH <sub>m</sub> (m)		RH <sub>n</sub> (m)		RH <sub>d</sub> (m)		RH <sub>nd</sub> (m)	
Calculé	B40	Calculé	B40	Calculé	B40	Calculé	B40
667	650	1029	1000	2268	2200	3239	3200

**II.12.5 Calcul d'axe**

Dans un calcul d'axe, la grande partie est celle de la courbe de Clothoïde (**Figure II.6**), cet élément géométrique particulier qui se définit par des formules mathématiques approchées.

L'opération de calcul d'axe n'aura lieu, qu'après avoir déterminé le couloir par le quel passera la voie.

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

- calcul de gisements;
- calcul de l'angle  $\gamma$  entre alignements;
- calcul de la tangente T;
- calcul de la corde SL;
- calcul de l'angle polaire  $\sigma$ ;
- vérification de non chevauchement;
- calcul de l'arc de cercle;
- calcul des coordonnées des points singuliers.

**II.12.5.1 Exemple de calcul d'axe manuellement :**

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

**II.12.5.1.1 Caractéristiques de la courbe de raccordement :**

**a)-Calcul du paramètre A :**

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

On prend le rayon  $R = 667$  m.

**b)-Détermination de L :**

**b.1)-Condition de confort optique :**

$$\frac{R}{3} \leq A \leq R \Rightarrow 222 \leq A \leq 667$$

$$R = 667\text{m} < 1500\text{m}, \Delta R = 0.5\text{m}$$

Alors :

$$L = \sqrt{24 \times R \times \Delta R} = \sqrt{24 \times 667 \times 0.5} = 89.46\text{m}$$

Donc  $L \geq 89.46$  m

**b.2)-Condition de confort dynamique :**

$$\Delta d = d + 2.5$$

$$d = \frac{d^{RHn} - d^{RHm}}{(1/RH^n - 1/RH^m)} (1/R - 1/RH^m) + d^{RHm} = 6,9\%$$

$$\Delta d = 6.9 + 2.5 = 9.4\%$$

$$L = \frac{V_r^2}{18} \left( \frac{V_r^2}{127 \times R} - \Delta d \right) = \frac{120^2}{18} \left( \frac{120^2}{127 \times 667} - 0.094 \right) = \mathbf{60.79m}$$

**b.3)-Condition de gauchissement:**

$$L = \frac{5 \times \Delta d \times V_r}{36} = \frac{5 \times 9.4 \times 120}{36} = 156.66m$$

De (1) et (2) et (3) on aura:  $L \geq 156.66 \text{ m}$ .

$$A = \sqrt{L \times R} = \mathbf{323.25m}$$

On prend:  $A = \mathbf{324 \text{ m}}$

Alors  $L = A^2/R$  donc  $L = \mathbf{157.38 \text{ m}}$ .

**Calcul de ΔR (ΔR: ripage ou décalage entre l’alignement et le cercle):**

$$\Delta R = L^2 / 24.R = 157.38^2 / (24 \times 667) = \mathbf{1.5472 \text{ m}}$$

**c)- Calcul des Gisements :**

Le gisement d’une direction est l’angle fait par cette direction avec le nord géographique dans le sens des aiguilles d’une montre. Les coordonnées utilisé sont comme suit dans le (**Tableau II.6**):

**Tableau II.6: Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé.**

$V_r=120\text{Km/h}$	X (m)	Y (m)	R (m)
<b>S0(P1)</b>	745109.62	4004337.24	<b>667</b>
<b>S1(P2)</b>	745262.13	4004426.18	
<b>S2(P3)</b>	745450.17	4004464.34	

$$S_0 S_1 \begin{cases} |\Delta X| = |X_{s1} - X_{s0}| = \mathbf{152.51m} \\ |\Delta Y| = |Y_{s1} - Y_{s0}| = \mathbf{88.94 \text{ m}} \end{cases}$$

$$S_1 S_2 \begin{cases} |\Delta X_1| = |X_{s2} - X_{s1}| = \mathbf{188.04m} \\ |\Delta Y_1| = |Y_{s2} - Y_{s1}| = \mathbf{38.16 \text{ m}} \end{cases}$$

D’où:

$$G_{s_0}^{s_1} = 200 - \text{arc tg} \frac{|\Delta X|}{|\Delta Y|} = \mathbf{133.610 \text{ Grad}}$$

$$G_{s_1}^{s_2} = 200 - \text{arc tg} \frac{|\Delta X_1|}{|\Delta Y_1|} = \mathbf{112.746 \text{ Grad}}$$

$$G_{s_0}^{s_1} = 133.61 \text{ Grad} = 120.249^\circ$$

$$G_{s_1}^{s_2} = 112.74 \text{ Grad} = 101.471^\circ$$

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

$$\gamma = |G_{s_1}^{s_2} - G_{s_0}^{s_1}| = 20.864 \text{ Grad}$$

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

$$\tau = \frac{200 \times L}{2\pi \times R} = \frac{200 \times 157.38}{667 \times 2 \times \pi} = 7.510 \text{ Grad}$$

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

$$\tau = 7.510 \text{ Grad}$$

$$\gamma/2 = 20.864 / 2 = 10.432 \text{ Grad}$$

D'où :  $\gamma/2 > \tau$  pas de chevauchement.

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

$$\overline{S_1 S_0} = \sqrt{(\Delta X^2 + \Delta Y^2)} = 176.549 \text{ m}$$

$$\overline{S_2 S_1} = \sqrt{(\Delta X_1^2 + \Delta Y_1^2)} = 191.872 \text{ m}$$

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

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

$$Xm = \frac{A^2}{2 \times R} = \frac{L}{2} = 78.69 \text{ m}$$

**d.2)- Abscisse de KE :**

$$x = L \left( 1 - \frac{L^2}{40 \times R^2} \right) = 157.16 \text{ m}$$

**d.3)- Origine de KE :**

$$y = \frac{L^2}{6 \times R} = 6.18 \text{ m}$$

**d.4)- Calcul de la tangente :**

$$T = Xm + (R + \Delta R) \times \tan \frac{\gamma}{2} = 189.23 \text{ m}$$

**d.5)- Calcul des Coordonnées SL :**

$$S_L = \sqrt{X^2 + Y^2} = \sqrt{157.16^2 + 6.18^2} = \mathbf{157.28\ m}$$

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

$$\sigma = \arctg\left(\frac{y}{x}\right) = \arctg\left(\frac{6.18}{157.16}\right) = \mathbf{2.502\ Grad}$$

**d.7)- Calcul de l'arc :**

$$\alpha = \gamma - 2\tau = 20.864 - 2 \times 7.510 = \mathbf{5.844\ Grad}$$

$$\widehat{K_{E1}K_{E2}} = \frac{R \times \pi \times \alpha}{200} = \frac{667 \times \pi \times 5.844}{200} = \mathbf{61.22\ m}$$

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

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = X_{S0} - (\overline{S_0S_1} - T) \times \sin(G_{s0}^{s1} - 200) \\ Y_{KA1} = Y_{S0} - (\overline{S_0S_1} - T) \times \cos(G_{s0}^{s1} - 200) \end{cases}$$

$$K_{A1} \begin{cases} X_{KA1} = \mathbf{745098.66\ m} \\ Y_{KA1} = \mathbf{4004343.62\ m} \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = X_{KA1} + S_L \times \sin(G_{s0}^{s1} - \sigma) \\ Y_{KE1} = Y_{KA1} + S_L \times \cos(G_{s0}^{s1} - \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E1} \begin{cases} X_{KE1} = \mathbf{745237.53\ m} \\ Y_{KE1} = \mathbf{4004269.79\ m} \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = X_{S1} + T \times \sin(200 - G_{s1}^{s2}) \\ Y_{KA2} = Y_{S1} - T \times \cos(200 - G_{s1}^{s2}) \end{cases}$$

$$K_{A2} \begin{cases} X_{KA2} = \mathbf{745447.58\ m} \\ Y_{KA2} = \mathbf{4004388.54\ m} \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = X_{KA2} - S_L \times \sin(G_{s1}^{s2} + \sigma) \\ Y_{KE2} = Y_{KA2} - S_L \times \cos(G_{s1}^{s2} + \sigma) \end{cases}$$

$$K_{E2} \begin{cases} X_{KE2} = \mathbf{745294.78\ m} \\ Y_{KE2} = \mathbf{4004425.85\ m} \end{cases}$$

**NB:**

Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe (Annexe B).

## **III-PROFIL EN LONG**

### **III.1- INTRODUCTION**

Le profil en long, développement de l'intersection de la surface de la route avec le cylindre à génératrice verticale passant par l'axe de celui-ci. C'est est la coupe longitudinale suivant le plan vertical passant par l'axe du tracé. Il est constitué généralement d'une succession de segments de droites raccordés par des courbes circulaires.

Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans la lisibilité de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers.

Le profil en long est conçu en utilisant de grands rayons verticaux là où la topographie le permet.

L'aspect paysager est un élément fondamental pour le tracé. Le profil en long doit suivre autant que possible le terrain naturel en léger remblai, dans le but de minimiser l'impact sur l'environnement et ainsi limiter les perturbations de la nature.

### **III.2- REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DU PROFIL EN LONG**

En général, il faut respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur [6]:

- éviter les angles entrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement;
- un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage;
- pour assurer un bon écoulement longitudinal des eaux, on placera les zones des devers nuls dans une pente (minimale) du profil en long;
- recherche un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais;
- éviter 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 :

- éviter 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.3- COORDINATION DU TRACÉ EN PLAN ET PROFIL EN LONG**

Il est très nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long en tenant compte également de l'implantation des points d'échange afin que [6]:

- une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale;
- de prévoir de loin l'évolution du tracé;
- de distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.).

Par ailleurs, pour éviter des résultats erronés d'une mauvaise coordination entre le tracé en plan et profil en long, les règles suivantes sont à suivre:

- augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe;
- amorcer la courbe en plan avant un point haut;
- 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 celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 6 fois au moins le rayon en plan).

### **III.4- LES ELEMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG**

Le profil en long est constitué d'une succession de segments de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires, pour chaque point du profil en long on doit déterminer [6]:

- l'altitude du terrain naturel;
- l'altitude du projet;
- la déclivité du projet.

### III.5- DECLIVITES

On appelle « déclivité d'une route » la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de « **pen**te » pour les descentes et « **rampe** » pour les montées.

#### III.5.1- Déclivité minimum :

Dans un terrain plat, on n'emploie normalement jamais de pente nulle de façon à ce que l'écoulement des eaux pluviales s'effectue facilement au long de la route au bord de la chaussée. On adopte en général les pentes longitudinales minimales suivantes [6]:

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

#### III.5.2- Déclivité maximum :

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à 1500m, à cause de [6]:

- 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 favorise l'usure de pneumatique (cas de pente max).

Donc, la déclivité maximale dépend de [6]:

- la condition d'adhérence entre pneu et chaussée;
- la vitesse minimum de poids lourd « **PL** »;
- la condition économique.

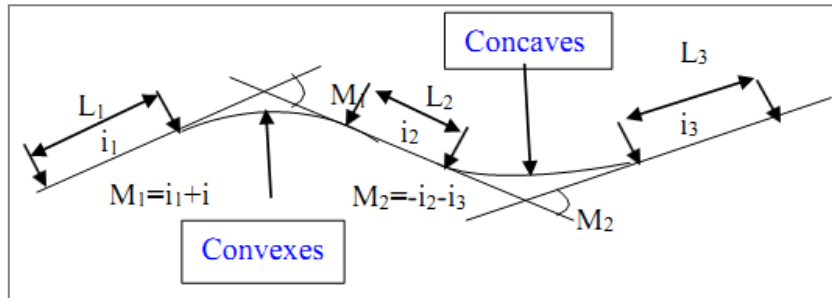
**Tableau II.7: Valeur de  $I_{\max}$  Selon le B40 [6].**

Environnement Catégories	E1	E2	E3
C1 et C2	4%	5%	6%
C3	5%	6%	7%
C4 et C5	6%	7%	8%

Pour notre cas la déclivité maximale  $i_{\max} = 5\%$ .

**III.6- RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG**

Deux déclivités de sens contraire doivent se raccorder, en profil en long, par une courbe (Figure II.11). Le rayon de raccordement et la courbe choisie doivent assurer le confort et la visibilité satisfaisante des usagers.



**Figure II.11 : Elément géométriques du profil en long.**

Et on distingue deux types de raccordements [6]:

**III.6.1 Raccordement convexes (angle saillant) :**

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

Les conceptions doivent satisfaire aux conditions suivantes [6]:

- de confort;
- de visibilité.

**III.6.1.1 Condition de confort :**

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

Limitation de l’accélération verticale [6]:

**g/40** : pour C 1 ,2      **g/30** : pour C 3-5

$$\frac{v^2}{RV} < \frac{g}{40}$$

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

$$v = V_r / 3.6$$

$$\text{Alors : } RV = \begin{cases} 0.3 \times V_r^2 & \text{pour } C (1, 2) \\ 0.23 \times V_r^2 & \text{pour } C (3 - 5) \end{cases}$$

Dans notre cas :

$$RV = 0.3 \times V_r^2 \quad \text{Eq II.15}$$

Avec :

- RV : rayon vertical (m).
- Vr: vitesse référence (km/h).

### III.6.1.2 Condition de visibilité :

La visibilité est assurée lorsque l'œil d'un conducteur aperçoit la partie supérieure de la voiture qui vient à sa rencontre ou en arrêt.

Le rayon devrait assurer la visibilité d'un obstacle éventuel à une distance de manœuvre de dépassement  $d_1$  déterminée par:

➤ **Rayon minimal absolu [6]:**

$$RV = \frac{d_1^2}{2(h_0+h_1+2 \times \sqrt{h_0 \times h_1})} \quad \text{Eq II.16}$$

Avec :

- $d_1$ : distance d'arrêt (m)à (Vr).
- $h_0$  : hauteur de l'œil (m)(Tableau II.8).
- $h_1$  : hauteur de l'obstacle (m)(Tableau II.8).

**Tableau II.8: Résumé les valeurs proposée dans les diverse catégories[6].**

	hauteur de l'œil ( $h_0$ ) (m).	Hauteur de l'obstacle ( $h_1$ ) (m).	Hauteur de l'obstacle ( $h_2$ ) (m).
<b>Catégories 1et 2</b>	1.1	0.15	1.20
<b>Catégories 3et 4 et5</b>	1.1	0.20	1.20

Dans notre cas :

$$h_0 = 1.1 \text{ m et } h_1 = 0.15 \text{ m}$$

$$\text{On trouve : } RV = 0.24 d_1^2$$

➤ **Rayon minimal normal [6]:**

Il est obtenu par la même formule (Eq II.16) avec la distance d'arrêt pour la vitesse  $V=V_r+20\text{km/h}$ .

$$RV = 0.24 d_1^2$$

- $d_1$ : distance d'arrêt (m) à  $(V_r + 20)$ .

### **III.6.2 Raccordement concave (angle rentrant) :**

#### **III.6.2.1 La visibilité nocturne :**

La visibilité du jour dans le cas de raccordement dans les points bas n'est pas déterminante, c'est pendant la nuit qu'il faut s'assurer que les phares du véhicules devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle ; la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant par [6]:

➤ **Rayon minimal absolu [6]:**

$$R'V = C \times V_r^2 \quad \text{Eq II.17}$$

Avec :  $C = 0.30$  pour C1, C2 ;  $C = 0.23$  pour C3 - C5

➤ **Rayon minimal normal [6]:**

Il est obtenu par la même formule (Eq II.17) pour la vitesse  $V=V_r+20\text{km/h}$ .

### **III.7- CARACTÉRISTIQUES DES PROFIL EN LONG**

❖ **Cas d'un angle saillant.**

**1- Condition de confort :**

$$RV_{min} = 0.3 \times V_r^2 = 0.3 \times 120^2 = 4320 \text{ m}$$

**2- condition de visibilité :**

On a selon le B40:  $d_1=235\text{m}$

➤ **Rayon minimal absolu:**

$$RV_m = 0.24 \times d_1^2 = 0.24 \times 235^2 = 13254 \text{ m}$$

➤ **Rayon minimal normal:**

$$RV_N = 0.24 \times d_1^2 = 0.24 \times 307^2 = 22619 \text{ m}$$

❖ Cas d'un angle rentrants.

1-La visibilité nocturne

➤ Rayon minimal absolu:



$$R'V_m = 0.3 \times V_r^2 = 0.3 \times 120^2 = 4320 \text{ m}$$

➤ Rayon minimal normal:

$$R'V_N = 0.3 \times V_r^2 = 0.3 \times (120 + 20)^2 = 5880 \text{ m}$$

Pour notre projet, les paramètres géométriques concernant le tracé de la ligne rouge sont donnés par le (Tableaux II.9) selon le ( B40) :

**Tableau II.9: Caractéristiques des rayons verticaux [6].**

<b>Catégorie</b>	<b>C1</b>	
<b>Environnement</b>	<b>E2</b>	
<b>Vitesse (km/h)</b>	<b>120</b>	
<b>Déclivité maximale I<sub>max</sub> (%)</b>	<b>4</b>	
Rayon en angle saillant  RV	<b>Unidirectionnelle</b>	
	RV <sub>m</sub> minimal absolu(m)	<b>12000</b>
	RV <sub>N</sub> minimal normal (m)	<b>18000</b>
Rayon en angle rentrant  R'V	<b>Unidirectionnelle</b>	
	R'V <sub>m</sub> minimal absolu(m)	<b>4200</b>
	R'V <sub>N</sub> minimal normal (m)	<b>6000</b>

**III.8- DETERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG**

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

$$Y = \frac{X^2}{2R} \quad \text{Eq II.18}$$

Pratiquement le calcul de raccordement se fait de la façon suivante (**Figure II.12**) :

- donner les coordonnées (abscisse, altitude) les point A, D ;
- donner la pente P1 et P2 ;
- donner le rayon.

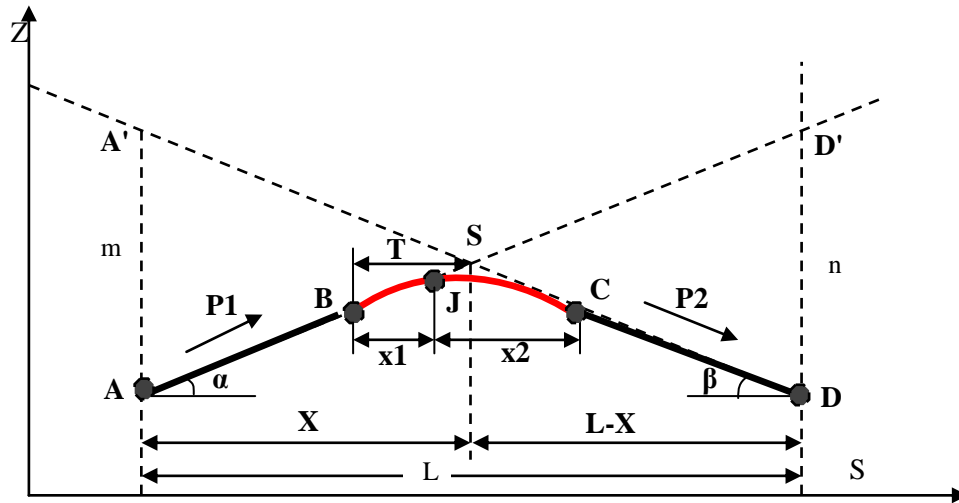


Figure II.12 : Courbe du profil en long.

**1-Détermination de la position du point d'encotre (s) :**

On a :  $Z_{A'} = Z_D + L.P2$  ,  $m = Z_{A'} - Z_A$  |  $Z_{D'} = Z_A + L.P1$  ,  $n = Z_{D'} - Z_D$

Les deux triangles (A'SA) et (SDD') sont semblables donc :

$$\frac{m}{n} = \frac{x}{(L-x)} \Rightarrow x = \frac{m \times L}{n+m} \tag{Eq II.19}$$

- $S_s = S_A + x$
- $Z_s = Z_A + x \times P_1$

**2- Calcul des points de tangente :**

$$T = \frac{R}{2} (|P_1| \pm |P_2|) \tag{Eq II.20}$$

On prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires, On prend (-) lorsque les deux pentes sont de même sens. La tangente (T) permet de position les pentes de tangente B et C.

$$B \begin{cases} S_B = S_s - T \\ Z_B = Z_s - T \times P_1 \end{cases} \quad C \begin{cases} S_C = S_s + T \\ Z_C = Z_s + T \times P_2 \end{cases}$$

**3- Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (J) :**

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

$$\begin{cases} X_1 = R \times P_1 \\ X_2 = R \times P_2 \end{cases} \quad J \begin{cases} S_J = S_B + X_1 \\ Z_J = Z_B + \frac{X_1^2}{2R} \end{cases}$$

**III.9- APPLICATION AU PROJET :**

● **Exemple de calcul cas d'un rayon convexe :**

$$A \begin{cases} X_A = 2425.44 \text{ m} \\ Z_A = 1538.29 \text{ m} \end{cases} \quad D \begin{cases} X_D = 3168.29 \text{ m} \\ Z_D = 1536.40 \text{ m} \end{cases} \quad \text{On prend } R = 14000 \text{ m}$$

Les pentes :  $P_1 = 1,67\%$  ;  $P_2 = -1,61\%$

$$L = 3168.29 - 2425.44 = 742.85 \text{ m}$$

$$Z_{A'} = Z_D + L \cdot P_2, \quad m = Z_{A'} - Z_A \Rightarrow \begin{cases} Z_{A'} = 1536.40 + (742.85 \times 0.0161) = 1548.35 \text{ m} \\ m = 1548.35 - 1538.29 = 10.06 \text{ m} \end{cases}$$

$$Z_{D'} = Z_A + L \cdot P_1, \quad n = Z_{D'} - Z_D \Rightarrow \begin{cases} Z_{D'} = 1538.29 + (742.85 \times 0.0167) = 1550.69 \text{ m} \\ n = 1550.69 - 1536.40 = 14.29 \text{ m} \end{cases}$$

$$x = \frac{m \times L}{n + m} = \frac{10.06 \times 742.85}{10.06 + 14.29} = 306.90 \text{ m}$$

$$S \begin{cases} X_S = X_A + x = 2425.44 + 306.90 = 2732.34 \text{ m} \\ Z_S = Z_A + x \times P_1 = 1538.29 + 306.90 \times 0.0167 = 1543.41 \text{ m} \end{cases}$$

**Calcul des tangentes :**

$$T = \frac{R}{2} (|P_1| + |P_2|) = \frac{14000}{2} (0.0167 + 0.0161) = 229.6 \text{ m}$$

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

$$B \begin{cases} X_B = X_S - T = 2732.34 - 229.6 = 2502.74 \text{ m} \\ Z_B = Z_S - T \times P_1 = 1543.41 - 229.6 \times 0.0167 = 1539.57 \text{ m} \end{cases}$$

$$C \begin{cases} X_C = X_S + T = 2732.34 + 229.6 = 2961.94 \text{ m} \\ Z_C = Z_S - T \times P_2 = 1543.41 - 229.6 \times 0.0161 = 1539.71 \text{ m} \end{cases}$$

**Projection horizontale de la longueur de la courbe :**

$$L_r = 2T = 459.2 \text{ m}$$

**Calcul des flèches :**

$$f = \frac{T^2}{2R} = 1.88 \text{ m}$$

**Calcul des cordonnées du sommet de la courbe (T)**

$$J \begin{cases} X_J = X_B + R \times P_1 = 233.8 \text{ m} \\ Z_J = Z_B + \frac{(R \times P_2)^2}{2R} = 1541.38 \text{ m} \end{cases}$$

**NB:** Les résultats de calcul sont joints en annexe (Annexe B).

## IV- LE PROFIL EN TRAVERS

### IV .1 INTRODUCTION

Un profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée.

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers ; pour éviter de rapporter sur chacun leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers-type » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc...)[8].

### IV .2 DIFFERENTS TYPES DE PROFIL EN TRAVERS

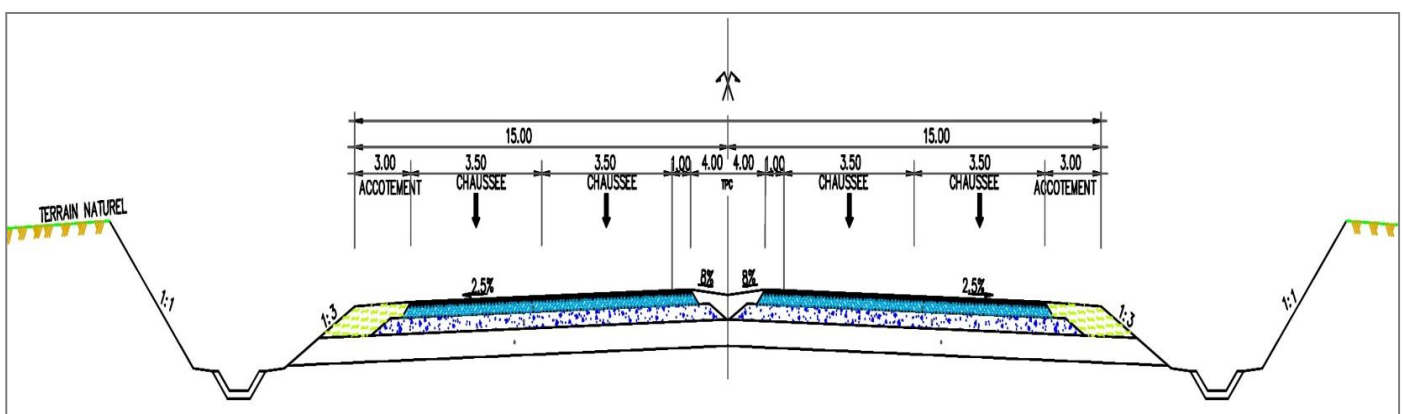
#### IV .2.1 Profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base établie dans les projets de nouvelles routes ou l'aménagement de routes existantes.

L'application du profil en travers type sur les profils correspondant au terrain en respectant la cote du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements [8].

On distingue trois types de profils en travers :

- ✓ Profil en travers en déblai.
- ✓ Profil en travers en remblai.
- ✓ Profil en travers mixte (remblai et déblai).



**Figure II.13 : Profil en travers type en déblai.**

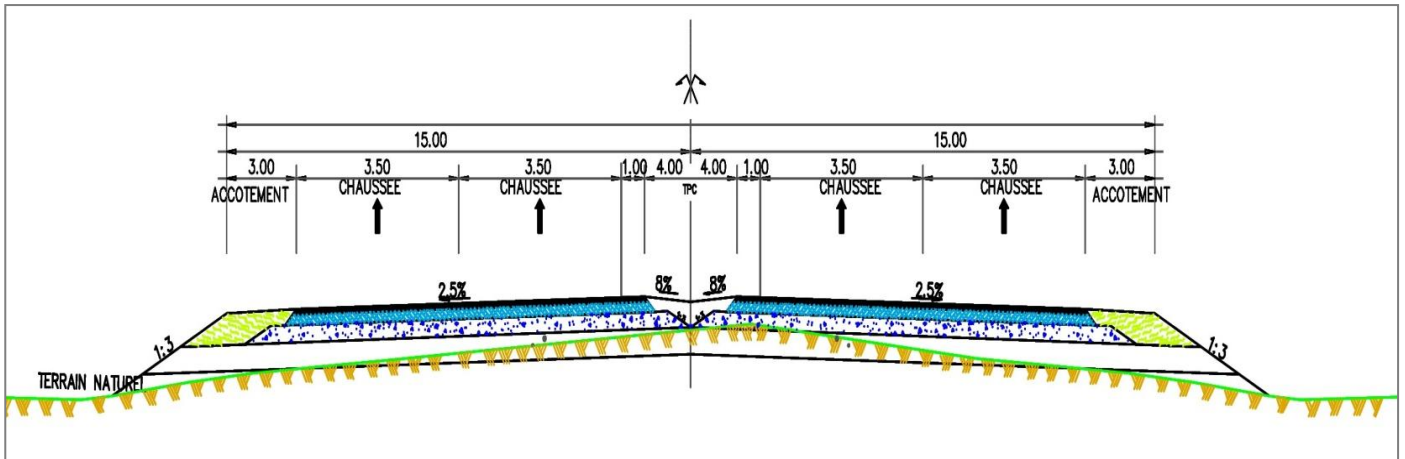


Figure II.14 : Profil en travers type en remblai.

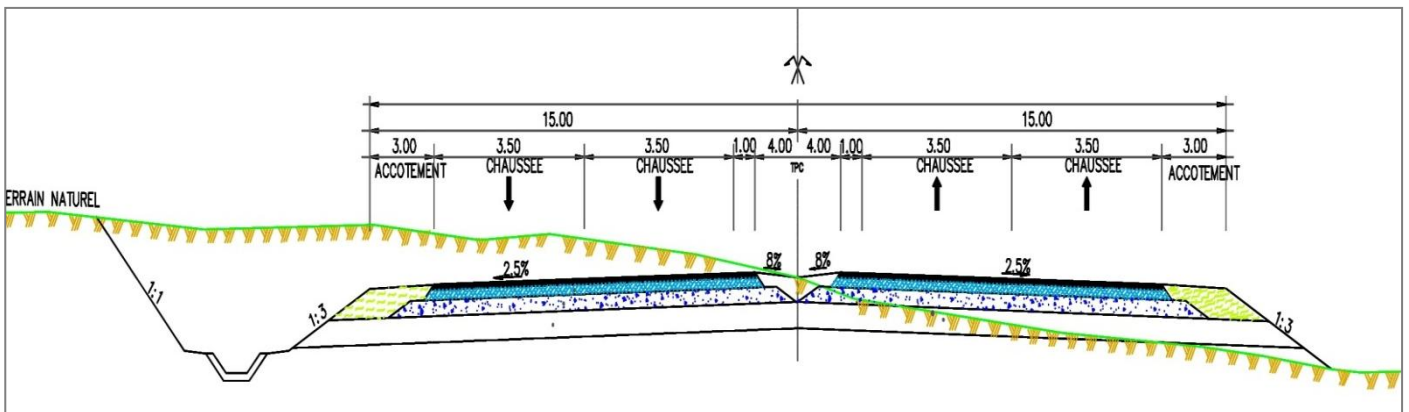


Figure II.15 : Profil en travers type mixte.

IV.3 LES ELEMENTS CONSTITUTIFS DU PROFIL EN TRAVERS

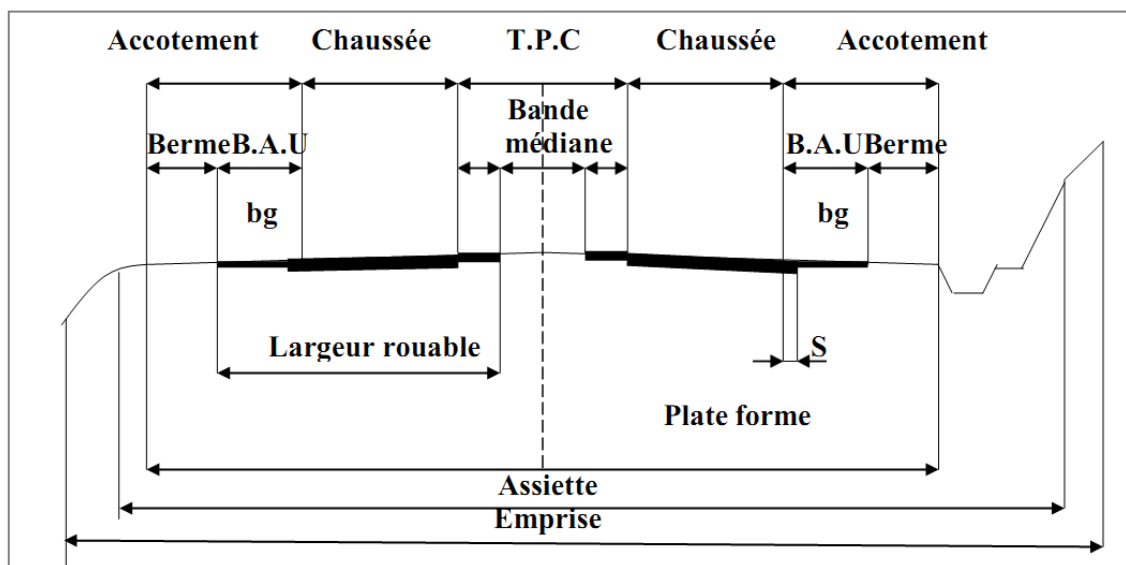


Figure II.16 : Les éléments du profil en travers.

Le profil en travers doit être constitué par les éléments suivants[6 , 9 , 26 , 28 , 31]:

**1- La chaussée:** c'est la partie renforcée et affectée à la circulation des véhicules, pour supporter directement les actions des véhicules et les facteurs naturels. Sa largeur dépend essentiellement de considération de débit ; elle est divisée en voies de circulations.

**2-Les accotements:**les accotements se trouvent aux cotés de la chaussée. Ils étaient utilisés auparavant soit pour le dépôt des matériaux, soit pour les piétons. Aujourd'hui, ils sont parfois utilisés pour le stationnement. Sur les routes importantes, la largeur des accotements est de 2 à 2.5m, utilisés comme bande d'arrêt, mais dans notre cas sa largeur est de 3 m, où l'ancienne route était de 1,5 m.

**3- La plate-forme:** c'est l'ensemble de la chaussée et des accotements, elle est située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais.

**4-L'assiette:** c'est la surface de la route délimitée par les terrassements.

**5-L'emprise:** c'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (Talus, exutoires, etc....) limitée par le domaine public.

**6-Le talus:**le talus a une inclinaison qui dépend de la cohésion des sols qui le constitue, cette inclinaison est désignée par une fraction (A/B) tel que:

- A : la base du talus.
- B : hauteur du talus

#### **7-Le fossé :**

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

#### **8-Le terre-plein central T.P.C :**

Il assure la séparation matérielle des deux sens de circulation, sa largeur dépend de celle de ses constituants : les deux bandes dérasées de gauche et la bande médiane.

- **bande dérasée de gauche (B.D.G):**elle est destinée à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité. Elle est dégagée de tous obstacles, revêtu et se raccorde à la chaussée ;
- **bande médiane :** elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, et à implanter certains équipements (barrière, support de signalisation,.. etc.), sa largeur dépend, pour le minimum des éléments qui sont implantés.

**9-La largeur roulable:**Elle comprend les surlargeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt.

### 10- La largeur de la chaussée :

La largeur de la chaussée dépend surtout de l'importance de la circulation à écouler. La largeur du gabarit des véhicules étant de 2.50 m, cette même largeur constitue un minimum pour la largeur d'une voie sur les routes à circulation intense et rapide, une largeur de voie de 2.50m est insuffisante, il faut au moins 3 m et mieux encore 3.50 m pour que les véhicules de tous gabarits puissent se croiser et se dépasser en toute sécurité.

### 11- Pente transversale :

La pente transversale permet de favoriser l'évacuation des eaux de surface de la chaussée. En alignement droit, le profil en travers de la chaussée est caractérisé par une pente transversal qui varie de 2% à 5% vers l'extérieur.

### 12- Point de rotation des dévers :

Le choix du point de rotation des dévers dépend essentiellement de la disposition des lieux. Lorsque le T.P.C est revêtu, le point de rotation des dévers se situe habituellement sur l'axe de la plateforme, sinon le point de rotation des dévers de chaque chaussée se situe sur le bord de la chaussée.

## IV .4 PROFIL EN TRAVERS TYPE POUR LE PRESENT PROJET:

Après l'étude du trafic, le profil en travers type retenu pour le projet sera composé d'une chaussée bidirectionnelle. Les éléments du profil en travers type sont comme suit:

- Chaussée unidirectionnelle de **2 voies (2x3.5) = 7 m**
- Accotement : **3 m** de chaque côté
- Largeur de la plate forme : **30m**
- Devers minimum : **2,5%**
- Devers maximum : **7%** pour un rayon minimum
- Pente de talus en remblai : **1/3**
- Pente de talus en déblai : **1/1**

**NB:** Les détails de le profil en travers type pour noter projet sont joints en annexe (Annexe C).

## V. CONCLUSION

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

## **CHAPITER-III**

# **CALCUL DES CUBATURES ET DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE LA CHAUSSEE**

## I-CUBATURES

### I.1- INTRODUCTION

La réalisation d'un ouvrage génie civil nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté.

Pour les voies de circulations ceci est très visibles sur les profils en longs et les profils en travers. Cette modification s'effectue :

- Soit par apport de terre sur le sol terrain naturel, qui lui servira de support remblai.
- Soit par excavation des terres existantes au dessus du niveau de la ligne rouge déblai.

Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre qui se trouve entre le tracé du projet et celui du terrain naturel. Ce calcul s'appelle ((**les cubatures des terrassements**))

### I.2- DEFINITION

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

Les éléments qui permettent cette évaluation sont :

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

Les profils en long et les profils en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente [28].

### I.3- METHODE DE CALCULE DES CUBATURES

Ayant dessiné le profil en travers du terrain au droit des sections transversales de la plate forme des voies, tous les 50 m et à chaque point de changement de déclivité de la ligne rouge ou du profil en long du terrain naturel.

Nous considérons (sur ce profil en travers du terrain naturel, le profil type lui correspondant (profil en travers type en remblai, en alignement droit ou en courbe).

Nous calculons les surfaces SD et SR de déblai et de remblai pour chaque profil en travers (**Figure III.1**).

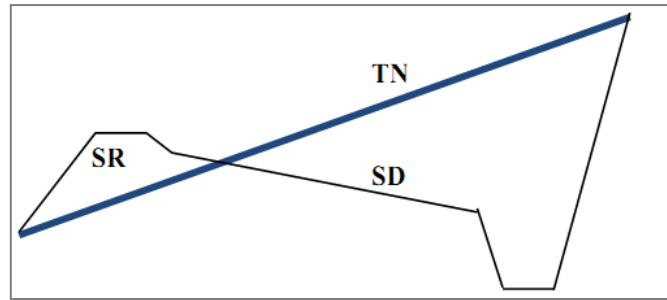


Figure III .1 : Profil en travers du terrain naturel.

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[9].

**I.3.1. Description de la Méthode**

En utilisant la formule de MR SARRAUS qui calcul le volume compris entre deux profils successifs[9]:

$$V = \frac{h}{6} \times (S_1 + S_2 + 4 \times S_0) \tag{Eq III.1}$$

Où h, S1, S2 et S0 désignant respectivement :

- hauteur entre deux profils;
- hauteur des deux profils.

Surface limitée à mi-distances des profils. Ici à la (Figure III.2) on adopte pour des profils en long d'un tracé donnés.

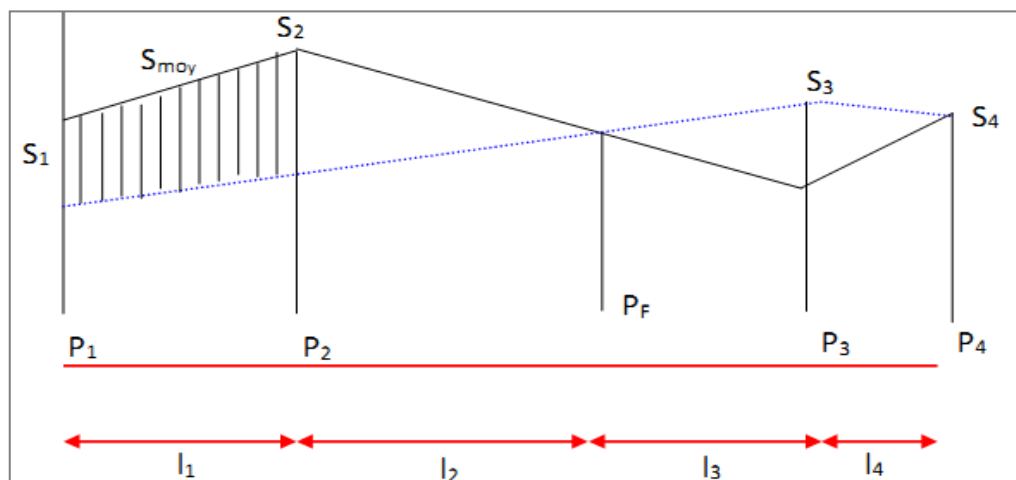


Figure III .2 : Méthode de la moyenne des aires [30].

Le volume compris entre les deux profils en travers P1 et P2 de section S1 et S2 sera égale à:

$$V = \frac{l_1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4 \times S_{moy})$$

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions  $S_{moy}$  et  $\frac{(S_1+S_2)}{2}$

Ceci donne :  $V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$

Donc les volumes seront :

- Entre P<sub>1</sub> et P<sub>2</sub> :  $V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$
- Entre P<sub>2</sub> et P<sub>F</sub> :  $V_2 = \frac{l_2}{2} \times (S_2 + 0)$
- Entre P<sub>F</sub> et P<sub>3</sub> :  $V_3 = \frac{l_3}{2} \times (0 + S_3)$

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

$$V = \frac{l_1}{2} \times S_1 + \frac{l_1 + l_2}{2} \times S_2 + \frac{l_2 + l_3}{2} \times 0 + \frac{l_3 + l_4}{2} \times S_3 + \frac{l_4}{2} \times S_4$$

On voit l'utilité de placer les profils **PF** puisqu'ils neutralisent en quelque sorte une certaine longueur du profil en long, en y produisant un volume nul.

#### I.4- METHODE DE GULDEN

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

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport a la courbure instantanée. si on utilise la méthode de GULDEN, la quantité (longueur d'application) n'a plus de sens [31] (**Figure III .3**).

#### I.5- METHODE LINEAIRE

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan [28] voir(**Figure III .3**).

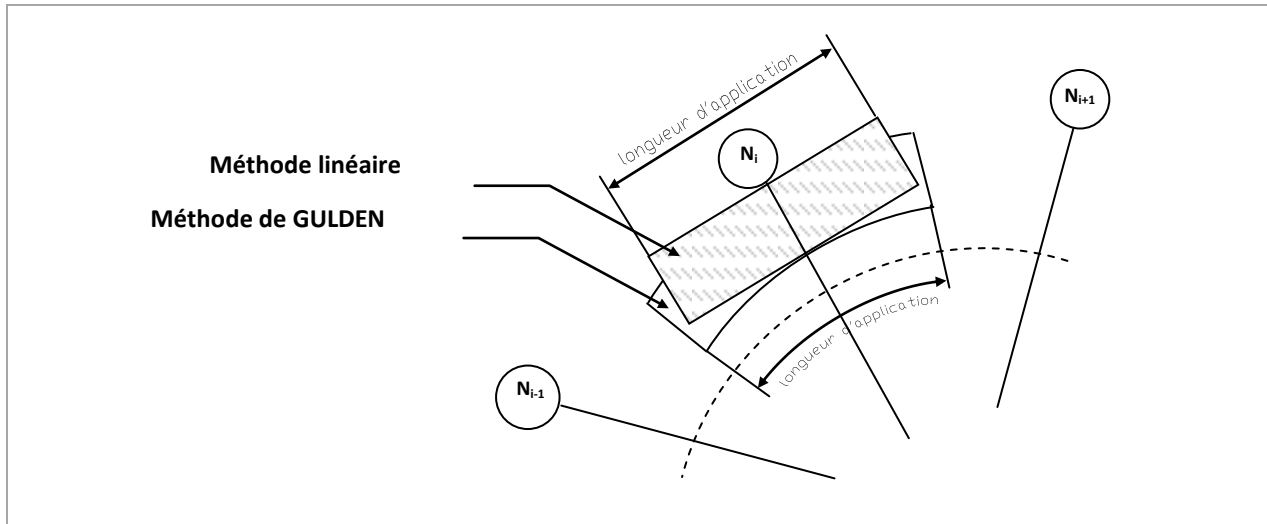


Figure III .3 : La méthode linéaire et Méthode GULDEN [28].

### I.6- CALCUL DES CUBATURES DE TERRASSEMENT

Pour le calcul automatique des cubatures par le logiciel Piste 5, les résultats de calcul ainsi obtenus sont joints en annexe (Annexe B) :

- Le volume de déblais est de:  $VD = 130208 \text{ m}^3$
- Le volume de remblai est de:  $VR = 137495 \text{ m}^3$

### I.7- CONCLUSION

Selon les travaux sur le programme Piste 5, et après avoir dessiné la ligne rouge sur le profil en long en prenant les différentes conditions de sécurité et de confort, en plus de la recherche de l'équilibre entre le déblai et le remblai. Le volume de déblais est de  $VD = 130208 \text{ m}^3$ , et celui du remblai est de  $VR = 137495 \text{ m}^3$ . Il est bien clair qu'il y a un équilibre entre le volume de déblai et celui du remblai, avec un faible déficit de terre dont le volume géométrique est de:

$$VR - VD = 7287 \text{ m}^3$$

Mais, en tenant en compte du foisonnement des terres de déblai, on peut dire qu'on ne va pas avoir de manque de terres.

## II-DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE LA CHAUSSEE

### II.1- INTRODUCTION

Le dimensionnement des structures constitue une étape importante de l'étude d'un projet routier, car la qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet, une fois réalisée, la chaussée devra résister aux agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation: action des essieux des véhicules lourds, effets des gradients thermiques pluie, neige, verglas,... etc.

Pour cela il faudra, non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques, mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes ces charges pendant sa durée de vie.

La qualité de la construction de la chaussées joue à ce titre un rôle primordial ; celle ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, il est ensuite indispensable que la mise en œuvre de ces matériaux soit réalisée conformément aux exigences arrêtées.

Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée. Tout cela en fonction des paramètres très fondamentaux suivants [28]:

- le trafic ;
- l'environnement de la route (le climat essentiellement) ;
- le sol support.

Enfin, on examinera les différentes méthodes de dimensionnements avec une application au projet.

### II.2- LA CHAUSSEE

**Au sens géométrique:** c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.

**Au sens structurel:** c'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic [10].

Une chaussée peut être définie comme une structure plane, conçue et dimensionnée pour garantir l'écoulement du trafic dans de bonnes conditions de visibilité, de sécurité et de confort pour les usagers et assurer une fonction pour une période de service minimale fixée au stade de l'élaboration du projet[11].

La chaussée est appelée à :

- supporter la circulation des véhicules de toute nature;
- reporter le poids sur le terrain de fondation.

### II.2.1 Différents types de chaussées :

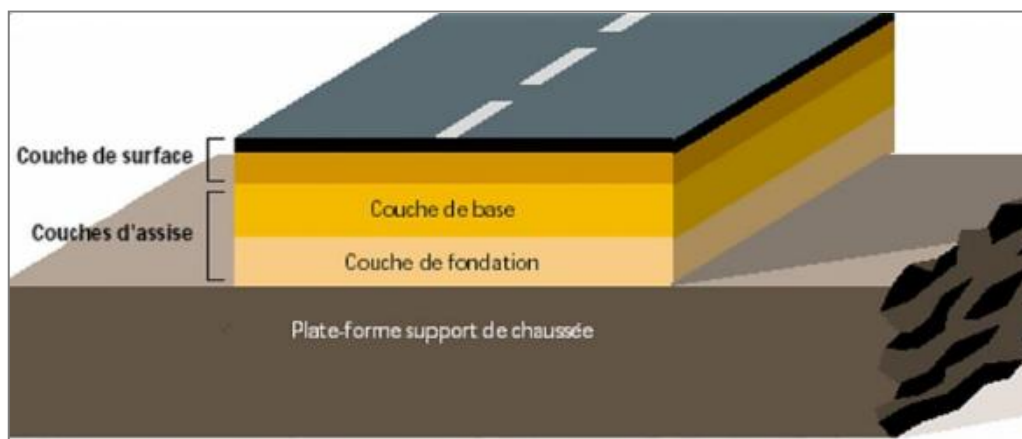
Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, on distingue généralement les trois grandes catégories:

1. chaussée souple;
2. chaussée semi-rigide;
3. chaussée rigide.

#### II.2.1.1 Chaussée souple:

Les chaussées souples sont constituées par des couches superposées des matériaux non susceptibles de résistance notable à la traction. Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformable que les couches inférieures.

Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement, pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents (**Figure III.4**), d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini [12]. En principe une chaussée peut avoir en ordre les couches suivantes:



**Figure III .4 : Structure type d'une chaussée souple [12].**

#### ➤ Couche de surface:

La couche de surface est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle a pour rôle essentiel d'encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation. Elle est en générale composée d'une couche de roulement qui a pour rôle :

- d'imperméabiliser la surface de chaussée ;
- d'assurer la sécurité (par l'adhérence) et le confort des usages (diminution de bruit, bon uni).

Et une couche de liaison qui a, pour rôle essentiel, d’assurer une transition, avec les couches inférieures les plus rigides. L’épaisseur de la couche de roulement est en général entre 6 et 8 cm (Figure III.5) [11].

➤ **Couche de base:**

Pour résister aux déformations permanentes sous l'effet de trafic, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes. L’épaisseur de la couche de base est entre 10 et 25 cm[11].

➤ **Couche de fondation:**

Complètement en matériaux non traités (en Algérie), elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l’homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer un bon uni et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle a le même rôle que celui de la couche de base (Figure III.5)[9].

➤ **Couche de forme :**

Elle est prévue pour reprendre à certains objectifs à court terme.

- Sol rocheux : joue le rôle de nivellement afin d’aplanir la surface.
- 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.

Actuellement, on tient de plus en plus compte du rôle de portance à long terme apporté par la couche de forme dans le dimensionnement et l’optimisation des structures de chaussées. Eventuellement, une couche drainante ou anti-contaminante peut être intercalée entre la couche de forme et la couche de fondation qui s’appelle « **sous-couche** ». L’épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm[12].

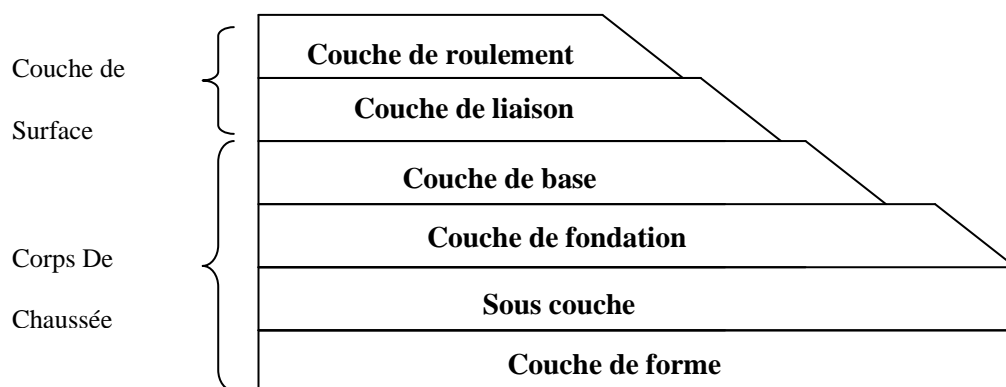
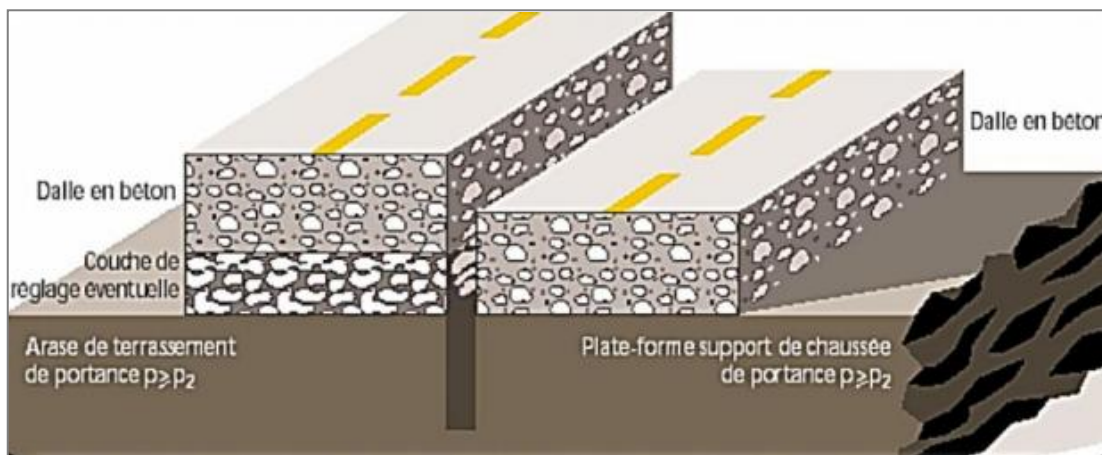


Figure III .5 : Type de couche d’une chaussée souple[22].

### II.2.1.2 Chaussée semi-rigide:

On distingue(**Figure III.6**)[11]:

- Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,...)
- La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement. Son épaisseur minimale doit être de 15cm. Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.
- Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.



**Figure III .6 : Structure type d'une chaussée rigide [12].**

### II.2.1.3 Chaussée rigide:

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 [12]. Dans les routes, ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie (**Figure III.7**).

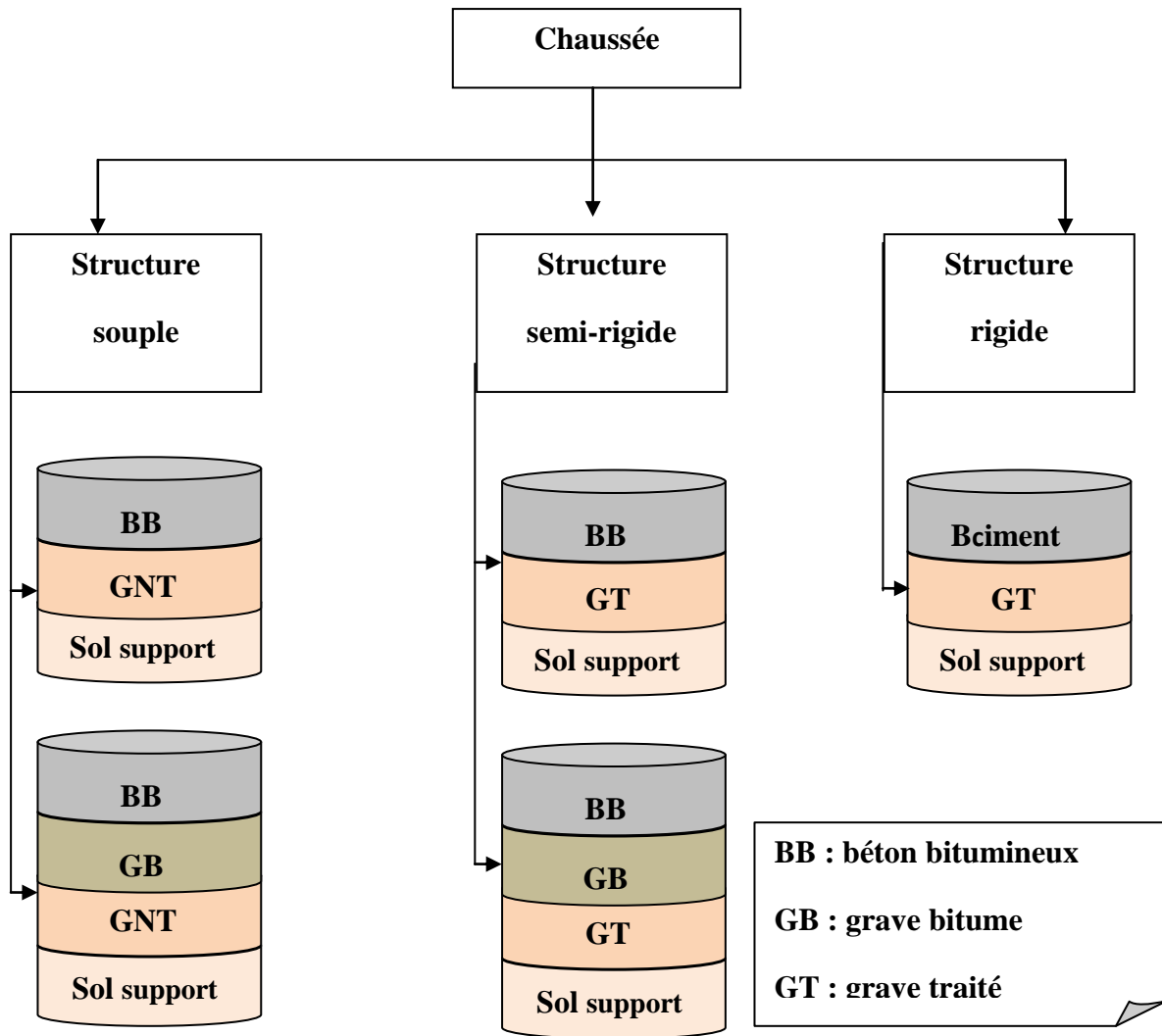


Figure III .7 : Schéma récapitulatif des types des chaussées.

### II.3- SOLICITATIONS

La chaussée est soumise aux sollicitations dues au trafic, aux intempéries, ainsi qu'à l'influence de la durée des diverses sollicitations[13].

#### II.3.1 Les effets du trafic :

Le trafic constitue un élément essentiel dans la sollicitation de la chaussée. A travers les pneumatiques, les véhicules transmettent une pression à la structure dépendant du poids des véhicules. Ces efforts verticaux se diffusent dans le sol. Elles se caractérisent par différents types de dégradation (usure, fluage) ou rupture par fatigue[13].

#### II.3.2 Les effets du climat:

Sont traduits par:

- l'eau qui diminue les facultés d'adhésivité passive du bitume (c.-à-d. les liaisons entre bitumes et granulats), elle contribue donc au désenrobage des enrobés bitumineux;
- l'air qui contribue à l'évaporation des solvants et par conséquent à l'oxydation du bitume;
- la température qui influe sur les propriétés mécaniques du bitume en particulier les variations de température peuvent conduire à fissurer la couche de roulement[13].

#### II.4- DIFFERENTSFACTEURS POUR LES ETUDES DE DIMENSIONNEMENT

Le Pour la détermination de l'épaisseur de corps de chaussée,il faut commencer par plusieurs facteurs parmi les plus importants sont :

- trafic;
- environnement;
- sol support;
- matériaux utilisés;

##### II.4.1 Trafic :

Le trafic principale pour la dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur a 3.5 tonnes). Il est l'un des paramètres prépondérants dans la conception des structures ; il intervient en fait d'abord dans le choix des matériaux puis dans le dimensionnement proprement dit de façon plus détaillée[9].

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

- Le trafic des poids lourds «  $T_{pl}$  » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes ;le trafic cumulé sur la période considérée qui est donnée par [22]:

$$N = 365.T_{pl}.A.C \quad \text{EqIII.2}$$

Avec :

- $N$  : trafic cumulé; $A$  : facteur d'agressivité  $A = 0.6$ ;  $C$  : facteur de cumul.
- Facteur de cumul  $C$ :

$$C = \frac{(1 + \tau)^p - 1}{\tau} \quad \text{Eq III.3}$$

Avec :

- $\tau$  : Taux de croissance annuel du trafic.
- $p$  : nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

#### **II.4.2 Environnement :**

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

La variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné, et aussi les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnant la teneur en eau du sol support[29].

#### **II.4.3 Sol support :**

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme [28].

Les plates formes sont définies à partir :

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

#### **II.4.4 Matériaux :**

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds) [27].

### **II.5- METHODES DE DIMENSIONNEMENT**

Nous avons deux grandes familles de méthodes [9]:

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

Cette dernière contient elle-même les méthodes suivantes :

#### **II.5.1 Method C.B.R (California – Bearing – Ratio):**

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

La détermination de l'**épaisseur totale** du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci-après [21]:

- ✓ Pour un trafic en voiture particulier :  $TMJA \times 365 \times 1.5t < 100000 \text{ t/ans}$

$$e = \frac{100 + 150\sqrt{P}}{I_{CBR} + 5} \quad [cm] \quad \text{Eq III.4}$$

- ✓ Pour un trafic en voiture particulier :  $TMJA \times 365 \times 1.5t \geq 100000 \text{ t/ans}$

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

Avec:

- ✓ e: épaisseuréquivalente.
- ✓  $I_{CBR}$  : indice CBR (sol support).
- ✓ N: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide.

$$N = T_H \cdot \%PL$$

- ✓  $T_H$  : trafics prévus pour une durée de vie :

$$T_H = \frac{T_0}{2} (1 + \tau)^n \begin{cases} T_0 : \text{trafics année de mise en service (v/j)} \\ n : \text{année de prévision} \end{cases}$$

- ✓ P: charge par roue  $P = 6.5 \text{ t}$  (essieu 13 t).
- ✓ Log: logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

Où:  $e = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$ . Avec:  $a_1, a_2, a_3$  : coefficients d'équivalence.

Le **Tableau III .1** indique les coefficients d'équivalence pour quelques matériaux:

**Tableau III .1: Coefficients d'équivalence en fonction des matériaux utilisés[25].**

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

### II.5.2 Méthode du catalogue:

L'utilisation du catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement [18].

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

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

- approche théorique;
- approche empirique.

## II.6- APPLICATION AU PROJET

### II.6.1 Méthode de l'indice CBR :

#### 1. Données de l'étude :

- Le trafic à l'année 2016  $TJMA_{2016} = 5763 \text{ v/j}$
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté  $\tau = 4 \%$
- Le pourcentage moyen de poids lourds (PL)  $Z = 25 \%$
- L'année de mise en service sera en 2021 :  $TJMA_{2021} = 7011 \text{ v/j}$
- La durée de vie estimée de 20 ans
- Indice portant CBR :  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Puits N°1: } I_{CBR} = 16 \\ \text{Puits N°4: } I_{CBR} = 11 \\ \text{Puits N°2, 3, 5, 6 valeur moyenne : } I_{CBR} = 22 \end{array} \right.$

#### 2. Répartition de trafic :

$TJMA_{2021} = 7011 \text{ v/j}$  (année de mise de service)

$$T_{H2041} = \frac{T_{2021}}{2} (1 + \tau)^n = \frac{7011}{2} (1 + 0.04)^{20} = 7680 \text{ v/j/sens}$$

$$N = T_{H2041} \cdot \%PL = 7680 \times 25\% = 1920 \text{ PL/j/sens}$$

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

$$TMJA_{2021} \times 365 \times 1.5t \geq 100000 \text{ t/ans} \Rightarrow 7011 \times 365 \times 1.5 = 3838522 \text{ t/ans} > 100000 \text{ t/ans}$$

Pour :  $I_{CBR} = 16$

$$e_a = \frac{100 + \sqrt{P} \left( 75 + 50 \log \frac{N}{10} \right)}{I_{CBR} + 5} = \frac{100 + \sqrt{6.5} \left( 75 + 50 \log \frac{1920}{10} \right)}{16 + 5} = 27.72 \text{ cm}$$

Pour :  $I_{CBR} = 11$

$$e_b = \frac{100 + \sqrt{P} \left( 75 + 50 \log \frac{N}{10} \right)}{I_{CBR} + 5} = \frac{100 + \sqrt{6.5} \left( 75 + 50 \log \frac{1920}{10} \right)}{11 + 5} = 36.39 \text{ cm}$$

Pour :  $I_{CBR} = 22$

$$e_c = \frac{100 + \sqrt{P} \left( 75 + 50 \log \frac{N}{10} \right)}{I_{CBR} + 5} = \frac{100 + \sqrt{6.5} \left( 75 + 50 \log \frac{1920}{10} \right)}{22 + 5} = 21.56 \text{ cm}$$

Avec P=charge maximale par roue.

On choisi L'épaisseur totale : 
$$\begin{cases} e_a = 32 \text{ cm} \\ e_b = 38 \text{ cm} \\ e_c = 32 \text{ cm} \end{cases}$$

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

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée, il faut résoudre l'équation suivante :  $e_{\text{équivalente}} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$

Alors :

$$\begin{cases} e_a = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 32 \\ e_b = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 38 \\ e_c = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 32 \end{cases}$$

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

$$e_a \begin{cases} \text{Couche de roulement en béton bitumineux (B.B)} : a_1 \times e_1 = 6 \times 2 = 12 \text{ cm.} \\ \text{Couche de base en grave bitume (G.B)} : a_2 \times e_2 = 10 \times 1.5 = 15 \text{ cm.} \\ \text{Couche de fondation en (GNT) est de} : a_3 \times e_3 = 16 \times 1 = 16 \text{ cm.} \end{cases}$$

$$e_b \begin{cases} \text{Couche de roulement en béton bitumineux (B.B)} : a_1 \times e_1 = 6 \times 2 = 12 \text{ cm.} \\ \text{Couche de base en grave bitume (G.B)} : a_2 \times e_2 = 12 \times 1.5 = 18 \text{ cm.} \\ \text{Couche de fondation en (GNT) est de} : a_3 \times e_3 = 20 \times 1 = 20 \text{ cm.} \end{cases}$$

$$e_c \begin{cases} \text{Couche de roulement en béton bitumineux (B.B)} : a_1 \times e_1 = 6 \times 2 = 12 \text{ cm.} \\ \text{Couche de base en grave bitume (G.B)} : a_2 \times e_2 = 10 \times 1.5 = 15 \text{ cm.} \\ \text{Couche de fondation en (GNT) est de} : a_3 \times e_3 = 16 \times 1 = 16 \text{ cm.} \end{cases}$$

Donc :

$$\begin{cases} e_a = 6 \times 2 + 10 \times 1.5 + 16 \times 1 = 43 \text{ cm} \\ e_b = 6 \times 2 + 12 \times 1.5 + 20 \times 1 = 50 \text{ cm} \\ e_c = 6 \times 2 + 10 \times 1.5 + 16 \times 1 = 43 \text{ cm} \end{cases}$$

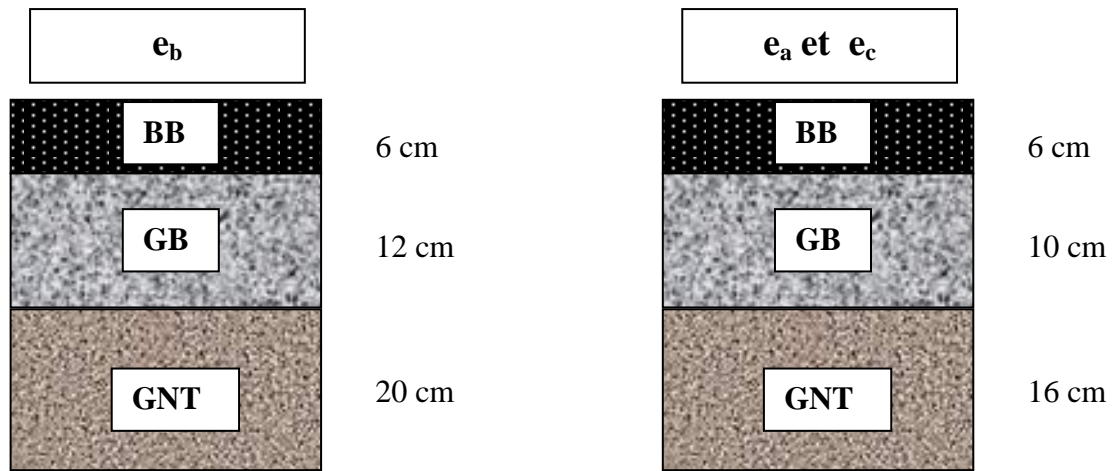


Figure III .8 : La structure de chaussée méthode C.B.R.

**II.6.2 Méthode de catalogue des chaussées Neuves :**

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

**1-Détermination du type de réseaux principaux :**

$TJMA_{2021} = 7011 \text{ v/j} > 1500 \text{ v/j}$ . Alors selon le **Tableau III.2** le réseau principal est RP1.

**Tableau III .2: Classification des réseaux principaux [18].**

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

**2-Détermination de la classe de trafic :**

**Réparation transversal de trafic**

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

$TPL = 1920 \times 0.9 = 1728 \text{ PL/j/sens}$

Trafic poids lourds : TPL est compris entre 1500 et 3000

Donc : la classe de trafic est : **TPL6**

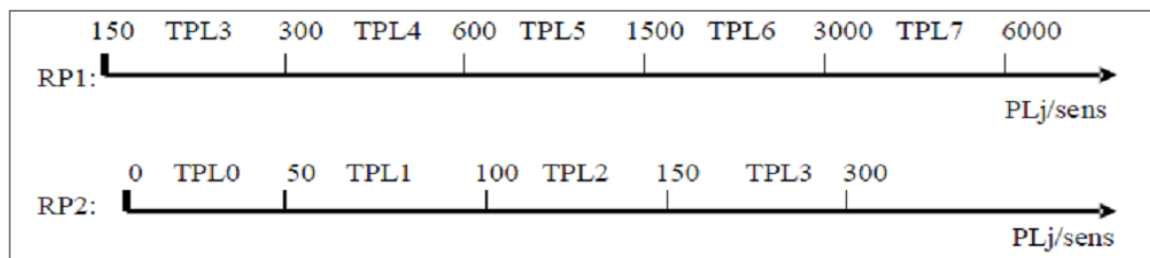


Figure III .9 : Classe de trafic[18].

**3-Détermination de la portance de sol-support de chaussée :**

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

$$I_{CBR} = 19.91 \rightarrow I_{CBR} (10 - 25)$$

Donc : selon le **Tableau III .3**le sol est classe sur la classe S2.

**Tableau III .3: Classe du sol[18].**

Classe du sol	Indices C.B.R
S0	>40
S1	25-40
S2	10-25
S3	5-10
S4	<5

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

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

S3, S2, S1, S0. Les valeurs des modules indiqués sur le **Tableau III.4**, ont été calculées à partir de la relation empirique suivante :

$$E \text{ (MPa)} = 5.I_{CBR} = 5 \times 19.91 = \mathbf{99.55MPa}$$

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

**Tableau III .4: Classes de sol-support[18].**

CLASSE	S3	S2	S1	S0
E (MPa)	25-50	50-125	125-200	>200

**4-Choix de différentes couches constitue de la chaussée:**

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

- Couche de roulement :**Béton bitumineux BB.**
- Couche de base :**Grave bitumineux GB.**
- Couche de fondation :**Gravier non traité GNT.**

**5-Détermination de la zone climatique :**

D’après le **Tableau III.5**de la zone climatique de l’Algérie, notre projet est dans la zone **climatique II** (350-600mm/an).

**Tableau III .5: Les zones climatiques de l’Algérie[18].**

Zone climatique	Pluviométrie (mm/an)	Climat	Teq(°)	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

**6-Amélioration de la classe du sol support :**

D’après le **Tableau III.6** classe de sol en fonction de portance on trouve la structure suivante:  
Structure souple **S2** decouche de forme de **40 cm** pour augmenter la portance de sol.

**Tableau III .6: Classe de sol en fonction de portance de sol[18].**

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

**7-Choix de dimensionnement :**

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

Dans ce cas la structure ne figure pas dans le catalogue des structures (fascicule 3 du catalogue algérien [18]), ce qui nous mener à utiliser la méthode du catalogue français[19] qui se base sur la nature la plate forme et les valeurs de portance du sol et le trafic, on obtient ce qui suit:

Plat forme	TCi	Structure
<b>PF2<sup>+</sup></b>	<b>TC6</b>	<b>8BB + 18GB +20 GNT</b>

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

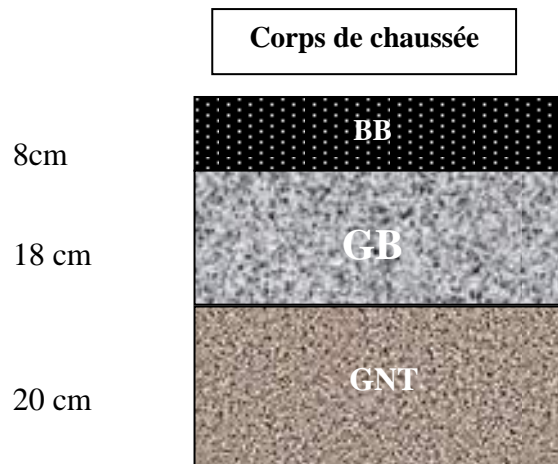


Figure III .10 : La structure de chaussée méthode du catalogue.

L’application des deux méthodes nous donne les résultats suivants (Tableau III.7) :

Tableau III .7: Résumé les deux méthodes.

Méthode	C.B.R	Catalogue des structures
Corps de chaussée	1-6BB+10GB+16GNT 2-6BB+12GB+20GNT	8BB+18GB+20GNT

Il convient de noter que les deux méthodes utilisées sont efficaces, néanmoins la méthode catalogue est moins économique (épaisseur exagérée, i.e. plus de matériaux) mais plus rapide.

## II.7- CONCLUSION

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

### La structure 01 :

- ◆ Couche de roulement **(BB) de 6 cm.**
- ◆ Couche de base **(GB) de 10 cm.**
- ◆ Couche de fondation en **(GNT) de 16 cm.**

### La structure 02 :

- ◆ Couche de roulement **(BB) de 6 cm.**
- ◆ Couche de base **(GB) de 12 cm.**
- ◆ Couche de fondation en **(GNT) de 20 cm.**

## **CHAPITER-IV**

# **AMENAGEMENT DU CROISEMENT ROUTIER ET D'ASSAINISSEMENT**

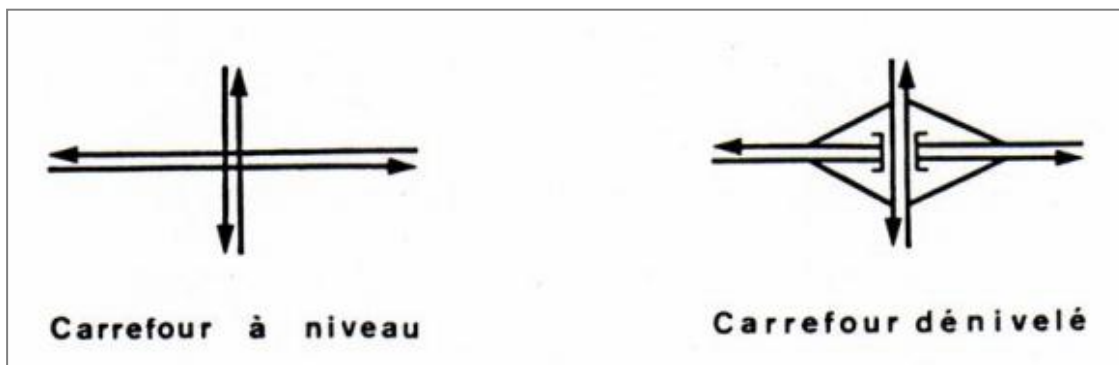
## I- AMENAGEMENT DES CARREFOURS

### I.1- INTRODUCTION

Un carrefour est le point de rencontre de deux ou plusieurs voies. Le bon fonctionnement d'un réseau de voiries, 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 qui sont indispensables.

On distingue deux groupes de familles de carrefours selon leur nature (**Figure VI.1**) [6]:

- Les carrefours à niveau ou carrefours plans.
- Les carrefours dénivelés ou carrefours à niveaux séparés dans lesquels certains courants sont dénivelés. Ce terme est réservé au cas de deux routes à statut ordinaire. Lorsque l'une des deux routes dénivelées est une voie rapide, le dispositif correspondant est appelé diffuseur.



**Figure VI .1 : Groupes de carrefour [6].**

Dans un projet d'aménagement de carrefour, la première étape est le choix de carrefour à retenir, la deuxième étant la conception même de la géométrie du carrefour.

### I.2- PRINCIPES GENERAUX D'AMENAGEMENT D'UNCARREFOUR

L'aménagement des carrefours a pour but de permettre l'écoulement des débits de circulation dans des conditions normales de sécurité.

Les données essentielles à considérer en vue de l'aménagement d'un carrefour sont les suivantes [6, 25,29]:

- la fonction des itinéraires et la nature du trafic qui les emprunte;
- les cisaillements doivent ce produire sous un angle de  $90 \pm 20^\circ$  afin d'obtenir de meilleures conditions de visibilité;

- l'intensité et la composition des différents courants de circulation;
- les vitesses d'approche des véhicules affluents;
- les informations concernant le nombre, le type, l'emplacement et les causes des accidents qui ont pu se produire au carrefour considéré;
- les conditions topographiques et notamment l'incidence sur la visibilité en plan et en profil en long;
- les caractéristiques et les projets d'aménagement des sections adjacentes et des carrefours voisins.

**I.2.1 La visibilité:**

Dans toute la zone d'approche du carrefour, on doit assurer d'excellentes conditions de visibilité entre véhicules et sur les îlots .Il importe, en outre, de tenir compte de l'augmentation des distances d'arrêt en pente.

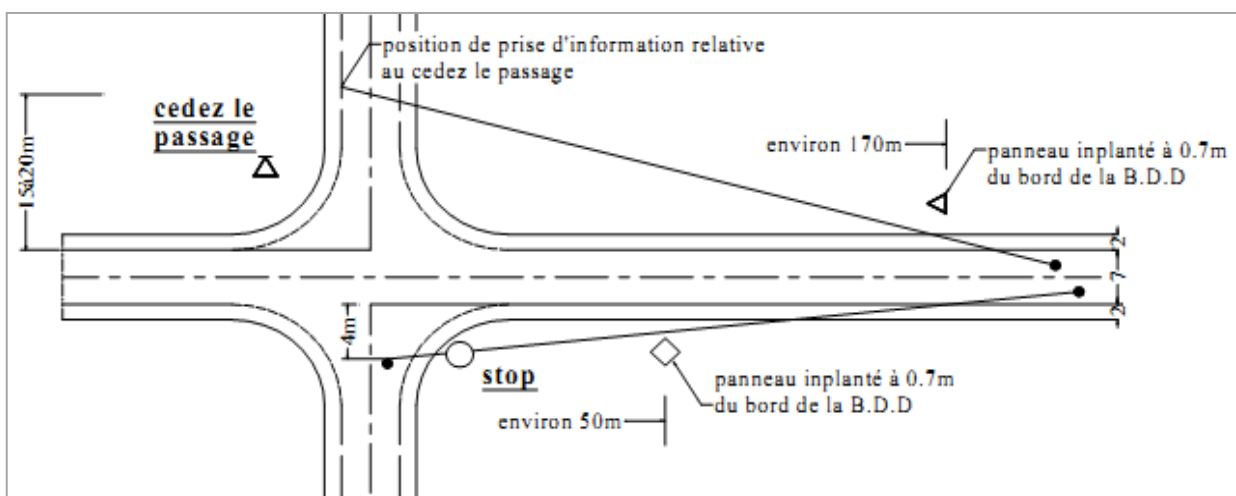
En cas où la visibilité est insuffisante, il faut prévoir [25]:

- 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.

● **Triangle de visibilité :**

Un triangle de visibilité (**Figure VI.2**) peut être associé à un conflit entre deux courants. Il a pour sommet [25]:

- ▲ le point de conflit;
- ▲ les points limites à partir desquels les conducteurs doivent apercevoir un véhicule adverse.



**Figure VI .2 : Triangle de visibilité [6].**

- **Priorité à droite :**

Lorsque le conducteur aperçoit un véhicule prioritaire susceptible d'arriver en même temps que lui au point de conflit, le conducteur du véhicule non prioritaire doit se trouver à une distance du carrefour au moins égale à la distance d'arrêt sur obstacle éventuel. Le conducteur prioritaire doit se trouver lui-même à une distance du carrefour au moins égale à la distance parcourue pendant le freinage éventuel du conducteur non prioritaire [25].

### **I.2.2 La vitesse:**

La géométrie du carrefour doit inciter les véhicules en provenance des voies affluentes à ralentir en fonction de la visibilité, en particulier pour les courants non prioritaires s'ils ont à respecter un signal d'arrêt [29].

### **I.2.3 La sécurité:**

Les cisaillements doivent se produire sous un angle voisin de 90° fournissant les meilleures conditions de visibilité et d'appréciation de vitesse. La convergence ou la divergence de deux courants doit se faire tangentiellement [29].

### **I.2.4 Les îlots:**

Un îlot est un terre plein entre deux voies de circulation qui a pour objectif de séparer les points de conflits, protéger et stocker les véhicules. On distingue deux types d'îlots [29]:

- ✓ Ilots séparateurs : espaces surélevés ou marqués séparant deux courants de véhicules qui circulent en sens inverses.
- ✓ Ilots directionnels : ils ont une forme triangulaire et séparent deux courants de circulation assurant soit une manœuvre de convergence, soit une manœuvre de divergence.

### **I.2.5 La sélectivité:**

Le tracé des couloirs et des îlots doit être réalisé de manière à pendre à l'aise les manœuvres permises et à rendre difficiles ou impossibles les manœuvres indésirables ou interdites. Les courants préférentiels de circulation doivent être nettement favorisés [29].

- les manœuvres de sortie doivent être favorisées autant que possible;
- les limites des îlots doivent être déterminées expérimentalement.

### **I.2.6 Signalisation :**

Il convient d'apporter une grande importance à la signalisation verticale et horizontale et, particulièrement, à celle des nez d'îlots séparateurs. Cette signalisation, qui doit être cohérente avec les hypothèses ayant servi de base à l'aménagement du carrefour, devra être particulièrement claire de manière à éviter toute hésitation perturbatrice. L'éclairage nocturne des nez d'îlots s'impose, généralement sur la route principale [25].

### **I.3- CLASSEMENT DES CARREFOURS**

Les carrefours peuvent être classés selon le nombre de leurs branches puis selon les volumes et la distribution de la circulation, l'espace et les moyens financiers à disposition.

#### **I.3.1 Carrefour à trois branches:**

Les carrefours à trois branches peuvent être répartis en deux catégories (**Figure VI.3**):

- **Carrefour en T ou de type T :**

Carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires unique et orthogonale, ou aussi ( $\pm 20^\circ$ ), à l'axe principal. Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable [25].

- **Carrefour en Y ou type (Y) :**

Carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principale est oblique (s'éloignant de la normale de plus  $20^\circ$ ) [25].

#### **I.3.2 Carrefour à quatre branches:**

- **Carrefour en croix :**

Carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi) (**Figure VI.3**) [25].

#### **I.3.3 Carrefour a plus de quatre branches:**

Les carrefours à plus de quatre branches doivent être, autant que possible, ramenés à des intersections à quatre branches au moins par [25]:

- la réunion de branches avant le carrefour;
- la dissociation en deux carrefours;
- l'introduction de sens uniques.

Si l'espace est suffisant, le carrefour giratoire peut être envisagé (**Figure VI.3**).

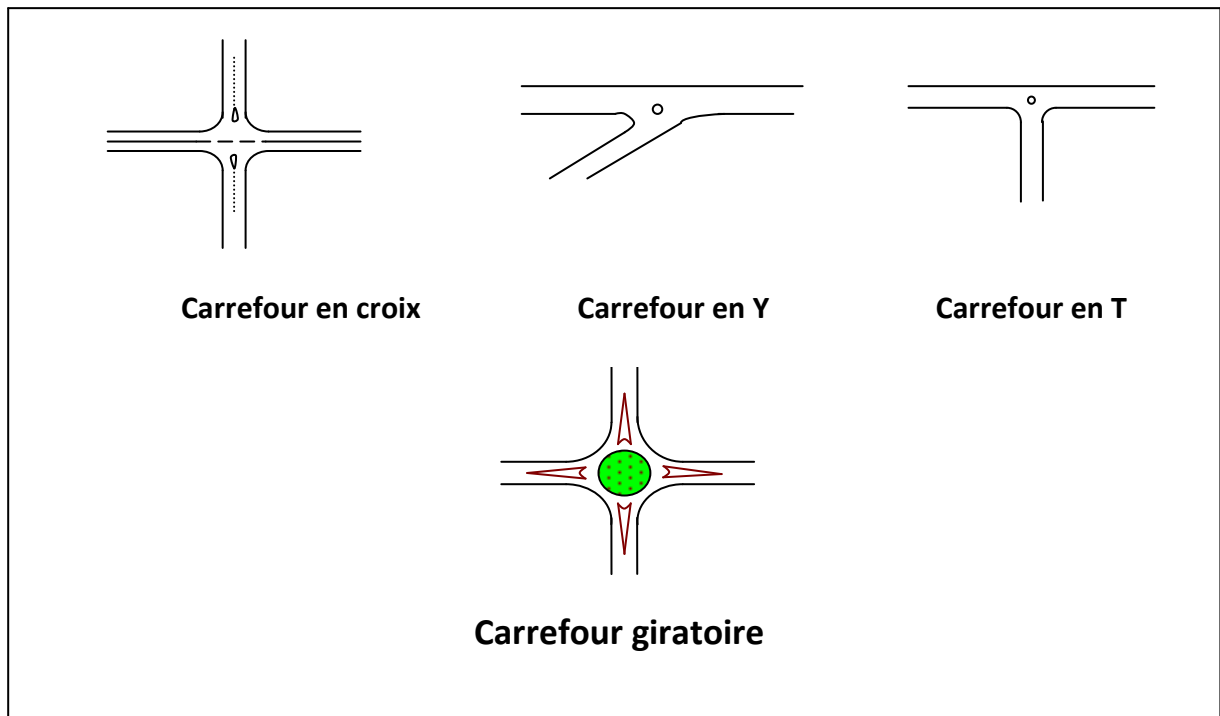


Figure VI .3 : Différent type de carrefours.

#### **I.4- CARREFOURS GIRATOIRE**

Les carrefours giratoires sont utiles aux intersections de deux ou plusieurs routes également chargées, lorsque le nombre de véhicules virant à gauche est important.

La circulation se fait à sens unique autour du terre-plein (circulation ou ovale). Aucune intersection ne subsiste ; seuls des mouvements de convergence, de divergence et d'entrecroisement s'y accomplissent dans des conditions sûres et à vitesse relativement faible.

Les longueurs d'entrecroisement qui dépendent des volumes courants de circulation qui s'entrecroisent, déterminent le rayon du rond point.

Une courbe de petit rayon à l'entrée dans le giratoire freine les véhicules et permet la convergence sous un angle favorable (30 à 40°). En revanche, la sortie doit être de plus grand rayon pour rendre le dégagement plus aisé [29].

##### **I.4.1 Les avantages et les inconvénients du carrefour giratoire :**

###### **a . Les avantages [29]:**

- l'adaptation au trafic est automatique, par la priorité donnée aux véhicules déjà insérés;
- la vitesse est limitée par l'infrastructure, et la sécurité routière est donc améliorée;

- on n'a pas besoin de feux, donc pas besoin d'électrifier le carrefour, ce qui est intéressant en zone très rurale;
- une forme qui identifie un lieu et qui caractérise de l'espace;
- diminution des nuisances;
- faciliter d'insertion d'un grand nombre des branches;
- économie de régulation et d'exploitation.

#### **b. Les inconvénients [29]:**

- consommation d'emprise importante (grande surface de terrain);
- entretien de l'îlot central;
- transport public non prioritaire;
- absence de prise en charge correcte des piétons;
- absence de régulation du trafic (non-respect du régime de priorité).

### **I.5- CHOIX DU TYPE DE CARREFOUR**

L'ensemble du système d'échange doit être traité de façon cohérente sur l'itinéraire, tant pour la localisation et l'inter distance des points d'échange, que pour le choix des aménagements qui doivent être lisibles pour tous les usagers et conçus de façon à minimiser les risques de conflit (notamment les conflits de cisaillement).

On peut aussi réduire le nombre de points d'échange en rabattant certains courants de circulation sur des carrefours voisins mieux aménagés.

A l'intérieur de la gamme d'aménagements possibles pour le type de route considéré, le choix entre les différents types de carrefours repose sur une analyse multicritère.

Les principaux critères à prendre en compte sont [25]:

- la sécurité;
- les avantages pour les usagers (temps, principalement);
- le bilan financier pour la puissance publique;
- le bilan coût- avantages monétarisées;
- le cas échéant l'environnement, la situation initiale exceptionnellement mauvaise, etc;
- la sécurité un critère prioritaire.

**I.6- APPLICATION AU PROJET**

**1-Objectif :**

L’objectif principal de notre aménagement est d’augmenter la capacité en assurant une meilleure fluidité du trafic avec un gain maximum de sécurité pour la circulation automobiliste.

**2-Aménagement du carrefour :**

**Choix 1 :**

En raison du faible trafic de la route CW126 (Oued Morra) et son bon environnement qui ne pose aucun problème de visibilité, nous avons choisi un carrefour en Y (carrefour à niveau) pour assurer une bonne liaison entre le chemin CW126 et la RN23.

L'aménagement proposé pour notre intersection se compose d'une voie de décélération pour faciliter le décrochement d'un véhicule de la route RN 23 et une voie d'accélération pour faciliter l'insertion d'un véhicule dans la route RN 23.

Aussi une voie de stockage pour décélération pour le tournant à gauche (**Figure VI .9**).

D’après le B40 (**Tableau IV.1**) on a la vitesse d’approche du véhicule prioritaire  **$V_0=100$  km/h.**

**Tableau IV .1: La vitesse d’approche à vide  $V_0$  [6].**

Environnement	E1	E2	E3
Catégories.1-2	120	100	80
Catégories.3	110	90	80
Catégories.4	100	80	60
Catégories.5	80	60	60

**Carrefour en Y (RN 23 - CW 126) :**

- C’est le point de rencontre de la voie principale avec la voie secondaire.
- Le rayon de raccordement pour les véhicules entrant est **R=20m.**
- Le rayon de raccordement pour le véhicules sortant est **R=25m.**

**3-Caractéristiques des voies de décélération de type parallèle :**

La voie de décélération de type parallèle comprend un sifflet de raccordement et une voie parallèle à la route principale (**Figure VI .4**). Sa longueur est en fonction de la vitesse d'approche à vide et du rayon de la courbe finale : donnée par le (**Tableau IV.2**) [6].

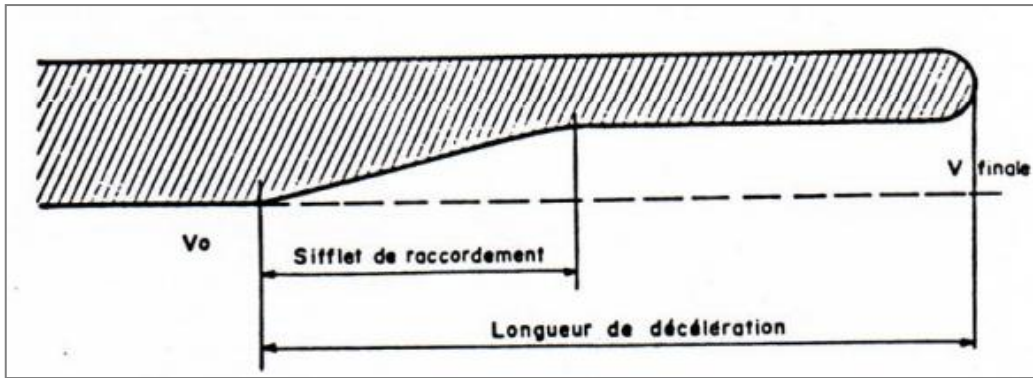


Figure VI .4 : Voie de décélération de type parallèle [6].

Tableau IV .2: Longueur de la voie de décélération [6].

Rayon de la courbe finale (m)		Arrêt	15	25	35	Longueur du sifflet de raccordement
vitesse finale (km/h)		0-10	20	25	30	
Vitesse à l'entrée du sifflet	Vitesse d'approche à vide (km/h)	Longueur de la voie de décélération $L_d$ (m) y compris celle du sifflet.				
60	45	70	65	60	Raccordement progressif	
80-90	60	115	110	105	100	50
100-110	75	170	165	160	155	60
120	90	240	235	230	225	75

Donc pour notre cas  $L_d = 160$  m.

$L_S = 60$  m.

**4-Caractéristiques des voies d'insertion de type parallèle :**

Elles comprennent une voie d'accélération parallèle à la route principale et un biseau d'insertion de longueur l. La longueur l est comptée entre l'extrémité de la voie d'accélération et le point où la largeur du sifflet de raccordement se réduit à 1,5m [6].

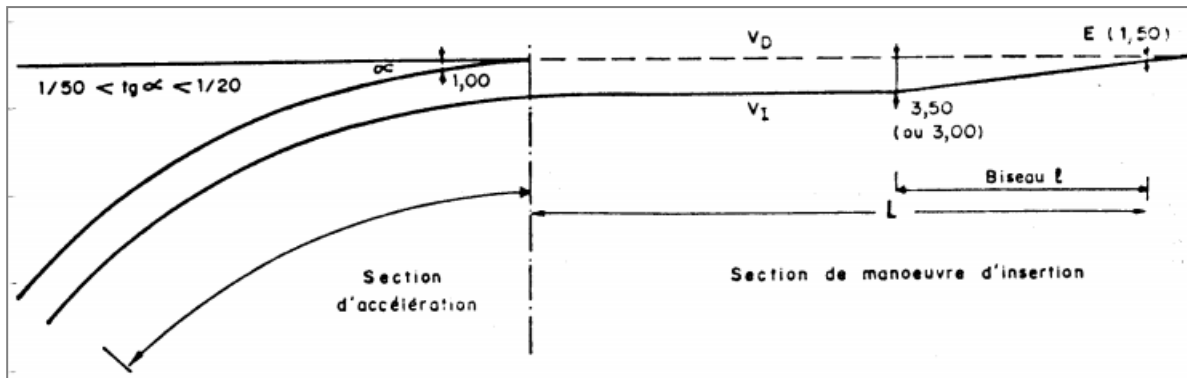


Figure VI .5 : Voie d'insertion [6].

La longueur d'insertion comprend la distance nécessaire pour atteindre la vitesse à laquelle s'effectue la manoeuvre d'insertion et la distance parcourue pendant l'attente d'un créneau favorable.

En fonction de la vitesse d'approche à vide  $V_0$  sur la route principale, on estime que les vitesses de circulation sur la voie d'insertion  $V_I$  et sur la voie de droite aux forts débits  $V_D$  sont les suivantes (Tableau IV.3) [6]:

Tableau IV .3: La vitesse d'approche  $V_0$  on fonction de la  $V_I$  et  $V_D$  [6].

$V_0$ (km/h)	60	80	100	120
$V_I$	30	40	55	65
$V_D$	50	60	75	85

Donc pour notre cas:  $V_I = 55$  km/h.

$V_D = 75$  km/h.

Les longueurs des voies d'insertion sont données, en fonction des vitesses d'approche à vide sur la route principale, par le (Tableau IV.4) [6]:

Tableau IV .4: Les longueurs des voies d'insertion [6].

$V_0$ (km/h)	60	80	90	100	110	120
Longueur totale $L$ (m)	140	180	210	240	270	320
Longueur biseau $l$ (m)	40	50	60	70	75	80

Donc pour notre cas:  $L = 240$  m.

$l = 70$  m.

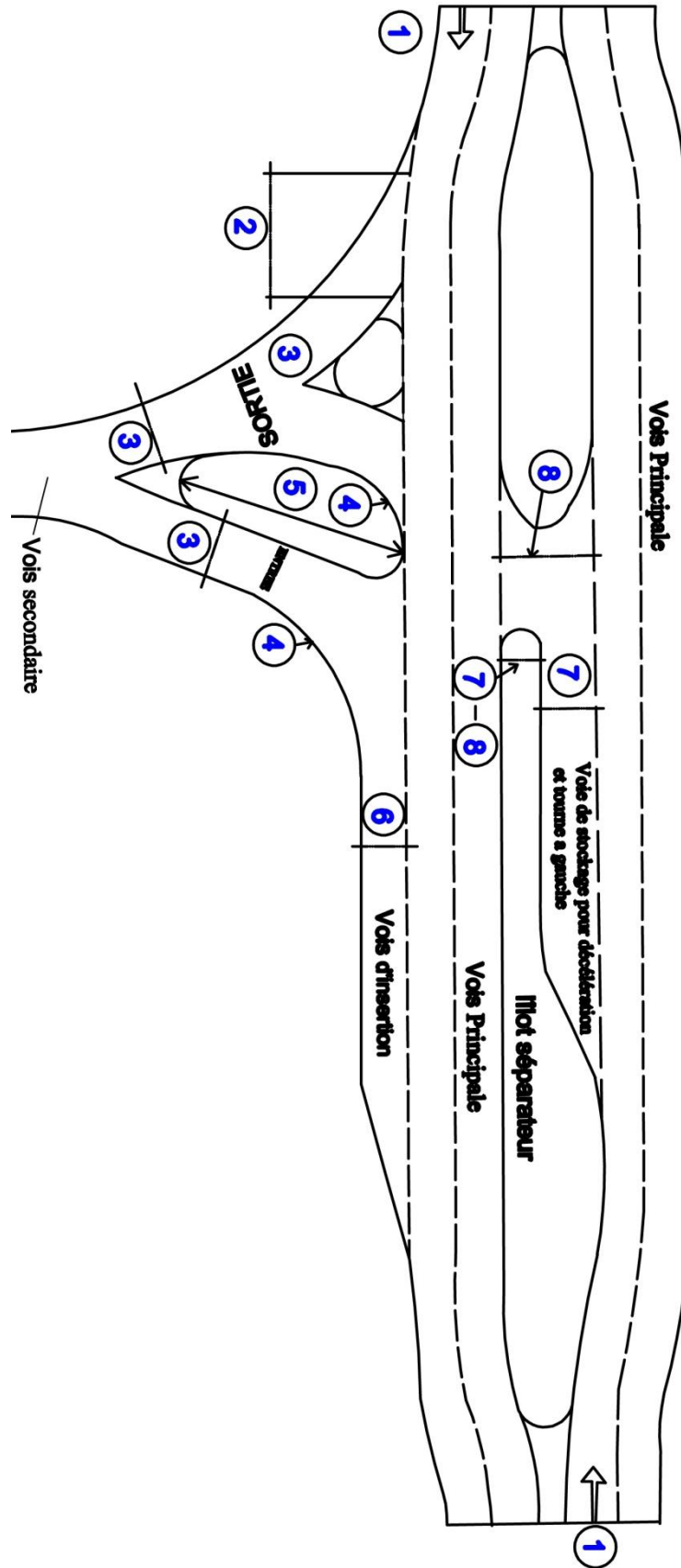


Figure VI.6 : Aspect général du choix 1 pour l'aménagement du croisement routier.

On a résumé le dimensionnement de notre carrefour dans le (Tableau IV.5) [6], (voir Figure VI.6).

Tableau IV .5: Dimensionnement de noter carrefour [6].

<p>1</p> <p><math>V_0 = 100 \text{ km/h.}</math></p>	<p>2</p> <p><b>Couloir décelération de type diagonal Voir Figure VI .7 :</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">Vitesse d'approche à vide <math>V_0</math> (Km/h)</th> <th style="text-align: center;">Vitesse à l'entrée du biseau <math>V_s = 0,75 V_0</math></th> <th style="text-align: center;">Vitesse au nez de sortie <math>V_E</math> (Km/h)</th> <th style="text-align: center;">Longueur du biseau (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;"><b>80-90</b></td> <td style="text-align: center;">60</td> <td style="text-align: center;">36</td> <td style="text-align: center;">80</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>100-110</b></td> <td style="text-align: center;">75</td> <td style="text-align: center;">50</td> <td style="text-align: center;">110</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>120</b></td> <td style="text-align: center;">90</td> <td style="text-align: center;">72</td> <td style="text-align: center;">110</td> </tr> </tbody> </table>	Vitesse d'approche à vide $V_0$ (Km/h)	Vitesse à l'entrée du biseau $V_s = 0,75 V_0$	Vitesse au nez de sortie $V_E$ (Km/h)	Longueur du biseau (m)	<b>80-90</b>	60	36	80	<b>100-110</b>	75	50	110	<b>120</b>	90	72	110
Vitesse d'approche à vide $V_0$ (Km/h)	Vitesse à l'entrée du biseau $V_s = 0,75 V_0$	Vitesse au nez de sortie $V_E$ (Km/h)	Longueur du biseau (m)														
<b>80-90</b>	60	36	80														
<b>100-110</b>	75	50	110														
<b>120</b>	90	72	110														
<p>3</p> <p><b>Largeur Couloir</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrée = <b>4 m</b></li> <li>• Sortie = <b>5 m</b></li> </ul>	<p>4</p> <p><b>Rayons</b></p> <p>Tourne à droite { Entrée = <b>15 – 20 m</b> Sortie = <b>15 – 25m</b></p> <p>Tourne à gauche { Entrée = <b>12 - 18 m</b> Sortie</p>																
<p>5</p> <p>Longueur îlot = <b>15- 30m</b></p>	<p>6</p> <p>Largeur voie de décelération et insertion</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 m pour <math>V_0 &lt; 100 \text{ km/h}</math></li> <li>• 3.5 m pour <math>V_0 \geq 100 \text{ km/h}</math></li> </ul> <p>Pour notre cas <b>3.5m</b></p>																
<p>7</p> <p>Protection de véhicules tourne à gauche quitter la route principale :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stockage carrefour = <b>3.5m</b></li> <li>• Stockage sur voie spéciale = <b>5 m</b></li> </ul>	<p>8</p> <p>Protection de véhicules tournant à gauche accédant à la route principale (selon type de véhicules):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pour les voitures particulières (VP) = <b>6 m</b></li> <li>- Pour les poids lourds. mais variable en fonction de l'inclinaison (PL) = <b>8 m</b></li> </ul>																

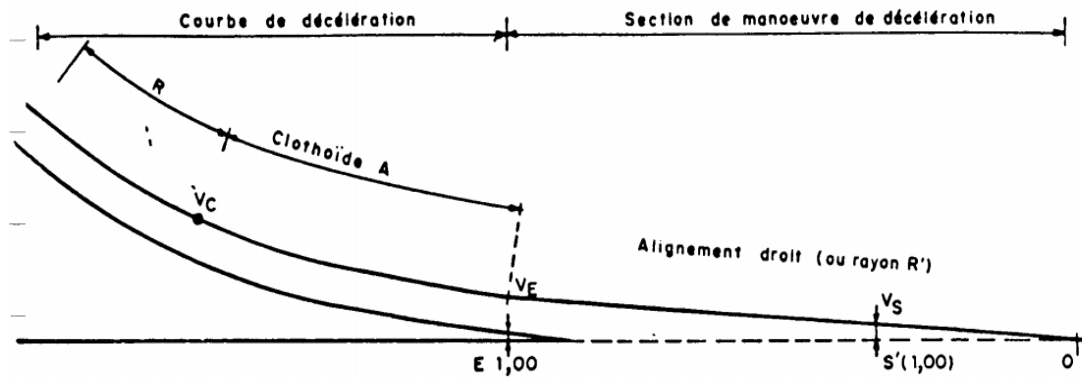


Figure VI .7 : Voie décélération de type diagonal [6].

### Choix 2 :

À l'avenir et avec l'augmentation du trafic dans la route CW126 et l'augmentation du degré de sécurité souhaité, nous avons proposé une solution éliminant tout problème de conflits, en prévoyant des bretelles élémentaires convenables (carrefour dénivelé).

Il s'agit d'un échangeur qui se compose de deux voies décélération pour quitter la route RN 23, et de deux voies d'accélération pour rejoindre la route RN 23 voir (**Figure VI .10**).

### 1-Définition:

Un échangeur est un ouvrage à croisement étagé « niveaux différents » ou un carrefour dénivelé entre deux routes avec raccordement de circulation entre les voies qui se croisent.

En terme plus technique, c'est un dispositif de raccordement entre plusieurs voies de circulation sans croisement à niveau sur l'autoroute permettant d'y accéder ou d'en sortir.

Les croisements à niveau sont éliminés complètement. Ils sont supprimés ou minimisés selon le type d'échangeur à préconiser, on les désignera par [29]:

- nœud : quand il raccorde une voie rapide à une autre voie rapide;
- diffuseur : quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies ordinaires.

### 2-Les avantages de l'échangeur [29]:

- assure la continuité du réseau autoroutier,
- facilite aux usagers un déplacement dans des bonnes conditions de confort et de sécurité;
- évite les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents;

- évite les points d'arrêts qui provoquent des pertes de temps considérables « problèmes d'encombrement, bouchon »;
- évite les contraintes d'arrêt et de reprise.

### 3-Les inconvénients de l'échangeur :

L'inconvénient majeur, entraîne un investissement financier volumineux, c'est pourquoi son utilisation comme solution aux problèmes d'un carrefour doit être clairement justifiée [29].

### 4-Les différents types d'échangeurs :

La conception d'échangeur est toujours influencer par plusieurs facteurs comme la catégorie de l'autoroute, caractères et composition du trafic, la vitesse désignée et le degré de maîtrise d'accès.

Ces contrôles demandent plus d'exigences, économiques de terrains et de droit de passage doit requière d'une grande importance lors de la conception adapter à la capacité du trafic, offrant sécurité.

On connaît un grand nombre de formes d'échangeurs cependant, les types de base ne sont pas nombreux, chaque type peut varier de forme et d'étendue aussi, il y a de nombreuses combinaisons de ces types qui donnaient des formes plus complexes. Un important élément de conception d'échangeur, est l'assemblage d'un ou de plusieurs types de bretelles de base, mais c'est l'aspect coût et conditions du site qui désigne la forme de bretelle à considéré ; selon l'importance des routes à raccorder nous avons déterminé deux classes d'échangeurs [29]:

- échangeur majeur : raccordement autoroute-autoroute (Trèfle complet, bifurcation « Y »);
- échangeur mineur : raccordement autoroute - route (Losange, Demi-trèfle, Trompette).

Tous ceux de la première classe se font à niveau séparé tandis que pour la seconde classe, les branchements au niveau de la route secondaire exigent des cisaillements.

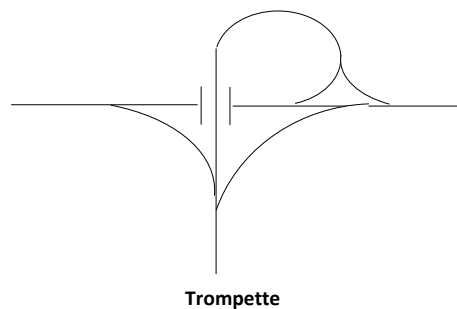
### 3-Echangeur mineur

#### a-La trompette :

D'usage exceptionnel, par exemple raccordement à une route importante parallèle à l'autoroute. Elle est utilisé dans le cas de raccordement entre trois branches il comporte [29]:

- un alignement droit commun à toutes les bretelles ;
- une boucle « entrée ou sortie » ;
- une diagonal de sortie.

Ce schéma est bien adapté pour les accès aux autoroutes à péage, par ce que toute voiture roulant parcourra un sens à l'autre doit obligatoirement passer par alignement droit où on implante la station de péage ; ce type est utilisé même pour les raccordements à quatre branches (**Figure VI .8**).



**Figure VI .8 : Echangeur type trompette.**

#### 4-Choix du site d'implantation :

La conception de l'échangeur exige nécessairement la connaissance de site d'implantation qui permet de mieux apprécier la topographie générale du terrain d'une part ainsi que les contraintes particulières posées par l'existence des constructions publiques et les propriétés privées afin d'éviter les grosses sommes d'indemnisation.

Le site d'implantation doit permettre en particulier la possibilité d'appliquer les normes, notamment en ce qui concerne le dimensionnement des accès et les contraintes de visibilité.

Il est conseillé d'éviter au maximum le choix des sites :

- dans des zones de grands déblais;
- en courbe de faible rayon;
- dans les sections de forte déclivité.

### 5-Choix de l'échangeur :

Le future échangeur reliera la route RN 23 (2x2 voies) avec le chemin de wilaya CW126 de (2x1voies) est de trafic faible.

Pour relier ces deux axes routiers nous avons choisi un échangeur mineur du type trompette pour les raisons suivantes :

- assurer la sécurité des usagés de cet échangeur car la trempette offre une belle visibilité;
- le schéma est bien adapté pour l'accès à l'autoroute à péage.

#### ● **Les avantages :**

- un schéma simple;
- elle est économique;
- assure un écoulement sans conflit;
- construction moins coûteuse par rapport aux autres schémas.

#### ● **Les inconvénients :**

- ouvrage de franchissement est un peu large;
- la visibilité est plus élevée;
- elle s'adapte au carrefour à trois branches.

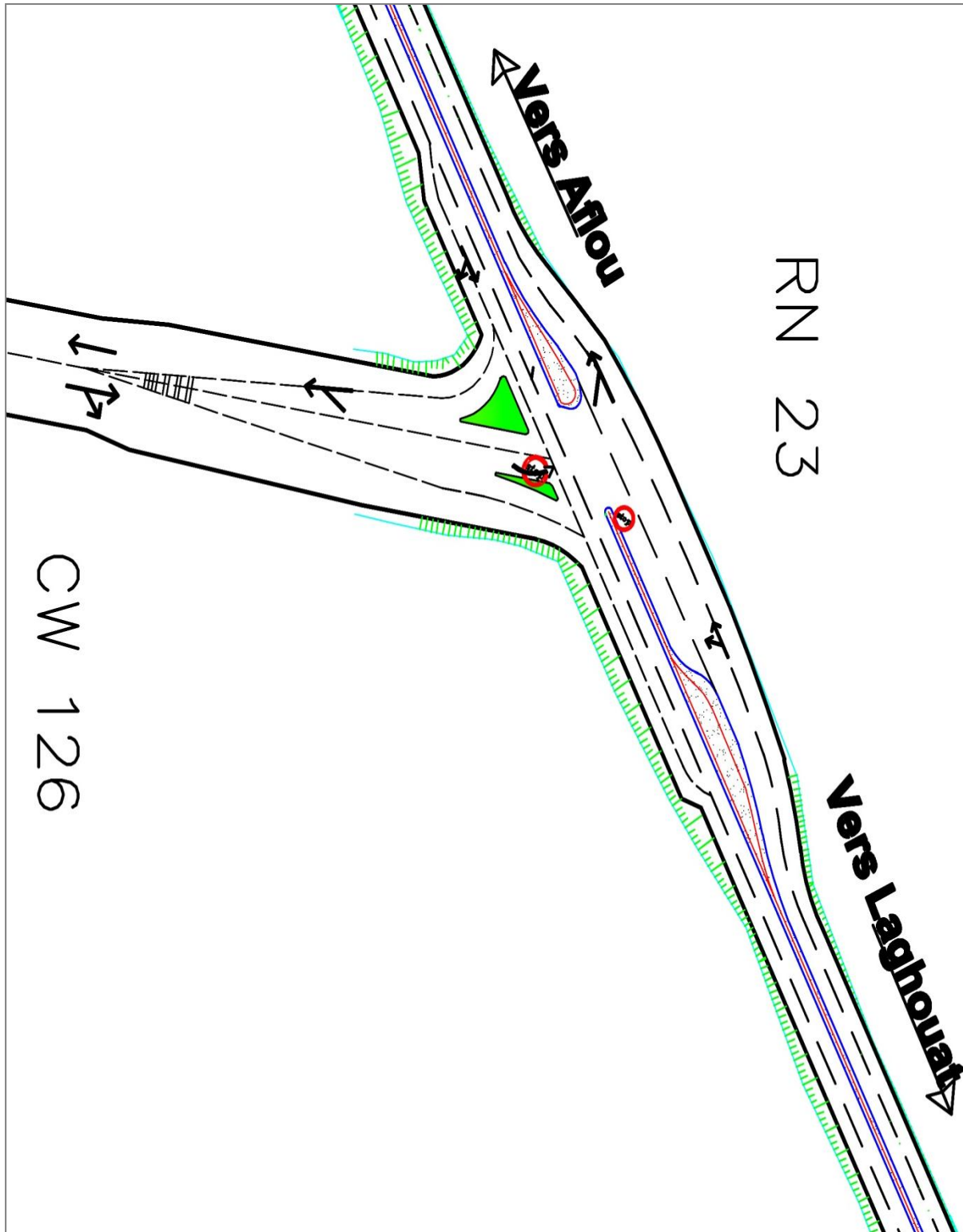


Figure VI .9 : Choix 1.

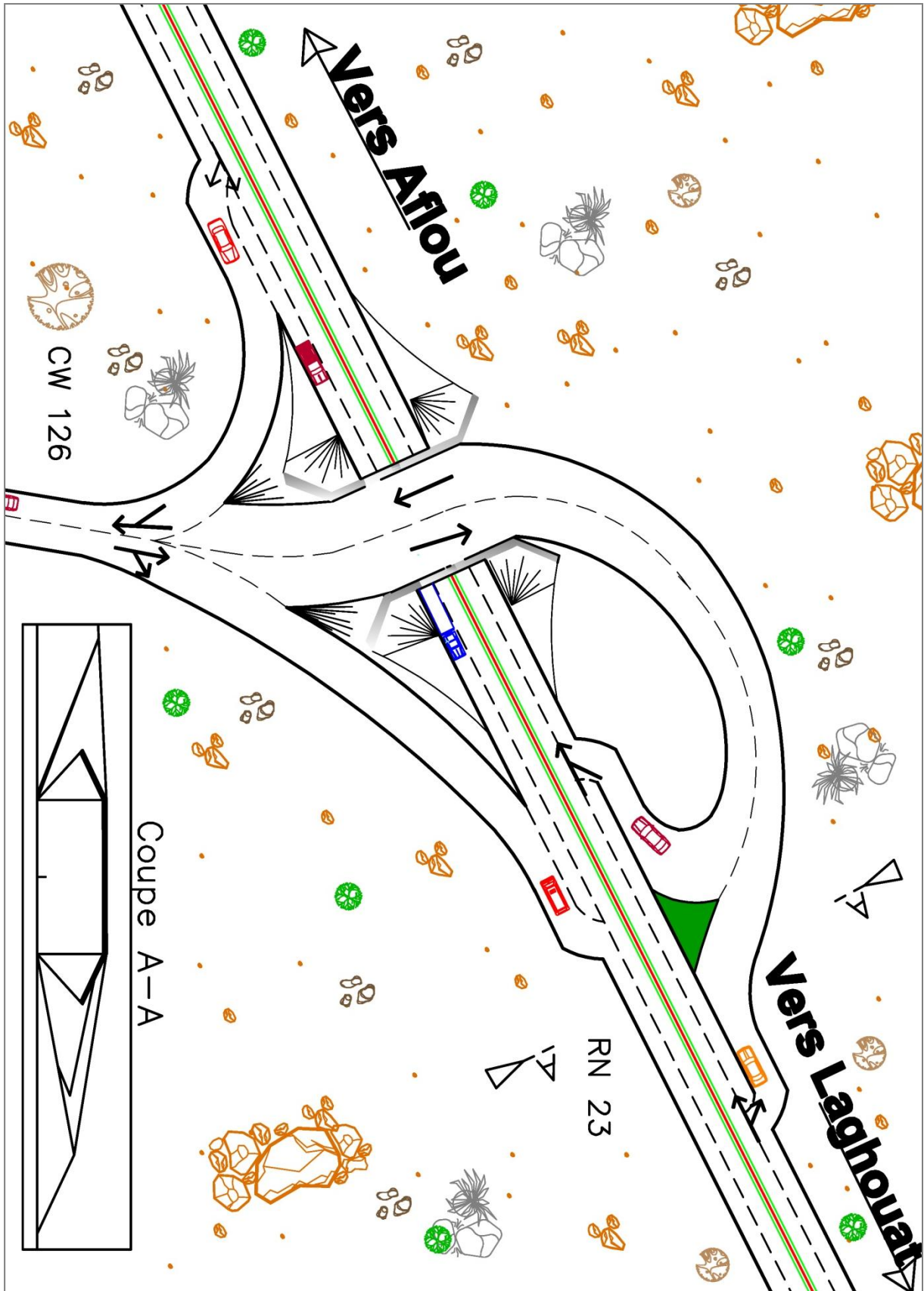


Figure VI .10 : Choix 2.

## II-ASSAINISSEMENT

### II.1- INTRODUCTION

Les écoulements naturels et les eaux superficielles se font par des ouvrages busés ou maçonnés. Les écoulements franchissant la route proviennent des bassins versants et des eaux de pluie reçues sur la plate-forme de la route.

L'assainissement de la plate-forme est assuré par des fossés bétonnés trapézoïdaux selon les pentes des profils en long.

La présente étude d'assainissement consiste principalement à [25]:

- assurer l'assainissement existant au niveau de la route (ouvrage busés, ouvrage en maçonnerie, fossés en terre ou fossés bétonnés);
- calcul des débits d'apport (naturels) et dimensionnement des ouvrages de franchissement;
- assainissement de la plate-forme de la route;
- solutions retenues.

### II.2- OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants [14]:

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

### II.3- TYPE DES DÉGRADATIONS

Les ruissellements des eaux en surfaces de la route engendre de grave dégât à cause de mauvais drainage et entretien. Ces dégradations se présentent sous forme de [25]:

**➤ Pour les chaussées :**

- affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées);
- décollement des bords (affouillement des flancs);
- désenrobage;
- nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un important trafic).

**➤ Pour le talus :**

- glissement;
- érosion;
- affouillements du pied de talus.

**II.4- TYPE DES CANALISATIONS**

L'évacuation des eaux hors ouvrage s'effectue par le biais de dispositifs adéquats appelés «canalisations » ; son réseau est partagé en deux catégories [24]:

- les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cunettes, caniveaux);
- ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur).

**II.5- ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSEE**

La détermination du débouché à donner aux ouvrages tels que dalots, ponceaux, ponts, etc. dépend du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations. Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire [17].

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 un moindre coût.

**a) Fossé de pied du talus de déblai :**

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

Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale. Ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 % [23].

### **b) Fossé de crête de déblai :**

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penchée vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate-forme (**Figure VI.11**) [14].

### **c) Fossé de pied de talus de remblai :**

Le fossé est en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement). Ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme pour de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau [14].

### **d) Drain :**

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant l'autoroute (**Figure VI.11**). Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements.

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

### **e) Descentes d'eau :**

Dans les sections d'autoroute en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau (**Figure VI.11**). Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1 %, leur espacement est varié entre 30 m et 40 m [17].

## **II.6- DEFINITIONS DES TERMES HYDRAULIQUE**

### **a) Bassin versant :**

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

**b) Collecteur principal (canalisation) :**

C'est la Conduite principale récoltant les eaux des autres conduites (dites collecteurs secondaires), recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines (**Figure VI.11**) [23].

**c) Chambre de visite (cheminée) :**

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

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

**d) 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 entraîné, par les eaux superficielles [23].

**e) Fossés de crêtes :**

C'est un outil construit à fin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des pluies (**Figure VI.11**) [24].

**f) Décante d'eau :**

Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes (**Figure VI.11**) [24].

**g) 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 (**Figure VI.11**) [17].

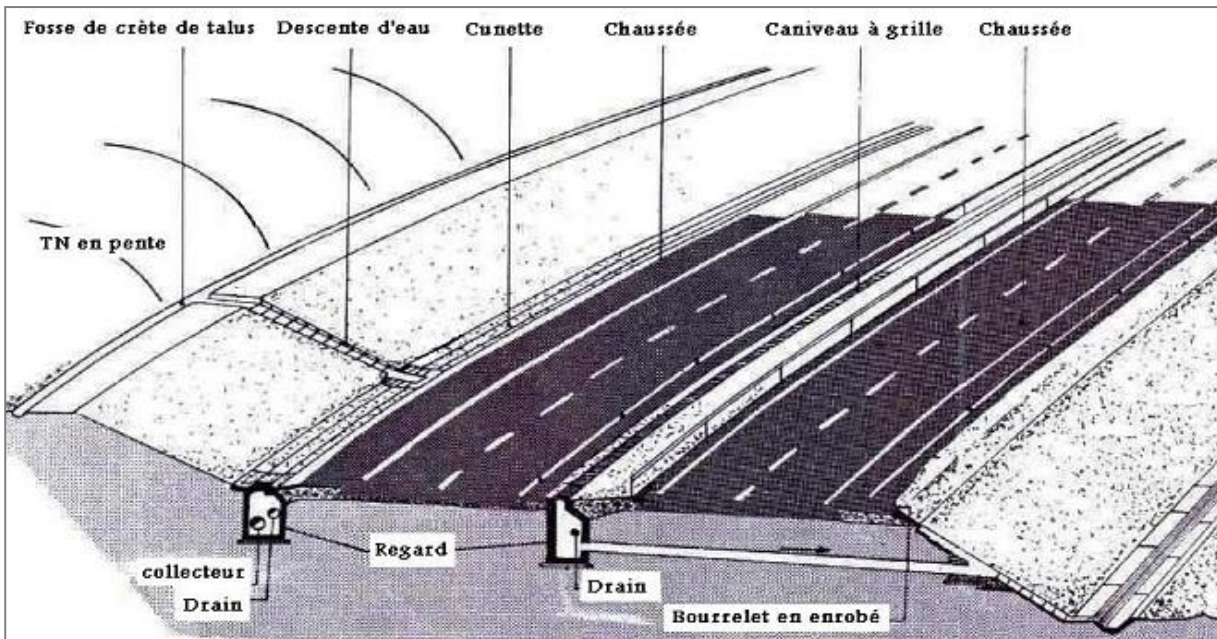


Figure VI .11 : L'emplacement des ouvrages d'assainissements [24].

## II.7- LES OUVRAGES DES ECOULEMENTS DES EAUX

En général les ouvrages d'évacuations des eaux superficielles ou sous chaussée sont nombreux, parmi lesquels ceux qui ont traversé notre route sont les suivantes [15]:

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

### II.7.1 Passages submersibles :

Les passages submersibles sont des ouvrages qui servent à protéger la chaussée contre les dégradations causées par les eaux, et qui assurent superficiellement l'écoulement des eaux lorsque leur volume est plus important [16].

### II.7.2 Fossés :

Ce sont des tranchées creusées en longueur dans le sol et servent à délimiter les terrains ou à l'écoulement de l'eau de ruissellement [16].

### II.7.3 Les dalots:

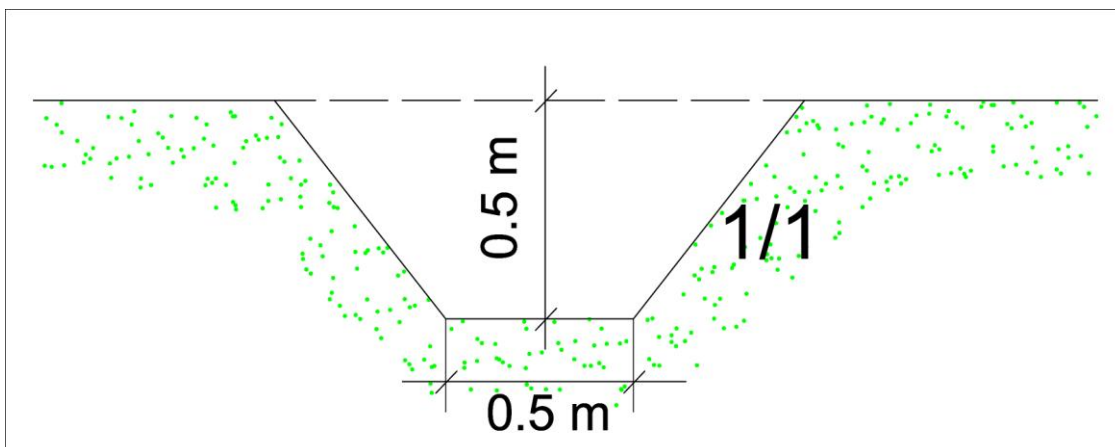
Les dalots ont le même rôle que les buses, ils servent à évacuer les eaux sous chaussée, leurs dimensions aussi varient suivant l'importance de la profondeur du bassin versant, généralement ils sont rectangulaires ou carrés [16].

### II.8- APPLICATION A NOTRE PROJET

#### ➤ Les ouvrages fossés:

Pour l'assainissement longitudinal de la nouvelle double voie, nous avons projeté selon la B40 choisie la forme montrée sur la **Figure VI .12**.

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



**Figure VI .12 : Détails des fossés trapézoïdaux en terre.**

#### ➤ Les ouvrages busés:

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

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

Concernant le nouveau projet, on recommande de garder le même type d'ouvrage au niveau de ce tronçon comme indiqué dans le (**Tableau IV.6**).

Les ouvrages d'assainissement existant dans l'ancienne voie sont pour noter tronçon les passages busés.

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

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

**Tableau IV .6: Les ouvrages busé existants pour cette tronçon.**

PK	TYPE	DEMONSION	PROPOSITION
PK 324+300	Ouvrage busé	1ø1000	Prolongement
PK 324+400	Ouvrage busé	1ø1000	Prolongement
PK 325+500	Ouvrage busé	1ø1000	Prolongement
PK 325+900	Ouvrage busé	1ø1000	Prolongement
PK 326+500	Ouvrage busé	1ø1000	Prolongement
PK 326+900	Ouvrage busé	1ø1000	Prolongement
PK 327+050	Ouvrage busé	2ø1000	Prolongement
PK 327+200	Ouvrage busé	1ø1000	Prolongement
PK 328+500	Ouvrage busé	1ø1000	Prolongement

### III. CONCLUSION

Puisque le tronçon de la route (RN23) étudié dans le présent travail contient une intersection avec le chemin CW126, nous avons essayé, dans ce chapitre, de procéder à l'aménagement de ce croisement routier. Des solutions qui assurent la sécurité des usagers et la fluidité de la circulation ont été proposées: une solution économique qui peut être proposée actuellement et une autre plus ou moins couteuse pour l'avenir lorsque le trafic sera plus important. Une étude hydraulique assurant le drainage des différentes parties de notre tronçon de route a également été menée.

# **CONCLUSION GÉNÉRALE**

## CONCLUSION GÉNÉRALE

Le présent travail concerne l'étude d'un tronçon du projet de dédoublement de la route nationale RN23 entre "Laghouat –Aflou" qui va donner un nouveau souffle au développement durable de la région et va permettre d'assurer le confort et la sécurité des usagers.

Dans cette étude on a essayé de respecter toutes les contraintes et les normes existantes qu'on ne peut pas négliger et on a pris en considération toutes les conditions nécessaires, tels que le confort et la sécurité des usagers ainsi que l'économie et la préservation de l'environnement. On a essayé également de suivre au maximum possible le tracé de la route existante tout en corrigeant les tronçons non conformes et en supprimant tous les points faibles. Par conséquent le tracé en plan, le profil en long, les profils en travers ainsi que la cubature ont été étudiés.

Pour dimensionner notre chaussée nous avons opté pour la méthode CBR et la méthode du catalogue des chaussées. Une comparaison a été faite où on a noté que le dimensionnement par la méthode de CBR est plus facile et plus économique.

Ajoutons à tout cela que cette méthode est la plus utilisée en Algérie.

A la fin de cette étude, un embranchement qui conduit à Oued Moura (CW126) a été aménagé. Deux choix de croisement routier ont été présentés tout en vérifiant toutes les conditions de sécurité et de fluidité. Cette partie d'étude a été suivie par l'étude de l'assainissement du tronçon de la route envisagé.

Cette étude nous a permis aussi d'être en face des problèmes techniques et administratifs qui peuvent se présenter dans un projet routier. C'était aussi une grande occasion pour connaître les étapes de déroulement d'un projet des travaux publics plus particulièrement les projets routiers avec l'utilisation des logiciels de calcul et de dessin relatifs aux projets routiers, notamment le PISTE 5.05 et l'AUTOCAD.

En effet, dans ce projet, on a essayé de faire une étude complète et générale qui englobe toutes les étapes importantes de l'étude d'un projet de routes. Bien qu'elle ne soit pas parfaitement achevée, on peut dire que sa richesse technique, nous a été très bénéfique et complémentaire pour notre formation, en touchant une multitude de branches du domaine des travaux publics, qu'un bon ingénieur doit connaître.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- [1] *Google Maps*, 25-févr-2018.
- [2] « CONTEXTE GEOLOGIQUE -Laghouat ». DTP-laghouat, 11-nov-2014.
- [3] « CLIMAT: LAGHOUAT », *www.fr.climate-data.org*, 11-mars-2018. .
- [4] P. Gauckler, « Origine des eaux qui servent à l'irrigation de Laghouat », in *Origine des eaux qui servent à l'irrigation de Laghouat*, 1908, p. 83-84.
- [5] « POINTS D'EAU-laghouat ». DTP-laghouat, 11-nov-2014.
- [6] ministre des travaux publics, *B40.Normes technique d'aménagement des routes*. Algérie, 1977.
- [7] M. Faure, « Route les cours de L'ENTP », in *Route les cours de L'ENTP*, vol. 1, Lyon: ELEAS, 1997.
- [8] R. Coquand, *Route circulation tracé et construction*, vol. 1. Paris: eyrolles, 1969.
- [9] L. Z et L. D, « Etude de modernisation de la RN 17 à SIDI BEL ABBES entre (SIDI ALI BEN YOUB et TENIRE) sur 18Km.mimoire d'ingénieur. », Alger kouba, 2008.
- [10] M. AZZI et M. HADJ KOUIDER, « Etude Géotechnique du la route de la rocade d'Alger entre Boudouaou et Zéralda », Mémoire d'ingénieur, ENTP Alger, 2005.
- [11] TRIAW et Sandoumbé, « Dimensionnement mécanistique-empirique des structures de chaussée », Projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur de conception en génie civil, Dakar.
- [12] SETRA-LCPC, *Chapitre 2 caractéristiques générales des chaussées. Guide technique*. Ministère de l'Équipement des Transports et du Tourisme, 1994.
- [13] LCPC-SETRA, *Réalisation des remblais et des couches de forme*. Paris: Bagnaux, 2000.
- [14] LCPC - SETRA, *Guide Technique de l'Assainissement Routier*. SETRA, 2006.
- [15] François et G. Brière, *Distribution et collecte des eaux*. Ecole polytechnique de Montréal, 2000.

- [16] Angelbert et C. Biaou, *Cours d'hydraulique routière*. 2009.
- [17] LCPC -SETRA, *Guide Technique de l'Assainissement Routier et protection de la ressource en eau*. 2009.
- [18] *Catalogue de DIMENSIONNEMENT des Chaussées Neuves Fascicule 1,3*. Ministère des Travaux Public Direction des Routes, 2001.
- [19] LCPC -SETRA, *Catalogue des structures types de chaussées neuves*. Paris : Bagnaux: ministres de l'équipement des transports et du logement, 1998.
- [20] LCPC-SETRA, *Conception et réalisation des terrassements Fascicule 3 : méthodes d'essais*. 1986.
- [21] R. Sauterey et G. Joefroy, *Dimensionnement des chaussées*. Paris: Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 1991.
- [22] LCPC-SETRA, *dimensionnement des structures de chaussées.Guide technique*. 2009.
- [23] SETRA, *Dispositifs de traitement des eaux pluviales*, vol. Volume 7. Paris : Bagnaux, 1997.
- [24] LCPC-SETRA, *Collecte des eaux*. 2001.
- [25] K. Mustapha, « ETUDE DE DEDOUBLEMENT ROUTIERDE LA RN47 SUR 08km ENTRE la ville d'ELBAYADH et centre universitaire », Pour l'obtention du diplôme d'INGENIEUR D'ETAT en Génie civil Option : V.O.A, UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN, 2014.
- [26] A. Zakaria, « Etude de la réhabilitation du chemin de wilaya CW54 », mémoire d'ingénieur, UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID TLEMCEN, 2009.
- [27] B. Nadir et B. Nasreddine, « Etude de la route reliant Robbah-Hassi Messoued sur 48 Km du PK 60 au PK 108 lot N°01 du PK 60 au PK 76 sur 16 Km », Pour l'Obtention du Diplôme MASTER 2 : E.C.B.R, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, 2017.
- [28] M. Mohammed et O. Abd Ellatif, « Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN 01 entre le commun Bouzbuyar et le cheffe lieu de Laghouat (du PK 516 au PK 522) », Mémoire De FIN D'étude Pour l'obtention du diplôme de Master, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA, 2016.

- [29] Z. abdelhafid et M. youcef, «ETUDE TECHNIQUE D'UN TRONCON D'UNE ROUTE EVITEMENT DE LA VILLE SFISEF SUR 7 KM », Mémoire pour l'Obtention du Diplôme de Master en Génie Civil, Université Abou bekr Belkaid Tlemcen, 2013.
- [30] SETRA, *les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison*. Paris : Bagnaux, 2000.
- [31] M. Ali et G. Abdessamie, «REHABILITATION DE LA ROUTE NATIONALE N 97 ENTRE SIDI BEL ABBES ET MASCARA SUR 19 KM », Mémoire pour l'Obtention du Diplôme de Master en Génie Civil, Université Aboubekr Belkaid Tlemcen, 2014.

# **LES ANNEXES**

# ANNEXE A

## A-1. Description géotechnique du sol support

N° du Puits	PK	Nature du sol support	Profondeur (cm)
01	324+000	Sable graveleux limoneux	60 – 70
02	325+000	Limon sableux	70 – 80
03	326+000	Grave sablo limoneux	60 – 90
04	327+000	Sable limoneux graveleux	40 – 70
05	328+000	Sable limoneux graveleux	80 – 110
06	329+000	Sol graveleux	60 – 130

## A-2. Les essais d'identification.

Puits	Analyse granulométrique (%)							Limites d'Atterberg			ES (%)
	<31.5 mm	< 10 Mm	< 02 mm	< 01 mm	< 0.4 mm	< 0.2 mm	< 0.08 mm	WL (%)	WP (%)	IP (%)	
01	98	92	78	67	58	32	18	42.13	29.67	12.46	21.82
02	100	100	98	95	84	62	48	36.54	17.20	19.34	17.85
03	84	76	62	55	50	37	28	44.76	30.01	14.71	25.21
04	97	90	79	72	64	41	25	37.81	22.39	15.42	20.33
05	98	94	85	82	72	50	39	33.88	17.43	16.45	11.95
06	92	88	78	72	66	48	28	39.62	22.15	17.47	25.54

- **ES. Equivalent de sable**

**A-3. Les essais chimiques.**

Echantillon	Caractéristiques		
	Insolubles (%)	Sulfates (%)	Carbonates (%)
<b>01</b>	48.0	NEANT	48
<b>02</b>	45.3	NEANT	50
<b>03</b>	51.2	NEANT	46
<b>04</b>	89.5	NENAT	05
<b>05</b>	61.4	NEANT	36
<b>06</b>	46.1	NENAT	52

**A-4. Les essais mécaniques.**

Puits	Caractéristiques Proctor		Indice CBR Imbibé (4Jours)	Classe de portance	Classification selon NFP 11- 300
	Teneur en eau optimale (%)	Densité sèche maximale (t/m <sup>3</sup> )			
01	07.40	2.03	16.65	S2	B6
02	06.30	2.05	21.33	S2	A2
03	07.10	2.06	23.10	S2	B6
04	08.20	2.10	11.09	S2	B6
05	08.60	2.08	24.51	S2	A2
06	07.90	2.06	22.79	S2	B5

**A-5. Classification d'après le RTR.**

Puits	Caractéristiques granulométriques	Caractéristiques physiques	Classification
<b>P2 - P5</b>	D < 50mm Tamisât à 80µm >35%	12 < I <sub>p</sub> < 25 ou 2.5 < VBS < 6	<b>A2 - Sables fins argileux, limons,</b>
<b>P14</b>	D < 50mm 12 < Tamisât à 80µm <35%	I <sub>p</sub> < 12 ou VBS < 1.5	<b>B5 - Sol sableux et graveleux avec fines</b>
<b>P1 - P3 - P4</b>	D < 50mm 12 < Tamisât à 80µm <35%	I <sub>p</sub> > 12 ou VBS > 1.5	<b>B6 - Sables et graves argileux</b>

**A-6.Résultats analyses matériau de gîte.**

Essais	Diamètre	P1	P2	P3	P4
<b>Analyse granulométrique par tamisage</b>	<b>&lt; à 31,5 mm</b>	94	88	92	88
	<b>&lt; à 10 mm</b>	82	58	83	75
	<b>&lt; à 02 mm</b>	62	40	66	56
	<b>&lt; à 01 mm</b>	52	34	57	42
	<b>&lt; à 0,4 mm</b>	44	26	50	48
	<b>&lt; à 0,2 mm</b>	26	14	32	33
	<b>&lt; à 0.08 mm</b>	16	10	22	20
<b>Limites d'atterberg (%)</b>	<b>Limite- liquidité</b>	35.93	22.53	42.87	37.35
	<b>Limite-plasticité</b>	20.74	10.95	20.13	24.55
	<b>Indice-plasticité</b>	15.19	11.58	22.74	12.80
<b>Caractéristiques Proctor</b>	<b>W<sub>OPM</sub> (%)</b>	08.7	08.2	12.1	10.35
	<b><math>\gamma_d</math> (t/m<sup>3</sup>)</b>	1.99	2.13	1.87	1.88
<b>Analyses chimiques</b>	<b>Insolubles(%)</b>	52	73	63	68
	<b>Carbonates(%)</b>	43	21	34	25
	<b>Sulfates(%)</b>	Néant	Néant	Néant	Néant
<b>Classification</b>		B6	B5	B6	B6

**A-7.Resistance à la compression simple.**

PUITS	Resistance à la compression simple (bars)			Classification	Destination
	95%	98%	100%		
<b>P1</b>	18.46	22.87	25.39	B6	Utilisable en couche de terrassement et en, couche de forme
<b>P2</b>	14.16	16.88	19.28	B5	
<b>P3</b>	20.41	24.58	26.63	B6	
<b>P4</b>	19.37	23.60	26.33	B6	

# ANNEXE B

## TRACE EN PLAN

**Logiciel:** Piste 5.05

**Projet:** Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN23 enter (Pk324-329)

**Longueur de l'axe:** 5116.376 m

ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
=====>			0	742194.349	4002555.47
Droit 1	ANGL = 38.781°	185.564			
=====>			185.564	742339.003	4002671.7
Cercle 1	XC= 744343.325				
	YC= 4000177.162				
	R = -3200.000	471.085			
=====>			656.649	742726.588	4002938.71
Droit 2	ANGL = 30.347°	2740.334			
=====>			3396.983	745091.454	4004323.21
Cercle avec raccordement progressive	A = 324.000				
	Rf= -667.000				
	L = 157.385				
=====>			3554.368	745230.21	4004397.28
	XC= 745497.103				
	YC= 4003786.006				
	R = -667.000				
	L = 61.112				
=====>			3615.48	745287.258	4004419.14
	Rd= -667.000				
	A = 324.000				
	L = 157.385	375.883			
=====>			3772.866	745439.986	4004456.74
Droit 3	ANGL = 11.578°	1343.51			
=====>			5116.376	746756.161	4004726.37

## PROFIL EN LONG

**Logiciel:** Piste 5.05

**Projet:** Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN23 enter (Pk324-329)

**Longueur de l'axe:** 5116.376 m

ELEM	CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS	LONGUEUR	ABSCISSE	Z
=====>			0	1544.512
Droit 1	PENTE= 2.196 %	183.009		
=====>			183.009	1548.531
PR1	S= 446.5031 Z=1551.4235			
	R = -12000.00	427.122		
=====>			610.131	1550.308
Droit 2	PENTE= -1.364 %	1334.168		
=====>			1944.298	1532.116
PR2	S= 2026.1123 Z=1531.5579			
	R = 6000.00	179.783		
=====>			2124.082	1532.358
Droit 3	PENTE= 1.633 %	358.332		
=====>			2482.413	1538.209
PR3	S= 2776.3209 Z=1540.6082			
	R = -18000.00	635.173		
=====>			3117.587	1537.373
Droit 4	PENTE= -1.896 %	321.86		
=====>			3439.447	1531.271
PR4	S= 3211.9362 Z=1533.4276			
	R = -12000.00	282.806		
=====>			3722.253	1522.577
Droit 5	PENTE= -4.253 %	106.851		
=====>			3829.104	1518.033
PR5	S= 4084.2626 Z=1512.6072			
	R = 6000.00	186.832		
=====>			4015.936	1512.996
Droit 6	PENTE= -1.139 %	1100.44		
=====>			5116.376	1500.465

## TABULATION

**Logiciel:** Piste 5.05

**Projet:** Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN23 enter (Pk324-329)

**Longueur de l'axe:** 5116.376 m

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	COTE TN	COTE PROJET	X PROFIL	Y PROFIL	ANGLE PROFIL	DEV GAU	DEV DRO
1	0	1544.512	1544.512	742194.349	4002555.47	308.781°	2.5	-2.5
2	50	1546.084	1545.61	742233.326	4002586.79	308.781°	2.5	-2.5
3	100	1547.687	1546.708	742272.303	4002618.1	308.781°	2.5	-2.5
4	150	1549.434	1547.806	742311.28	4002649.42	308.781°	2.5	-2.5
5	185.564	1550.335	1548.587	742339.003	4002671.7	308.781°	2.5	-2.5
6	200	1550.64	1548.892	742350.277	4002680.71	308.523°	2.5	-2.5
7	250	1551.333	1549.815	742389.637	4002711.55	307.628°	2.5	-2.5
8	300	1551.501	1550.529	742429.474	4002741.76	306.732°	2.5	-2.5
9	350	1552.225	1551.036	742469.777	4002771.35	305.837°	2.5	-2.5
10	400	1552.42	1551.333	742510.539	4002800.31	304.942°	2.5	-2.5
11	450	1552.046	1551.423	742551.747	4002828.62	304.047°	2.5	-2.5
12	500	1551.677	1551.304	742593.393	4002856.29	303.151°	2.5	-2.5
13	550	1551.166	1550.977	742635.467	4002883.31	302.256°	2.5	-2.5
14	600	1550.873	1550.442	742677.957	4002909.66	301.361°	2.5	-2.5
15	650	1550.239	1549.764	742720.854	4002935.35	300.466°	2.5	-2.5
16	656.649	1550.135	1549.674	742726.588	4002938.71	300.347°	2.5	-2.5
17	700	1549.338	1549.083	742764	4002960.62	300.347°	2.5	-2.5
18	750	1548.062	1548.401	742807.149	4002985.88	300.347°	2.5	-2.5
19	800	1546.465	1547.719	742850.298	4003011.14	300.347°	2.5	-2.5
20	850	1545.048	1547.037	742893.447	4003036.4	300.347°	2.5	-2.5
21	900	1543.774	1546.355	742936.597	4003061.66	300.347°	2.5	-2.5
22	950	1543.795	1545.674	742979.746	4003086.92	300.347°	2.5	-2.5
23	1000	1543.057	1544.992	743022.895	4003112.18	300.347°	2.5	-2.5
24	1050	1542.002	1544.31	743066.044	4003137.45	300.347°	2.5	-2.5
25	1100	1541.562	1543.628	743109.193	4003162.71	300.347°	2.5	-2.5
26	1150	1540.812	1542.947	743152.343	4003187.97	300.347°	2.5	-2.5
27	1200	1540.21	1542.265	743195.492	4003213.23	300.347°	2.5	-2.5
28	1250	1539.497	1541.583	743238.641	4003238.49	300.347°	2.5	-2.5
29	1300	1538.846	1540.901	743281.79	4003263.75	300.347°	2.5	-2.5
30	1350	1538.098	1540.219	743324.94	4003289.02	300.347°	2.5	-2.5
31	1400	1537.539	1539.538	743368.089	4003314.28	300.347°	2.5	-2.5
32	1450	1536.778	1538.856	743411.238	4003339.54	300.347°	2.5	-2.5
33	1500	1536.147	1538.174	743454.387	4003364.8	300.347°	2.5	-2.5

34	1550	1535.476	1537.492	743497.537	4003390.06	300.347°	2.5	-2.5
35	1600	1534.573	1536.81	743540.686	4003415.32	300.347°	2.5	-2.5
36	1650	1534.275	1536.129	743583.835	4003440.58	300.347°	2.5	-2.5
37	1700	1533.32	1535.447	743626.984	4003465.85	300.347°	2.5	-2.5
38	1750	1532.41	1534.765	743670.133	4003491.11	300.347°	2.5	-2.5
39	1800	1531.371	1534.083	743713.283	4003516.37	300.347°	2.5	-2.5
40	1850	1530.418	1533.401	743756.432	4003541.63	300.347°	2.5	-2.5
41	1900	1529.85	1532.72	743799.581	4003566.89	300.347°	2.5	-2.5
42	1950	1529.878	1532.041	743842.73	4003592.15	300.347°	2.5	-2.5
43	2000	1529.926	1531.615	743885.88	4003617.42	300.347°	2.5	-2.5
44	2050	1529.763	1531.605	743929.029	4003642.68	300.347°	2.5	-2.5
45	2100	1530.352	1532.013	743972.178	4003667.94	300.347°	2.5	-2.5
46	2150	1530.962	1532.781	744015.327	4003693.2	300.347°	2.5	-2.5
47	2200	1532.38	1533.597	744058.477	4003718.46	300.347°	2.5	-2.5
48	2250	1534.422	1534.414	744101.626	4003743.72	300.347°	2.5	-2.5
49	2300	1536.299	1535.23	744144.775	4003768.98	300.347°	2.5	-2.5
50	2350	1538.08	1536.047	744187.924	4003794.25	300.347°	2.5	-2.5
51	2400	1539.497	1536.863	744231.073	4003819.51	300.347°	2.5	-2.5
52	2450	1540.411	1537.679	744274.223	4003844.77	300.347°	2.5	-2.5
53	2500	1540.818	1538.487	744317.372	4003870.03	300.347°	2.5	-2.5
54	2550	1541.283	1539.185	744360.521	4003895.29	300.347°	2.5	-2.5
55	2600	1541.663	1539.745	744403.67	4003920.55	300.347°	2.5	-2.5
56	2650	1542.224	1540.165	744446.82	4003945.81	300.347°	2.5	-2.5
57	2700	1542.717	1540.446	744489.969	4003971.08	300.347°	2.5	-2.5
58	2750	1543.169	1540.589	744533.118	4003996.34	300.347°	2.5	-2.5
59	2800	1543.394	1540.593	744576.267	4004021.6	300.347°	2.5	-2.5
60	2850	1543.242	1540.457	744619.417	4004046.86	300.347°	2.5	-2.5
61	2900	1542.732	1540.183	744662.566	4004072.12	300.347°	2.5	-2.5
62	2950	1542.145	1539.77	744705.715	4004097.38	300.347°	2.5	-2.5
63	3000	1541.883	1539.218	744748.864	4004122.65	300.347°	2.5	-2.5
64	3050	1540.516	1538.528	744792.013	4004147.91	300.347°	2.5	-2.5
65	3100	1538.84	1537.698	744835.163	4004173.17	300.347°	2.5	-2.5
66	3150	1536.681	1536.759	744878.312	4004198.43	300.347°	2.5	-2.5
67	3200	1534.681	1535.811	744921.461	4004223.69	300.347°	2.5	-2.5
68	3250	1532.889	1534.863	744964.61	4004248.95	300.347°	2.5	-2.5
69	3300	1531.651	1533.915	745007.76	4004274.21	300.347°	2.5	-2.5
70	3350	1531.163	1532.967	745050.909	4004299.48	300.347°	2.5	-2.5
71	3396.983	1530.743	1532.076	745091.454	4004323.21	300.347°	2.5	-2.5
72	3400	1530.718	1532.019	745094.058	4004324.74	300.344°	2.32	-2.5
73	3450	1530.268	1531.066	745137.326	4004349.79	299.580°	-0.7	-2.5
74	3500	1529.495	1529.97	745181.211	4004373.75	297.450°	-3.72	-3.72
75	3550	1528.203	1528.666	745226.213	4004395.52	293.957°	-6.74	-6.74
76	3554.368	1528.061	1528.542	745230.21	4004397.28	293.587°	-7	-7

77	3600	1527.006	1527.153	745272.622	4004414.1	289.667°	-7	-7
78	3615.48	1526.206	1526.642	745287.258	4004419.14	288.337°	-7	-7
79	3650	1524.314	1525.432	745320.273	4004429.21	285.697°	-4.92	-4.92
80	3700	1522.381	1523.502	745368.731	4004441.51	283.026°	-1.9	-2.5
81	3750	1519.833	1521.397	745417.589	4004452.13	281.720°	1.12	-2.5
82	3772.866	1518.751	1520.424	745439.986	4004456.74	281.578°	2.5	-2.5
83	3800	1517.22	1519.27	745466.568	4004462.18	281.578°	2.5	-2.5
84	3850	1515.286	1517.18	745515.551	4004472.22	281.578°	2.5	-2.5
85	3900	1513.882	1515.437	745564.534	4004482.25	281.578°	2.5	-2.5
86	3950	1512.854	1514.109	745613.516	4004492.29	281.578°	2.5	-2.5
87	4000	1511.218	1513.199	745662.499	4004502.32	281.578°	2.5	-2.5
88	4050	1511.304	1512.608	745711.482	4004512.36	281.578°	2.5	-2.5
89	4100	1510.806	1512.039	745760.464	4004522.39	281.578°	2.5	-2.5
90	4150	1510.506	1511.469	745809.447	4004532.43	281.578°	2.5	-2.5
91	4200	1510.094	1510.9	745858.43	4004542.46	281.578°	2.5	-2.5
92	4250	1510.364	1510.331	745907.412	4004552.49	281.578°	2.5	-2.5
93	4300	1509.24	1509.761	745956.395	4004562.53	281.578°	2.5	-2.5
94	4350	1508.76	1509.192	746005.378	4004572.56	281.578°	2.5	-2.5
95	4400	1508.395	1508.623	746054.361	4004582.6	281.578°	2.5	-2.5
96	4450	1507.977	1508.053	746103.343	4004592.63	281.578°	2.5	-2.5
97	4500	1507.312	1507.484	746152.326	4004602.67	281.578°	2.5	-2.5
98	4550	1506.593	1506.914	746201.309	4004612.7	281.578°	2.5	-2.5
99	4600	1505.947	1506.345	746250.291	4004622.74	281.578°	2.5	-2.5
100	4650	1505.664	1505.776	746299.274	4004632.77	281.578°	2.5	-2.5
101	4700	1505.45	1505.206	746348.257	4004642.81	281.578°	2.5	-2.5
102	4750	1504.988	1504.637	746397.239	4004652.84	281.578°	2.5	-2.5
103	4800	1504.341	1504.067	746446.222	4004662.88	281.578°	2.5	-2.5
104	4850	1503.559	1503.498	746495.205	4004672.91	281.578°	2.5	-2.5
105	4900	1502.889	1502.929	746544.188	4004682.95	281.578°	2.5	-2.5
106	4950	1502.037	1502.359	746593.17	4004692.98	281.578°	2.5	-2.5
107	5000	1501.288	1501.79	746642.153	4004703.02	281.578°	2.5	-2.5
108	5050	1500.47	1501.22	746691.136	4004713.05	281.578°	2.5	-2.5
109	5100	1500.48	1500.651	746740.118	4004723.08	281.578°	2.5	-2.5
110	5116.376	1500.465	1500.465	746756.161	4004726.37	281.578°	2.5	-2.5

## VOLUMES TERRASSEMENT (CUBATURES)

**Logiciel de calcul:** Piste 5.05

**Projet:** Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN23 enter (Pk324-329)

**Méthode :** Gulden

**Longueur de l'axe:** 5116.376 m.

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	REMBLAI VOLUME (m <sup>3</sup> )	DEBLAI VOLUME (m <sup>3</sup> )	DEBLAI CUMULE (m <sup>3</sup> )	REMBLAI CUMULE (m <sup>3</sup> )
1	0	110.7	217.4	217	111
2	50	0.7	1460.1	1678	111
3	100	8.7	2316.6	3994	120
4	150	0	2631.7	6626	120
5	185.564	0	2000.3	8626	120
6	200	0	2549	11175	120
7	250	0	3681.8	14857	120
8	300	0	3197.6	18055	120
9	350	0	3186.1	21241	120
10	400	0	2835.1	24076	120
11	450	0	1999.8	26075	120
12	500	0	1510.5	27586	120
13	550	0	1208.1	28794	120
14	600	0	1549.1	30343	120
15	650	0	851.5	31195	120
16	656.649	0	755	31950	120
17	700	0	1248.7	33198	120
18	750	277.3	351.7	33550	397
19	800	1774.1	6.8	33557	2172
20	850	3119.1	0	33557	5291
21	900	3726.2	0	33557	9017
22	950	3050.1	0	33557	12067
23	1000	2908	0	33557	14975
24	1050	3094.2	0	33557	18069
25	1100	3207.9	0	33557	21277
26	1150	3355.4	0	33557	24633
27	1200	3076.7	0	33557	27709
28	1250	3238.3	0	33557	30948
29	1300	3955.9	0	33557	34904
30	1350	3143.8	0	33557	38047
31	1400	2534.4	0	33557	40582
32	1450	2670.8	0	33557	43252

33	1500	2624.1	0	33557	45877
34	1550	2705.9	0	33557	48582
35	1600	2959.1	0	33557	51541
36	1650	2437.3	0	33557	53979
37	1700	2584.4	0	33557	56563
38	1750	3251.4	0	33557	59815
39	1800	3928.6	0	33557	63743
40	1850	4899.4	0	33557	68643
41	1900	4686	0	33557	73329
42	1950	3640.8	0	33557	76969
43	2000	2647.8	0	33557	79617
44	2050	2367.8	0	33557	81985
45	2100	2479.5	0	33557	84464
46	2150	2332.2	0	33557	86797
47	2200	1507.8	9.3	33566	88305
48	2250	173.1	311.3	33878	88478
49	2300	0	2195.4	36073	88478
50	2350	0	5380.4	41453	88478
51	2400	0	7005.1	48458	88478
52	2450	0	6031	54489	88478
53	2500	0	4573	59062	88478
54	2550	0	3797	62859	88478
55	2600	0	3451.8	66311	88478
56	2650	0	3949	70260	88478
57	2700	0	5114.7	75375	88478
58	2750	0	5241.3	80616	88478
59	2800	0	5448.4	86065	88478
60	2850	0	5739.4	91804	88478
61	2900	0	4587.4	96391	88478
62	2950	0	4089.3	100481	88478
63	3000	0	5953.9	106435	88478
64	3050	0	5123.8	111558	88478
65	3100	0	1904	113462	88478
66	3150	293.4	403.7	113866	88771
67	3200	1530.2	16.6	113883	90301
68	3250	2858.2	0	113883	93159
69	3300	3407.5	0	113883	96567
70	3350	3288.6	0	113883	99855
71	3396.983	1737.4	1.5	113884	101593
72	3400	1760.5	2.3	113886	103353
73	3450	2546.4	62.8	113949	105900
74	3500	751.8	152.2	114101	106652
75	3550	115.8	751.8	114853	106767
76	3554.368	96.2	766.3	115620	106864
77	3600	107.9	1745.7	117365	106971

78	3615.48	124.7	1449.2	118815	107096
79	3650	240.4	1552.1	120367	107337
80	3700	1897.8	17.1	120384	109234
81	3750	2210.4	0	120384	111445
82	3772.866	1606.4	0	120384	113051
83	3800	2669.3	0	120384	115721
84	3850	3196.2	0	120384	118917
85	3900	2496.4	0	120384	121413
86	3950	2009.6	6.9	120391	123423
87	4000	2423.7	0	120391	125846
88	4050	2709.3	4.2	120395	128556
89	4100	2331.4	8.3	120403	130887
90	4150	1505.7	36.1	120439	132393
91	4200	723	64.1	120503	133116
92	4250	0	1044.2	121548	133116
93	4300	65.6	373.9	121921	133181
94	4350	169.3	178	122099	133351
95	4400	724	213.3	122313	134075
96	4450	712.9	291.7	122604	134788
97	4500	544.2	257.5	122862	135332
98	4550	474.6	171.9	123034	135806
99	4600	315	157.3	123191	136121
100	4650	0.2	430.1	123621	136122
101	4700	0	1090.7	124712	136122
102	4750	0	1340.3	126052	136122
103	4800	0	1278.3	127331	136122
104	4850	0	1225.7	128556	136122
105	4900	0	903.1	129459	136122
106	4950	172.4	315.5	129775	136294
107	5000	408.7	134.2	129909	136703
108	5050	519	75.5	129985	137222
109	5100	228.2	165.5	130150	137450
110	5116.376	45.2	58.2	130208	137495
<b>Σ Total</b>		<b>137495(m<sup>3</sup>)</b>	<b>130208(m<sup>3</sup>)</b>		

## VOLUMES CHAUSSEE

**Logiciel:** Piste 5.05

**Projet:** Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN23 enter (Pk324-329)

**Longueur de l'axe:** 5116.376 m

**Méthode :** Gulden

N° PROF	ABSCISSE CURVILIGN	FORME VOLUME (m <sup>3</sup> )	BASE VOLUME (m <sup>3</sup> )	CHAUSSEE VOLUME (m <sup>3</sup> )	T.P.C. VOLUME (m <sup>3</sup> )
1	0	118.1	41.4	24	0.2
2	50	240.1	82.8	48	0.5
3	100	240.1	82.8	48	0.5
4	150	204.4	70.8	41.1	0.4
5	185.564	119.4	41.4	24	0.2
6	200	153.9	53.3	30.9	0.3
7	250	238.8	82.8	48	0.5
8	300	238.8	82.8	48	0.5
9	350	238.8	82.8	48	0.5
10	400	238.8	82.8	48	0.5
11	450	238.8	82.8	48	0.5
12	500	238.8	82.8	48	0.5
13	550	238.8	82.8	48	0.5
14	600	238.8	82.8	48	0.5
15	650	135.3	46.9	27.2	0.3
16	656.649	119.4	41.4	24	0.2
17	700	223	77.3	44.8	0.4
18	750	240.1	82.8	48	0.5
19	800	241.4	82.8	48	0.5
20	850	241.4	82.8	48	0.5
21	900	241.4	82.8	48	0.5
22	950	241.4	82.8	48	0.5
23	1000	241.4	82.8	48	0.5
24	1050	241.4	82.8	48	0.5
25	1100	241.4	82.8	48	0.5
26	1150	241.4	82.8	48	0.5
27	1200	241.4	82.8	48	0.5
28	1250	241.4	82.8	48	0.5
29	1300	241.4	82.8	48	0.5
30	1350	241.4	82.8	48	0.5
31	1400	241.4	82.8	48	0.5
32	1450	241.4	82.8	48	0.5

33	1500	241.4	82.8	48	0.5
34	1550	241.4	82.8	48	0.5
35	1600	241.4	82.8	48	0.5
36	1650	241.4	82.8	48	0.5
37	1700	241.4	82.8	48	0.5
38	1750	241.4	82.8	48	0.5
39	1800	241.4	82.8	48	0.5
40	1850	241.4	82.8	48	0.5
41	1900	241.4	82.8	48	0.5
42	1950	241.4	82.8	48	0.5
43	2000	241.4	82.8	48	0.5
44	2050	241.4	82.8	48	0.5
45	2100	241.4	82.8	48	0.5
46	2150	241.4	82.8	48	0.5
47	2200	241.4	82.8	48	0.5
48	2250	241.4	82.8	48	0.5
49	2300	238.8	82.8	48	0.5
50	2350	238.8	82.8	48	0.5
51	2400	238.8	82.8	48	0.5
52	2450	238.8	82.8	48	0.5
53	2500	238.8	82.8	48	0.5
54	2550	238.8	82.8	48	0.5
55	2600	238.8	82.8	48	0.5
56	2650	238.8	82.8	48	0.5
57	2700	238.8	82.8	48	0.5
58	2750	238.8	82.8	48	0.5
59	2800	238.8	82.8	48	0.5
60	2850	238.8	82.8	48	0.5
61	2900	238.8	82.8	48	0.5
62	2950	238.8	82.8	48	0.5
63	3000	238.8	82.8	48	0.5
64	3050	238.8	82.8	48	0.5
65	3100	238.4	82.8	48	0.5
66	3150	240.1	82.8	48	0.5
67	3200	241.4	82.8	48	0.5
68	3250	241.4	82.8	48	0.5
69	3300	241.4	82.8	48	0.5
70	3350	234.1	80.3	46.6	0.4
71	3396.983	120.7	41.4	24	0.2
72	3400	128	43.9	25.4	0.2
73	3450	241.8	82.9	48	0.5
74	3500	240	83	48	0.5
75	3550	131.1	45.2	26.1	0.3
76	3554.368	120.6	41.5	24	0.3
77	3600	147.4	50.8	29.3	0.3

78	3615.48	120.6	41.5	24	0.3
79	3650	203.7	70.2	40.6	0.4
80	3700	242	83	48	0.5
81	3750	176	60.4	35	0.3
82	3772.866	120.7	41.4	24	0.2
83	3800	186.2	63.9	37	0.4
84	3850	241.4	82.8	48	0.5
85	3900	241.4	82.8	48	0.5
86	3950	241.4	82.8	48	0.5
87	4000	241.4	82.8	48	0.5
88	4050	241.4	82.8	48	0.5
89	4100	241.4	82.8	48	0.5
90	4150	241.4	82.8	48	0.5
91	4200	241.4	82.8	48	0.5
92	4250	234.1	82.8	48	0.5
93	4300	237.5	82.8	48	0.5
94	4350	239.6	82.8	48	0.5
95	4400	241.4	82.8	48	0.5
96	4450	241.4	82.8	48	0.5
97	4500	241.4	82.8	48	0.5
98	4550	241.4	82.8	48	0.5
99	4600	241.4	82.8	48	0.5
100	4650	239	82.8	48	0.5
101	4700	238.8	82.8	48	0.5
102	4750	238.8	82.8	48	0.5
103	4800	238.1	82.8	48	0.5
104	4850	235.4	82.8	48	0.5
105	4900	240.1	82.8	48	0.5
106	4950	240.1	82.8	48	0.5
107	5000	241.1	82.8	48	0.5
108	5050	241.4	82.8	48	0.5
109	5100	160.2	54.9	31.9	0.3
110	5116.376	39.5	13.6	7.9	0.1
Somme		<b>24584 (m<sup>3</sup>)</b>	<b>8473 (m<sup>3</sup>)</b>	<b>4912 (m<sup>3</sup>)</b>	<b>47 (m<sup>3</sup>)</b>