



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم  
Université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem  
كلية العلوم و التكنولوجيا  
Faculté des Sciences et de la Technologie



N° d'ordre : M ...../GC/2018

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : travaux publique

Spécialité : voie et Ouvrage d'art

### *Thème*

**Etude Géométrique et Géotechnique du 2<sup>ème</sup> Boulevard  
Périphérique de Mostaganem  
{PK 3 +250 au 4+850}**

Présenté par :

1 : Mlle Benguedih Soumia

2 : Mlle Mostefa Daouadji Sara

*Soutenu le 10 / 07 / 2019 devant le jury composé de :*

Président : Md Maskri Sati (MAA)

UMAB-Mostaganem

Examineur : Mr Rouam Serik Mohamed (MAA)

UMAB-Mostaganem

Encadreur: Mr Bouhamou Nasr –Eddine (PR )

UMAB-Mostaganem

Invité d'honneur : Mr Cherif Mourad

UMAB-Mostaganem

Année Universitaire : 2018 / 2019



## Remerciement

Tout 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.

Gratitude et mes sincères remerciements au département de travaux publics.

Mes vifs remerciements à **Mr. Bouhamou** mon encadreur qui a accepté d'encadrer mes travaux durant ces 4 mois de stage.

J'adresse ma profonde gratitude à mes enseignants de l'université de Mostaganem pour les efforts qui ont déployé afin d'arriver à ce stade.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous

Je ne puis mentionner tous ceux qui ont contribué directement ou indirectement

a la réalisation de ce travail que ceux qui m'ont aidé d'un simple encouragement à un Appuis continu trouvent ici l'expression de ma reconnaissance très sincère.

Un spécial remerciement à toute l'équipe de la société **STARE**

En particulier **Ms Mohamed Trari**

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

- D'abord, je serai très fier de dédier ce mémoire à notre seigneur **Allah** puis
- A **ma mère** qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite.
- A **mon père**, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années d'études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger. Que dieu les garde et les protège.
- A mes adorables sœurs (SARA et Djanet) et frères (Oussama et Mustapha).
- A ma 2<sup>ém</sup> famille oncle Amine et tante Fouzia.
- A toute la famille Benguedih ; Khiat et Boudjemaa
- A tous mes amis: Linda ; Sanae ; Fatiha ; Fatima ; Kaltoum ; Ikram ; Mraime ; Assia
- A mon binôme : Sara
- A tout ce qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail

*Soumiabenguedih*

### Dédicace

Je remercie ALLAH le tout Puissant, *clément et Miséricordieux* de m'avoir motivé à réaliser ce modeste travail, ensuite je remercie infiniment mes parents, qui m'ont encouragé et aidé à arriver à ce stade de formation.

En second lieu, Nous adressons nos vifs et chaleureux remerciements à nos encadreurs Ms.Bouhamou N.

Je dédie ce modeste travail à ma très chère mère, qui m'a accompagné durant les moments les plus pénibles de ce long parcours de mon éducation, celle qui a fait preuve de ces plus copieux desseins pour me permettre de goûter le fardeau de ce monde et de chercher la voie de ma vie avec ces précieux conseils, donc je devais incessamment être de grande compétence et motivation. Cependant. Je prie Dieu le Miséricordieux qu'il te portera récompense, car la mienne ne sera guère complète,

Et te protège et te garde en bonne santé.

A mon père qui a sacrifié sa vie afin de me voir grandir et réussir dans le parcours de l'enseignement. Celui qui a toujours resté à mes côtés dans les moments rudes de ma vie.

A mes braves frères: Rachide ,Radouane,Ibrahim,

A mes chères sœurs :Houaria,Djamila,Nadia

A tous mes amis.

A mon binôme: Bengedih Soumia.qu'elles m'ont soutenue et encouragée moi.

Et a toute promotion VOA

A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à la réalisation de ce mémoire.

...Et a tous ceux  
qui portent l'Algérie dans leurs  
cœurs et veulent la construire.

Enfin, à tous ceux qui m'aiment.

**Mostefa Daouadji Sara\***



## **LISTE DE FIGURE**

### **PARTI 01**

#### **PARTIE01 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE**

##### **Chapitre II :**

Figure II-2-1 : Les chaussées souples.....	5
Figure II-2-2 : Les chaussées rigides.....	6
Figure III-3-1: réseau autoroutier Algérien.....	8
Figure III-2-1-1 : Rocade Sud d'Alger.....	9
Figure III-2-2-2 : 2ém Rocade de Sud d'Alger.....	10
Figure III-2-3-3: La rocade Nord d'Alger.....	10
Figure III-2-4-4 : 3ém rocade d'Algérie.....	11
Figure III-2-5-5 : 4ém rocade d'Alger.....	12
Figure III-3-2-6 : La Rocade Nord de Càceres.....	13
Figure III-3-2-7 : Rocade extérieure du Grand-Tunis.....	14

#### **PARTIE02: ETUDE GEOMETRIQUE**

##### **Chapitre I**

Figure I.1.1 : Les communes de la wilaya de Mostaganem.....	25
Figure I.1.2 : Les réseaux d'infrastructure De Mostaganem.....	26
Figure I.1.3 : zone d'étude... ..	27
Figure I.1.4 : photo Google earth.....	28

#### **PHASE APS**

##### **Chapitre II**

Figure III.1.1 : les éléments de tracé en plan.....	35
Figure III.1.2 : Détermination de l'angle au centre.....	38
Figure III.1.3: les éléments d'un raccordement circulaire.....	39
Figure III.1.4: Schéma représentant la surface entre profil.....	46

Figure III.1.5:calcul de surfaces cas de remblai.....	46
Figure III.1.6 : calcul de surfaces cas de déblai .....	47

## **Etude de APD**

### **CHAPITRE IV**

Figure IV.1 : raccordement en Profil en long.....	70
Figure IV.2 : la tangente.....	78

### **CHAPITRE V**

Figure V.1 : les éléments de la clothoïde.....	81
Figure V.2 : la propriété de clothoïde.....	82
Figure V.3 : Clothilde sans arc de cercle.....	86
Figure V.4: Clothilde avec un arc de cercle.....	87
Figure V.5 : clothoïde impossible.....	87

### **CHAPITRE VI**

Figure VI .1 : Distance de freinage.....	91
Figure VI. 2 : Temps de perception-réaction.....	93
Figure VI. 3 : Distance de perception.....	94
Figure VI.4 :l'espacement entre deux véhicules.....	95
Figure VI. 5 : Distance de visibilité de manœuvre et de dépassement « dmd ».....	96

### **CHAPITRE VIII**

Figure VIII. 1: Structure de chaussée type.....	115
Figure VII. 2 : chaussée souple .....	116
Figure VIII.3 : les différentes catégories de chaussée.....	119
Figure VIII.4 : Différentes couches du corps de chaussée de la variante choisie.....	125

### **CHAPITRE IX**

Figure IX.1 : Le profil en travers .....	126
Figure IX. 2 : profil en travers type .....	129

## **CHAPITRE X**

Figure X.1: Implantation partie circulaire.....	131
Figure X.2: Méthode d'implantation.....	132

## **CHAPITRE XI:**

Figure XI.1: Signalisation Verticale.....	138
Figure XI.2 : Flèches « rabattement et sélection » .....	139
Figure XI.3 : Type de modulation.....	140
Figure XI.4 : Candélabres photovoltaïque.....	140
Figure XI. 5 : PK 3km 200 au PK 3km 900.....	142
Figure XI. 6 : PK 4 km au PK 4km 700.....	143
Figure XI.7 : PK 4km 700 au PK 4km 850 .....	144
Figure XI 8: bande continues et discontinues.....	145
Figure XI.9 : ceinture de sécurité obligatoire.....	144
Figure XI.10 : bande d'arrêt d'urgence .....	145
Figure 11 : Signalisation d'un Pont.....	145
Figure XI.12: stationnement interdit .....	145
Figure XI.13: limitation de vitesse .....	146
Figure XI.14: A1a et A1b .....	146

## **CHAPITRE XII :**

Figure XII.1 :L'épure de LALANNE .....	152
Figure XII.2 : Sens de transport... ..	152

## **PARTI 03 GEOTECHNIQUE**

Figure 1 : Matériels d'essai teneur en eau.....	166
Figure 2 : Matériel utilise d'essai Masse volumique des sols fins.....	168
Figure 3 : Matériel utilise d'essai Limites d'Atterberg.....	171
Figure 4 : Matériel utilise d'essai Analyse granulométrique (tamisage à sec).....	172
Figure 5 : classification USCS/LCPC.....	173

Figure 6 : Appareillage d'un essai Teneur en carbonates.....	175
Figure 7: Tamisage et Pesé l'échantillon.....	175
Figure 8 : Mode opératoire de l'essai carbonate.....	176
Figure9: Appareillage pour l'essai d'équivalent de sable... ..	178
Figure 10 : Mode opératoire d'un essai bleu de méthylène.....	179
Figure 11 : Résultat d'un essai bleu de méthylène... ..	179
Figure 12 : Matériel pour l'essai Proctor normal.....	183
Figure 13 : Matériels Essai CBR... ..	185

## Liste des tableaux

### **Partie 01 : Etude Biographique Du 2éme Boulevard Périphérique De Mostaganem**

#### **Chapitre VI :**

Tableau VI.3.1 : grille du critère.....	19
Tableau VI.3.2 : analyse des critères.....	19

### **Partie 02 : Etude Géométrique Du 2éme Boulevard Périphérique de Mostaganem**

#### **Chapitre I : Présentation Du Projet**

Tableau I.1 : Les réseaux d'infrastructure de Mostaganem ...	26
Tableau I. 2: Rocade en Mostaganem.....	27

## **PHASE APS**

#### **Chapitre III**

Tableau III.1.1: Classification de terrain et Dénivelée cumulée.....	40
Tableau III.1.2: Type de sinuosité .....	40
Tableau III.1.3: Types d'environnement de route .....	41
Tableau III.1.4: Vitesse de référence.....	41
Tableau III.1.5: Des valeurs des dévers maximaux et minimaux de la catégorie.....	45
Tableau III.1. 6: Valeur du coefficient transversal ft.....	45
Tableau III.1. 7: Valeur du le coefficient F.....	45
Tableau III.2.1.1 : Les coordonnées des sommets de l'axe de "variante 1" .....	48
Tableau III.2.1.2: Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante01".....	48
Tableau III.2.1.3: Dénivelée cumulée "Variante 01" .....	54
Tableau III.2.1.4: Récapitulatif des devers "varinte01" .....	55
Tableau III.2.1.5: Eléments des raccordements circulaires "variante 1" ...	55
Tableau III.2.1.6: rayon en plan "variante 1" .....	56
Tableau III.2.1.7: Cubatures approchées (variant 01) .....	59
Tableau III.2.2.1: Coordonnées définissant l'axe de 'la variante 02' .....	60
Tableau III.2.2.2: Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante02" .....	60
Tableau III.2.2.3: dénivelée cumulée "Variante 02".....	63
Tableau III.2.2.4: Eléments des raccordements circulaires "variante 2" .....	63
Tableau III.2.2.5: rayon en plan "Variante 02" .....	64
Tableau III.2.2.6 : Cubatures approchées "variant 02" .....	68
Tableau III.2.3 : Comparaison entre les deux variantes... ..	69

# PHASE APD

## Chapitre IV

Tableau IV.1 : Valeur de déclivité maximale.....	73
Tableau IV.2 : Rayon convexes (angle sayant).....	75
Tableau IV.3: Rayon convexes (angle rentrant).....	77
Tableau IV.4 : La rayons convexes (angle saillant) et (angle rentrant) de La Variante Choisie.....	79
Tableau IV.5 : Les valeurs de tangente et la flèche.....	80

## Chapitre V

Tableau V.1 : Devers en fonction de l'environnement.....	89
Tableau V.2 : Récapitulatif des dévers "varinte choisie ".....	89
Tableau V.3 : Rayon en plan "variante choisie ".....	89
Tableau V.4 : Les éléments de la clothoïde de la varaite choisie.....	89

## Chapitre VI :

Tableau VI.1: coefficient de frottement longitudinal fl en fonction de la vitesse (B40)....	92
Tableau VI.2: les différentes distances selon les normes B40 .....	96
Tableau VI.3 : déclivité du profil en long .....	98

## Chapitre VII :

Tableau VII.1: Coefficient d'équivalence 'P '.....	107
Tableau VII.2 : Coefficient « K1 ».....	108
Tableau VII.3 : Coefficient « K2 » .....	108
Tableau VII.4 : valeurs de $C_{th}$ : capacité théorique du profil en travers en régime stable.....	109
Tableau VII.5 : coefficient d'équivalence "p" (selon le B40).....	111
Tableau VII.6 : résultats du calcul de trafic.....	112

## Chapitre VIII:

Tableau VIII.1: La portance de sol en fonction de l'indice de CBR.....	120
Tableau VIII.2: Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR.....	121
Tableau VIII.3 : coefficients d'équivalence des matériaux.....	123

## Chapitre IX :

Tableau IX.1 : Les éléments d'implantation clothoïde... ..	134
Tableau IX.2 : Les éléments d'implantation cercle.....	135

## Chapitre XI :

Tableau XI.1 : Modulation des lignes discontinues [8].....	140
--	-----

## Chapitre XII :

Tableau XII.1 : cubature APD « variante choisi » .....	153
--	-----

## **CHAPITRE XIII :**

Tableau XIII.1 : Devis quantitatif et estimatif .....	158
---	-----

## **PARTIE 3 : Etude Géotechnique Du 2<sup>ème</sup> Boulevard Périphérique De Mostaganem**

Tableau 1 : Qualification des horizons en fonction de leur teneur en calcaire total selon le GEPPA...	176
---	-----

Tableau 2 : classification de sable... ..	178
---	-----

Tableau 3 : classification de sols... ..	180
--	-----

Tableau 4 : Récapitulatif des résultats .....	187
---	-----

## Résumé

Notre projet de fin d'étude rentre dans le domaine des infrastructures de transport, et en particulier les routes.

La route est considérée un élément efficace reliant les différentes régions du pays et contribuer à son développement à travers différentes activités économiques et les échanges commerciaux.

Ce projet présente une étude Géotechnique et géométrique de la 2<sup>ème</sup> rocade reliant le port de Mostaganem à l'autoroute Du PK3+250 au PK4+850.

Cette étude se compose de trois parties :

- La première partie : étude bibliographique
- la deuxième partie : étude géométrique, qui devise a deux phases (phase APS et phase APD) .
- La troisième partie : étude géotechnique.

**Mots clés :** Trafic, évitement, géométrie, tracé routière, vitesse de référence, clothoïde, chaussé, devers, environnement.

## Summary

Our project of end of study returns in the field of the infrastructures of transport, and in particular the roads.

The road is considered an effective element linking the various regions of the country and

to contribute its development through various economic activities and commercial

exchanges. This project presents a geotechnical and geometrical study of the 2nd ring road linking the port of Mostaganem to the highway PK3 + 250 to PK4 + 850.

This study consists of three parts:

- The first part: bibliographical study
- the second part: geometric study, which has two phases currency (phase APS and phase APD).
- The third part: geotechnical study.

Key words: Traffic, avoidance, geometry, road pattern, reference speed, clothoid, crossroads, ,slopes, environment.

## العربية

مشروعنا النهائي للدراسة هو في مجال البنية التحتية للنقل ، وخاصة الطرق يعتبر الطريق عنصرا فعلا يربط بين مناطق مختلفة من البلاد والمساهمة في تنميتها من خلال الأنشطة الاقتصادية المختلفة والتجارة. قدم هذا المشروع دراسة جيوتقنية وهندسية للطريق الدائري الثاني الذي يربط ميناء مستغانم بالطريق السريع PK3 + 250 إلى PK4 + 850.

تتكون هذه الدراسة من ثلاثة أجزاء

الجزء الأول: دراسة بيليوغرافية .

الجزء الثاني: دراسة هندسية .

الجزء الثالث: الدراسة جيوتقنية.



# SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE ..... 1

PROBLEMATIQUE ..... 2

## **Partie 01 : Etude Biographique Du 2ème Boulevard Périphérique De Mostaganem**

### **Chapitre I : Etude De Trafic**

I-1 Introduction ..... 3

I-2 Analyse des trafics existants ..... 3

I.3 La mesure des trafics ..... 3

I-4 Différents types de trafics ..... 4

I-5 Calcul de la capacité ..... 4

### **Chapitre II : Dimensionnement Du Corps De Chaussée**

II-1 Introduction ..... 5

II-2 Différents types de chaussées... ..... 5

II-3 Les principales méthodes de dimensionnement ..... 6

### **Chapitre III : Les Rocades Dans le Monde Et en Algérie**

III-1 Introduction... ..... 8

III-2 Rocade en Algérie ..... 9

III-3 Rocade dans le monde ..... 12

### **Chapitre IV : Impact Sur L'environnement**

IV-1 Introduction ..... 16

IV-2 Analyse des alternatives des différentes options du projet ..... 16

IV-3 Analyse multicritère ..... 18

IV-4 Aspect de l'environnement à préserver lors de la conception d'une infrastructure . .... 20

IV-5 Conclusion ..... 23

# **Partie 02 : Etude Géométrique Du 2ème Boulevard Périphérique de Mostaganem**

## **Chapitre I : Présentation Du Projet**

I-1 Généralités sur la Wilaya De Mostaganem .....	25
I-2 Cadre D'étude .....	28
I-3 Objectif du projet .....	30

## **Chapitre II : Classification Routière**

II-1 Introduction .....	31
II-2 levé topographie .....	31
II-3 Classification des routes .....	31
II-4 Environnement de travail .....	33

# **PHASE APS**

## **Chapitre III : Etude De Variante**

### **III-1 Tracé En Plan**

III-1-1 Définition .....	35
III-1-2 Règles à respecter dans le tracé en plan ..	35
III-1-3 Les Éléments Du Tracé En Plan ..	36
III-1-4 Les variantes .....	37
III-1-5 Courbes en plan ..	41
III-1-6 Dévers .....	42
III-1-7 Pourcentage Alignement Droit ..	45
III-1-8 Calcul des Cubatures Approchées .....	46

### **III-2 Etude De Variante**

#### **III-2-1 Etude de la variante 1**

III-2-1-1 Introduction .....	48
III-2-1-2 Les Coordonnée Des Sommets .....	48
III-2-1-3 Calcul de gisements et des angles au centre.....	48

III-2-1-4Dénivelée cumulée moyenne .....	49
III-2-1-5 Choix des rayons .....	55
III-2-1-6Détermination des éléments des raccordements .....	55
III-2-1-7Longueur totale des alignements droits : LAD .....	55
III-2-1-8Les rayons en plan normé .....	56
III-2-1-9Cubatures Approchées .....	56
<b>III-2-2Etude de la variante 2</b>	
III-2-2-1 Les coordonnées des sommets .....	60
III -2-2-2 Calcul de gisements et des angles au centre... ..	60
III-2-2-3 Dénivelée cumulée moyenne .....	60
III-2-2-4 Choix des rayons... ..	63
III-2-2-5Détermination des éléments des raccordements .....	63
III-2-2-6Longueur totale des alignements droits : LAD... ..	64
III-2-2-7 Les rayons en plan normé .....	64
III-2-2-8 Cubatures Approchées .....	65
<b>III-2-3 Le choix de la variante</b> .....	69

## **PHASE APD**

### **Etude De La Variante Choisie De Projet**

#### **Chapitre IV: Profil En Long**

IV-1 Définition.....	71
IV-2 La ligne de projet (ligne rouge).....	71
IV-3 Règles À Respecter Dans Le Tracé Du Profil En Long .....	71
IV-4 Les éléments de composition du profil en long... ..	72
IV-5Coordination Du Tracé En Plan Et Profil En Long .....	73
IV-6 Raccordements En Profil En Lon .....	74
IV-7 Calcul du raccordement parabolique .....	78
IV-8 Application de projet .....	79

## **Chapitre V: Les Raccordements Progressifs**

V-1 Introduction.....	81
V-2 Définition de la Clothoïde .....	81
V-3 Élément de la clothoïde .....	81
V-4 Propriétés de la clothoïde.....	82
V-5 Détermination des dévers aux rayons en plan ...	84
V-6 Conditions De Raccordement ...	85
V-7 Vérification de non chevauchement ...	86
V-8 Application de projet .....	88

## **CHAPITRE VI: Paramètres Cinématique**

VI-1 Introduction.....	91
VI-2 Distance de freinage.....	91
VI-3 Temps de perception et de réaction .....	92
VI-4 Distance d'arrêt .....	93
VI-5 Distance de perception .....	94
VI- 6 Espacement entre deux véhicules .....	94
VI-7 Distance de visibilité de dépassant et de manœuvre.....	96
VI-8 Application Du Projet.....	97

## **Chapitre VII : Etude De Trafic**

VII-1 Introduction .....	103
VII-2 Analyse des trafics existants.....	103
VII-3 Différents types du trafic .....	105
VII-4 Capacité routière .....	106
VII-5 Application du projet.....	110

## **Chapitre VIII : Dimensionnement Du Corps De Chaussée**

VIII-1 Introduction .....	113
VIII-2 Principe de la constitution des chaussées .....	114
VIII-3 La Chaussée .....	114
VIII-4 Différents Types De Chaussées .....	115
VIII-5 Structures de chaussée .....	118
VIII-6 Terminologie chaussée .....	119
VIII-7 Les Différents Facteurs a prendre en compte pour le dimensionnement .....	119
VIII-8 Méthode de dimensionnement .....	121
VIII-9 Application du projet .....	123

## **Chapitre IX : Profil En Travers**

IX-1 Définition .....	126
IX-2 Modernisation Du Profil En Traver .....	126
IX-3 Types De Profil En Travers	
IX-4 Les Éléments De Composition Du Profil En Travers .....	126
IX-5 Profil en travers type de notre projet .....	129

## **Chapitre X : Implantation Des Axes**

X-1 Définition.....	130
X-2 Implantation planimétrique des sommets des alignements .....	130
X-3 Implantation de courbes.....	131
X-4 Implantation en altimétrie.....	132
X-5 Application du projet .....	133

## **Chapitre XI : Signalisation**

XI-1 Définition.....	136
XI-2 Objectif de la signalisation routière .....	136
XI-3 Catégories de signalisation.....	136
XI-4 Règles à respecter pour la signalisation... ..	136
XI-5 Types de signalisation .....	137
XI-6 Caractéristique générale des marquages .....	139
XI.7 Nergiedouce, le spécialiste de l'éclairage autonome et des lampadaires solaires... ..	140
XI-8 Application du projet .....	141

## **Chapitre XII : Cubature**

XII-1 Introduction.....	149
XII-2 Définition .....	149
XII-3 Méthodes de calcul ... ..	149
XII-4 Mouvement des terres .....	150
XII.5 Tableau de calcul de cubature APD « variante choisie » ... ..	153

## **Chapitre XIII : Devis quantitatif estimatif**

XIII-1 Application du projet .....	157
------------------------------------	-----

## **Chapitre XIV: Impacte sur l'environnement**

XIV-1 Introduction .....	159
XIV-2 Objectif d'une étude d'impact sur l'environnement .....	159
XIV-3 Contexte d'impacte sur l'environnement .....	160
XIV-4 Evaluation des impacts du projet sur l'environnement .....	161
XIV-5 Mesures de compensation des effets dommageables sur l'environnement .....	161
XIV-6 Impacte négative du projet sur l'environnement .....	162
XIV-7 Impacte positive du projet sur l'environnement... ..	162
XIV-8 Conclusion .....	163

## **PARTIE 3 : Etude Géotechnique Du 2<sup>ème</sup> Boulevard Périphérique De Mostaganem**

1- Introduction.....	164
2- Définition.....	164
3- Objectifs principaux d'une étude géotechnique... ..	164
4- Différents essais en laboratoire .....	164
5- Résultats .....	187
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	188

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

La Route est un facteur déterminant de développement Socio-économique et un outil que l'Etat a entre les mains pour maintenir un certain niveau d'équité entre les populations.

Actuellement, en Algérie, le trafic routier a connu une évolution rapide, les routes existantes qui supportent le trafic dont un pourcentage important du poids lourds, nécessitent des opérations de réhabilitation, modernisation et des réaménagements.

Le travail que nous présentons dans ce mémoire a pour objectif une étude Géotechnique et géométrique de la 2ème rocade reliant le port de Mostaganem à l'autoroute Du PK3+250 au PK4+850

De ce fait notre travail se divise en deux parties :

La première partie porte sur l'étude bibliographique sur les rocades de le monde et en Algérie et en Mostaganem, problématique, l'impact sur l'environnement

Dans la deuxième partie l'étude géotechnique et géométrique de route sont exposés

Ce projet entré dans le développement durable de tourisme et commerce de la wilaya de Mostaganem parce que la région de la rocade un potentiel en ressources côtières et paysagères indéniables qui mérite d'être étudié, analysé et exploité pour la promotion du tourisme de balnéaire.

## Problématique

Les infrastructures de transport sont l'ensemble des installations fixes qu'il est nécessaire d'aménager pour permettre la circulation des véhicules et plus généralement le fonctionnement des systèmes de transport.

Les infrastructures de transport sont un élément primordial pour garantir la liberté de déplacement des personnes et des biens, et pour assurer le fonctionnement et le développement de l'économie.

-Pourquoi construire des rocares ?

-Comment s'assurer qu'un projet soit bien et qu'il propose le meilleur rapport qualité prix, tout en respectant l'ensemble des exigences réglementaires et techniques

-Comment faire pour que le projet tel que proposé limite au maximum les imprévus et anticipe les coûts futurs de fonctionnement, dans une vision à long terme

-Comment sera-t-elle la région de Mostaganem au futur ?

## Chapitre I : Etude de trafic

### I.1 Introduction :

. Les études de trafic constituent l'élément de base dans la conception et le Dimensionnement du réseau routier.

Le trafic est utilisé dans le classement et l'hierchisation du réseau routier national, il est utilisé Également dans la fixation du cout d'exploitation des véhicules.

Cette conception repose, sur une partie stratégie, planification sur la prévision des trafics

Sur les réseaux routiers, qui est nécessaires pour :

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

### I.2 L'analyse des trafics existants :

Tout projet d'étude d'infrastructure routière doit impérativement contenir une évaluation

et une analyse précise de trafic supporté, car le dimensionnement de la chaussée est lié

Étroitement a 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,

L'analyse de trafic est un outil d'aide à la décision relative à la politique des transports

### I.3 La mesure des trafics :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires :

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

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

- \* Les comptages manuels.
- \* Les comptages automatiques.
- \* Comptages directionnels

- \* Comptage directionnel par numéro de voiture ou film

### **I.4 Différents types de trafics :**

- \* Trafic normal
- \* Trafic dévie
- \* Trafic induit
- \* Trafic total
- \* Trafic total

**I.5 Calcul de la capacité :** La capacité et le nombre de véhicules qui peuvent raisonnablement passer sur

Une direction de la route « ou deux directions » avec des caractéristiques géométriques de Circulation qui lui est propres durant une période bien déterminée, la capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire.

- \* 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 réaction des conducteurs).

## Chapitre II: Dimensionnement du corps de chaussée

### II.1 Introduction

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.

#### La chaussée

- \* Au sens géométrique
- \* Au sens structurel

### II.2 Différents types de chaussées :

#### a- Les chaussées souples :

C'est une structure de chaussée dans laquelle l'ensemble des couches liées qui la constituent, sont traitées aux liants hydrocarbonés.

La couche de fondation et/ou la couche de base peuvent être constituées de grave non traitée (**Figure II.2.1**)



Figure II.2.1 : Les chaussées souples

### b- Les chaussées rigides :

Une chaussée rigide est constituée d'un revêtement en béton de ciment pervibré ou fluide.

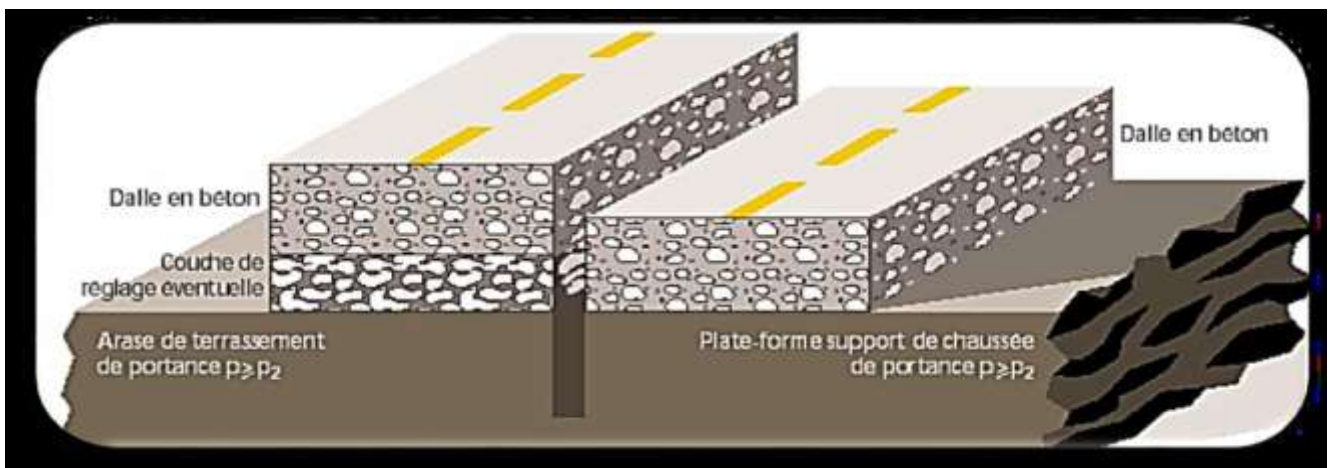
En règle générale, une chaussée en béton comporte, à partir du sol, les couches suivantes :

- \* Une couche de forme
- \* Une couche de fondation
- \* Une couche de roulement en béton de ciment.

Dans le cas d'une chaussée neuve à faible trafic, la couche de fondation n'est pas nécessaire.

La dalle en béton de ciment peut ainsi être réalisée directement sur l'arase terrassement ou sur la plate-forme support de chaussée.

Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie (**Figure II.2.2**)



**Figure II.2.2 : Les chaussées rigides**

### II.3 Les principales méthodes de dimensionnement :

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

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

Il existe différentes méthodes pour bien appréhender cette déformation :

**a-Méthodes empiriques :** Elles s'appuient sur trois paramètres :

- La force portante : obtenue par les différents essais géotechniques.
- Le trafic par une charge unitaire dite de référence.

**b-Méthodes rationnelles :**

Ces méthodes se basent sur la connaissance du sol, des matériaux mis en place et du trafic envisagé.

## Chapitre III : Les rocade en monde et en Algérie

### III.1 Introduction :

La voie rapide dénommée 'Autoroute de l'Est entre l'Aéroport d'Alger et Boudouaou a été inaugurée à la fin des années 1970 afin de soulager la RN5. Cette route a été requalifiée et prolongée durant les années 1980 par deux rocade, dont la Rocade Nord inaugurée en 1985. La Rocade Nord vient suppléer l'ancienne route moutonnaire construite dans les années 1920 pour aller d'Alger vers la banlieue Est (Figure III.3.1).



Figure III.3.1: Réseau autoroutier Algérien

### III.2 Rocade en Alger :

#### III.2.1 Rocade sud Alger :

Dénommée aussi RSA est une infrastructure routière (de type autoroutier), ayant la configuration  $2 \times 3$  voies, reliant la banlieue est d'Alger (Dar El Beïda) à la banlieue ouest (Zéralda). 45km (**figure III.2.1.1**)

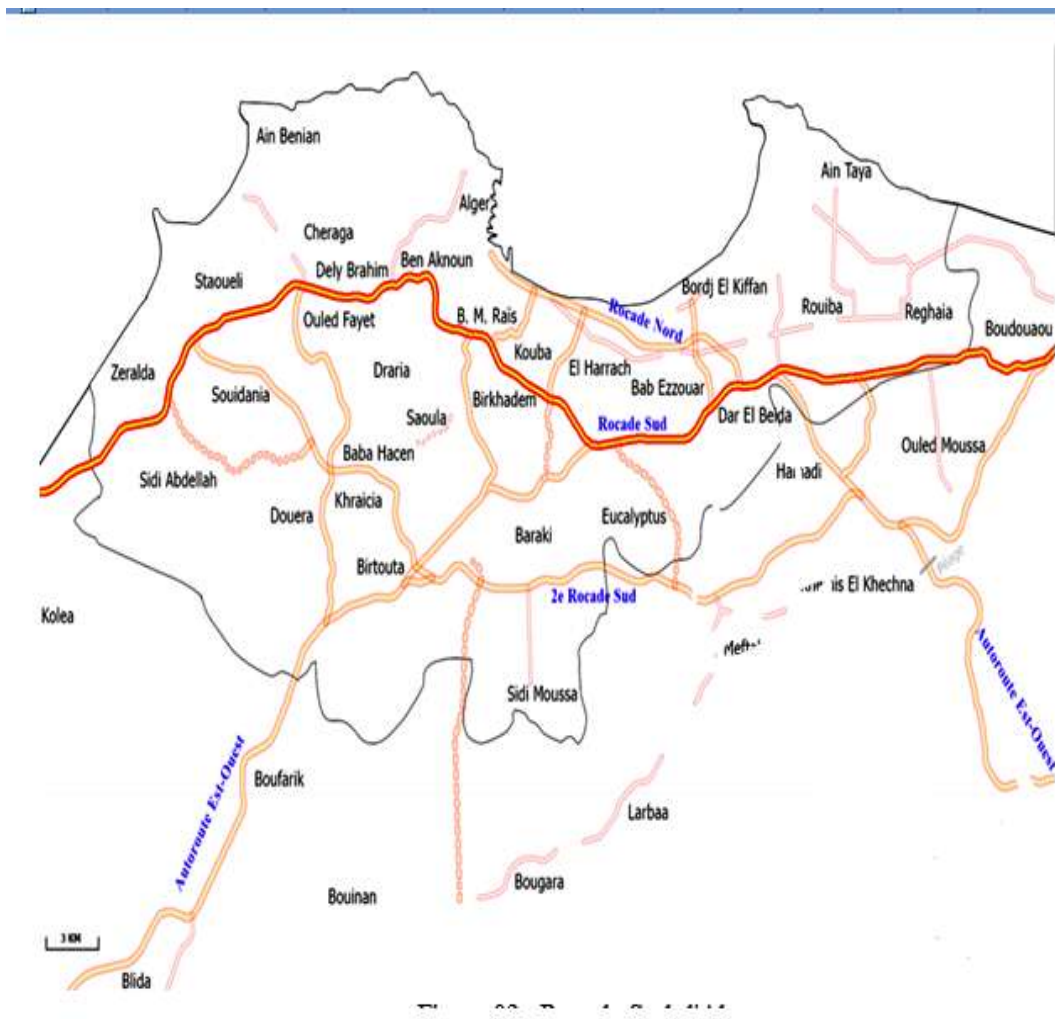


Figure III.2.1.1: Rocade sud d'Alger

#### III.2.2 Deuxième rocade sud d'Alger :

La Deuxième rocade Sud d'Alger dénommée aussi 2e RSA est une infrastructure routière (de type autoroutier), ayant la configuration  $2 \times 3$  voies, reliant la banlieue est d'Alger (Boudouaou) à la banlieue ouest (Staoueli) qui passe en moyenne à 5 km au sud de la Rocade Sud. 61 km (**Figure III.2.2.2**)



Figure III.2.2.2 : 2ém rocade de sud d'Alger

### III.2.3 Rocade de nord Alger :

La rocade nord d'Alger / Autoroute de l'Est est une rocade qui mène du centre d'Alger à Dar El Beïda dans la banlieue est d'Alger sur 14,5 km et jusqu'à Boudouaou sur 29 km pour rejoindre l'Est du pays. 29 Km (Figure III.2.3.3)



Figure III.2.3.3 : La rocade Nord d'Alger

### III.2.4 3ème Rocade d'Alger :

La 3ème Rocade d'Alger relie Tipaza à Tizi-Ouzou rentre dans le cadre du Schéma Directeur Routier et Autoroutier 2005-2025.

Elle prend origine sur la pénétrante de Tipaza, évolue dans l'emprise de la RN67 sur 36km, contourne, par le Nord, la localité de Ben-Chaabane parallèlement au CW112. Dans la Wilaya de Blida, le tracé intercepte l'Autoroute Est-Ouest au Nord de Boufarik, passe au Nord de Bouinan, Bougara et Larbaa puis évolue dans un relief difficile jusqu'à la limite Est de Blida. Dans la Wilaya de Boumerdes, le tracé passe au Sud de Khemis-EI-Khechna, intercepte par la suite l'Autoroute Est-Ouest à 1.5 km au Nord de Larbaatache pour rejoindre le tracé de la 2<sup>ème</sup> Rocade. Ensuite, Il évolue avec cette dernière jusqu'à sa fin (au niveau de Boudouaou).

Après cela, il longe la RN S, entre Boudouaou et Thénia, et par la suite, la RN 12, entre Si-Mustapha et Bordj-Menaïel. 36 Km ( **Figure III.2.4.4**)



**Figure III.2.4.4 : 3ème rocade d’Alger**

### III.2.5 La 4ème Rocade d’Alger :

s’inscrit dans le Schéma Directeur Routier et Autoroutier (SDRA) élaboré par le Ministère des Travaux Publics dans le cadre du développement et de la modernisation des infrastructures routières et autoroutières du pays Celui-ci englobe, entre autres, l’étude et la réalisation de plusieurs Rocades destinées à désengorger la région du « Grand Alger », à savoir :

- La 2ème rocade qui relie Zéralda à Boudouaou ;
- La 3ème Rocade qui relie Cherchel à Tizi-ouzou ;
- Et la 4ème Rocade qui relie Bordj Bou Arreridj à Khemis Miliana.

La 4ème Rocade Autoroutière contribuera au soulagement des régions du centre du pays du trafic de transit Est-Ouest, ainsi qu’au renforcement et à la consolidation de l’infrastructure routière de la région du Titteri (Médéa) et celle du sud de Bouira.

Cette nouvelle infrastructure à péage constituera à terme une option de plus pour le trafic empruntant l’autoroute Est-Ouest et permettra également de diminuer la pression, de plus en plus accrue, qui s’exerce sur les principaux axes routiers tels que la RN4, la RN5 et la RN1.

(**Figure III 2.5.5**)

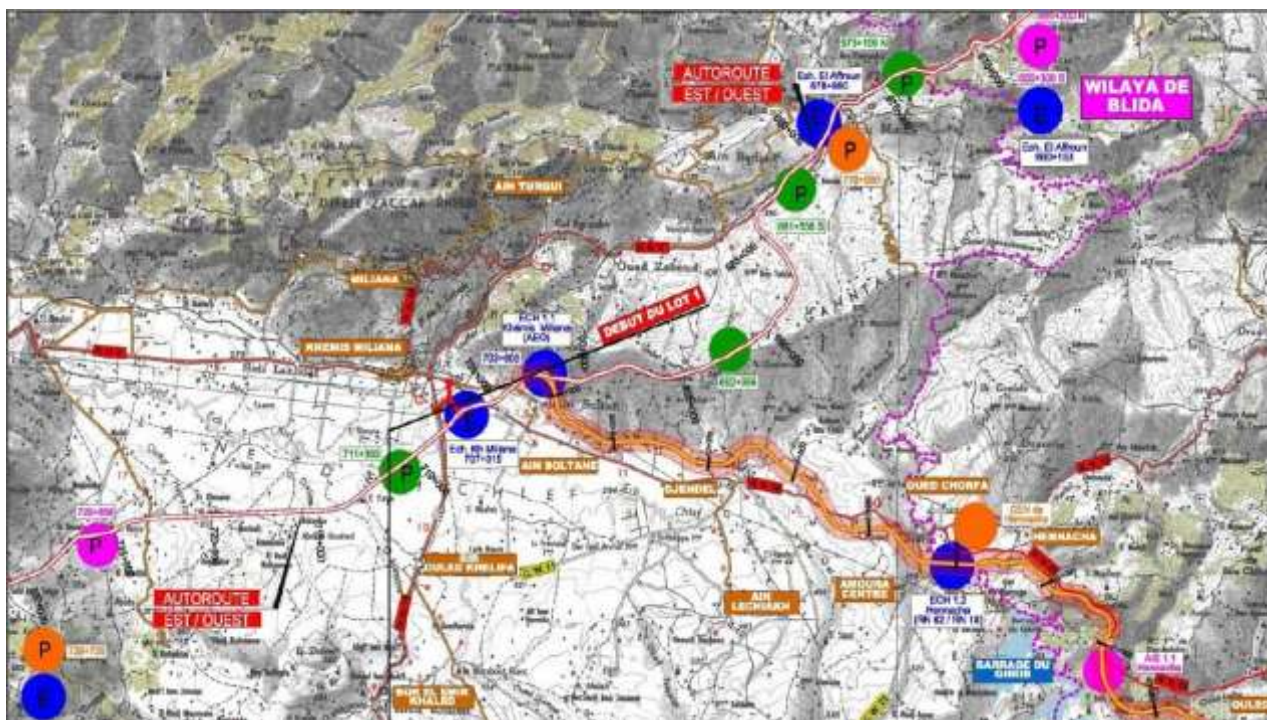


Figure III 2.5.5 : 4<sup>ème</sup> rocade d'Alger

### III.3 Rocade dans le monde :

#### III.3.1 Introduction :

Une rocade est une route construite en périphérie des villes et permettant d'effectuer rapidement un trajet sans passer par le centre-ville .

Les rocades permettent généralement une circulation sur deux ou trois voies. Elles sont conçues pour les automobiles, motocyclettes et véhicules de transport de marchandise, mais selon le cas peuvent être ouvertes aux cyclomoteurs voire aux vélos.

#### III.3.2 Rocade et ses différents :

La rocade est au coeur de tous les débats dès qu'est abordée la question de la pratique automobile ou celle de la congestion des réseaux routiers.

Les enquêtes transport réalisées (enquête ménage déplacement et enquête cordon) offrent justement la possibilité d'une analyse des usages de la rocade. Les déplacements sont étudiés selon leur origine, leur destination, les heures de passage sur l'infrastructure ou encore les raisons qui motivent les personnes à l'emprunter.

#### ❖ Rocade en France :

En France, la vitesse en ville est limitée par la loi à 50 km/h et à des vitesses avoisinantes par la signalisation. Une rocade permet donc de traverser la ville sans être exposé à ces limitations de vitesse, au prix d'un détour plus ou moins important. En France, les rocades peuvent avoir le statut d'autoroute, des routes nationales ou départementales. La vitesse y est généralement limitée à 70 km/h, 90 km/h ou exceptionnellement à 110 km/h.

### ❖ **Rocade nord de Cáceres :**

Aussi appelé *Ronda Norte* entoure la ville de Cáceres d'est en ouest par le nord de l'agglomération.

D'une longueur de 6 km environ, elle relie la route nationale pénétrante nord et la pénétrante est en venant de Trujillo.

- Elle dessert tous le nord de Cáceres ainsi que les petites communes aux alentours.

C'est une voie express 2x2 voies avec échangeurs en giratoires

- Elle débute à l'est de Cáceres au niveau de l'Université d'Estrémadure sur un giratoire qui la connecte avec la CC-23 et l'Avenida de la Universidad
- Elle longe l'agglomération par le nord et se termine en se connectant par un giratoire à la CC-11 venant de l'A-66 Nord (**Figure III 3.2.6**)



**Figure III 3.2.6: La Rocade Nord de Cáceres**

### ❖ **Rocade en Espagne :**

La rocade a été inaugurée en 2008 sur sa partie Est entre Santa Isabel et près de Cartuja Baja. Cette section permet de boucler la rocade et la décharger sur sa partie ouest afin de rejoindre plus facilement le sud de l'agglomération depuis en venant de Barcelone. Elle permet aussi d'améliorer la traverser de la ville du sud au nord pour les véhicules en provenance de Sagonte et à destination de Le Somport.

### ❖ **rocade sud-Est de Madrid M-45 :**

La **M-45** est une voie rapide qui a les caractéristiques autoroutières faisant le tour de l'agglomération de Madrid appartenant à la Communauté de Madrid.

D'une longueur de 45 km environ, elle permet de contourner l'agglomération Madrilène pour desservir

au mieux les grandes zones industrielles du sud de la capitale. Elle comporte un minimum de deux voies de circulation dans chaque sens.

Elle croise certaines autoroutes reliées au réseau espagnol à destination des différents points cardinaux du pays :

- A-3 : Corridor Est
- A-4 : Corridor Sud

Mais encore les autoroutes locales qui partent de Madrid :

- A-42 : Madrid - Tolède
- R-3 : Autoroute Radiale Est
- R-5 : Autoroute Radiale Sud-ouest

Elle porte son nom *M-45* car elle relie le 2<sup>ème</sup> Ring de Madrid (M-40) au 3<sup>ème</sup> Ring (M-50) entre Coslada et Leganés au sud de la ville. Elle a été construite pour doubler la M-40 et la M-50 dans le secteur sud-est particulièrement chargé du fait des nombreuses industries et villes de plus de 100000 habitants se situant sur son tracé.

Elle se détache de la M-50 juste après la bifurcation avec l'A-2 pour se reconnecter après avoir desservi les grandes zones industrielles du l'est de l'agglomération à l'A-5 en direction du sud-ouest.

Elle se détache de la M-50 au sud de San Fernando de Henares. Elle croise dans un premier temps la R-3 puis l'A-3 et dessert la nouvelle zone d'activité de Vallecas.

- \* Elle croise ensuite la M-31 qui permet de la relier soit au périphérique de l'agglomération, soit à la Rocade de l'aire métropolitaine de Madrid.
- \* Dans le secteur sud elle bifurque avec l'A-4 et l'A-42 où elle dessert les zones industrielles du sud de la capitale.
- \* Elle rejoint la M-40 au nord de Leganés.

### ❖ **Rocade express de rabat ( maroc ) :**

est une voie de 24 km contournant la ville de Rabat et évitant ainsi aux véhicules la traversée par le centre-ville. Cette rocade de 2x2 voies, gérée par Autoroutes du Maroc, est gratuite pour tous les types de véhicules, contrairement à la rocade de Casablanca.

Un périphérique autoroutier de 41 km est prévu à l'horizon 2012, et qui assurera la liaison entre les différents axes autoroutiers Nord, Sud et Est, permettant ainsi de soulager les artères de la capitale,

l'actuelle rocade express et de mieux desservir les quartiers périphériques et la ville nouvelle de Tamesna.

❖ **Rocade de Tunis :**

Le ministère de l'équipement et de l'environnement engagera en 2014 la libération de l'emprise foncière du projet de Rocade extérieure du Grand-Tunis x 30 qui reliera les différentes autoroutes de Tunis, selon des données publiées par ledit ministère. Il s'agit de la réalisation d'une "voie express" à 25 km de la capitale, traversant les gouvernorats de l'Ariana, la Manouba et Ben Arous.

Cette voie qui s'étendra sur 80 kms reliera le port financier Al Hsyane (Raoued) à l'autoroute Tunis-Hammamet et devrait démarrer au cours des prochaines années d'après le ministère. (Figure III.3.2.7)

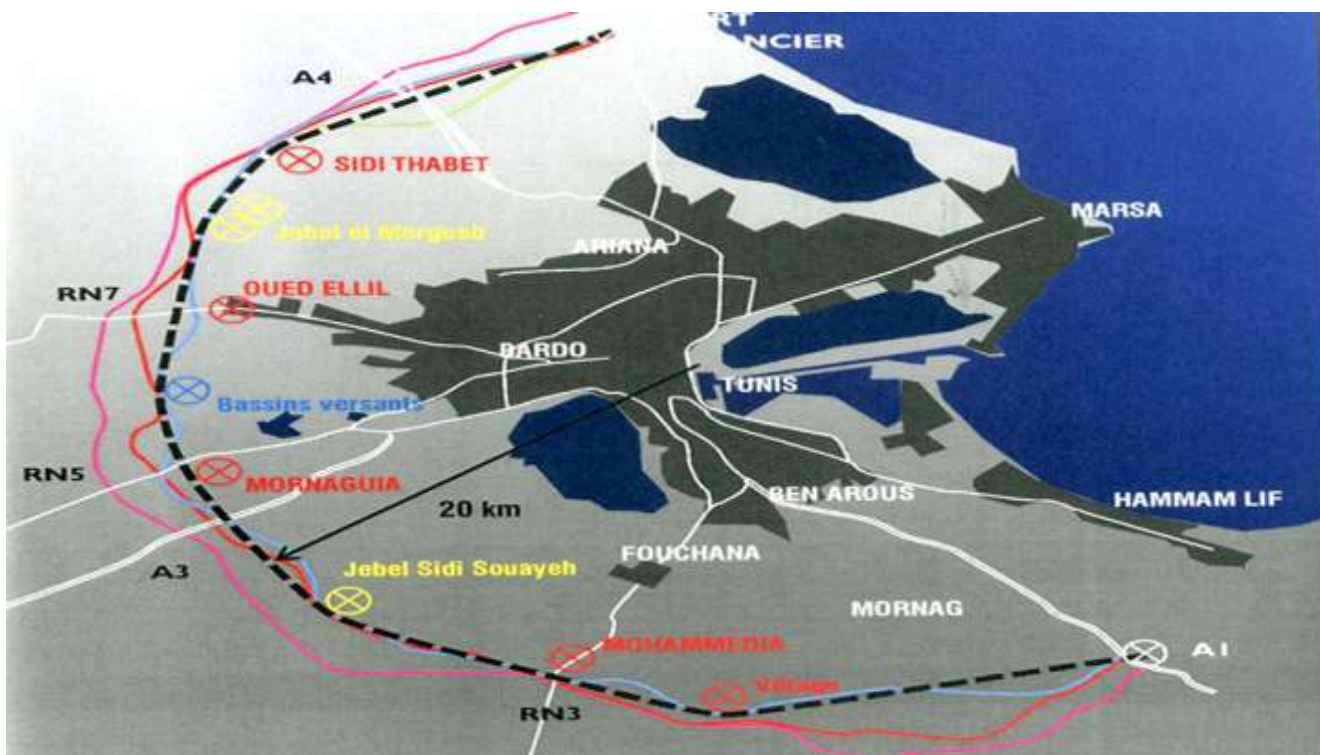


Figure III.3.2.7 : Rocade extérieure du Grand-Tunis

## VI Impact sur l'environnement:

### VI.1 Introduction :

L'objet d'une étude d'impact sur l'environnement est d'identifier, d'évaluer et de mesurer les effets directs et indirects à court, moyen et long terme d'un projet et de proposer les mesures adéquates pour limiter les effets négatifs du projet.

La particularité de la route est son caractère linéaire et son impact sur des milieux de natures totalement différentes. On peut les inventorier avec un minimum de bon sens. Le domaine foncier pris au sens large est le premier impacté. La route interagit Elle impacte l'environnement, au sens étymologique, donc des écosystèmes définis par leurs composants : eau, air, faune, flore, sol et sous-sol. Les exigences sociales ont peu à peu forgé des outils législatifs et réglementaires qui encadrent ces domaines. La route touche aussi les zones urbaines.

Une nouvelle infrastructure modifiera le développement urbain, mais aussi le développement économique d'un territoire.

L'identification des impacts d'un projet routier est basée sur l'analyse des relations conflictuelles possibles entre le milieu traversé et l'infrastructure à implanter. Cette analyse permet de mettre en relation les sources d'impact associées aux phases de pré- construction, de construction et d'exploitation de la nouvelle infrastructure et les différentes composantes du milieu susceptibles d'être affectées.

L'objet d'une étude d'impact sur l'environnement est d'identifier, d'évaluer et de mesurer les effets directs et indirects à court, moyen et long terme d'un projet et de proposer les mesures adéquates pour limiter les effets négatifs du projet.

### VI.2 L'analyse des alternatives des différentes options du projet :

#### a) L'alternatif (pas de projet) :

Actuellement, le trafic de notre voie est dense, et les conditions de circulation sont mauvaises, notamment en raison de la surcharge des véhicules surtout pendant la saison estivale .cette situation génère plusieurs risque comme les accidents ; la pollution de l'air et de sol et le bruit

#### b) L'alternatif (projet) :

La réalisation de la nouvelle rocade emmènera à la wilaya un développement sur le plan sécuritaire, économique, et touristique. Les retombées de cette voie :

- ❖ Le développement du réseau autoroutier de la wilaya de Mostaganem
- ❖ Une réponse aux besoins de confort, et de la sécurité dans le déplacement ;

- ❖ Une contribution au développement touristique de la wilaya de Mostaganem,
- ❖ Le développement et la croissance économiques des régions traversées par le projet.

Pour la santé publique et la sécurité, on a un risque d'accidents routiers engendrés par la circulation

Le réseau routier connaît et connaîtra un développement dont l'impact sur le paysage et l'environnement s'accroîtra sans cesse. La prise en charge de cette préoccupation passe obligatoirement par la maîtrise des nuisances et des impacts de cette infrastructure, il faut donc étudier les impacts que peut provoquer le projet sur le milieu naturel avant de passer à l'étape de réalisation.

L'implantation de la nouvelle rocade express, est entreprise dans le but de renforcer et d'améliorer le réseau routier de Mostaganem

### VI.3 L'analyse multicritère

L'analyse multicritère des variantes de tracé a été menée en tenant compte des principaux critères quantitatifs, les critères qui étudier dans ce projet de la rocade côtière sont les suivants :

- Effets du projet sur le développement économique régional (perte de production agricole).
- Effet du projet sur l'emploi.
- Effet du projet sur l'environnement (milieu naturel et milieu humain).
- Effet du projet à tourisme.
- Niveau de desserte de rocade.

Pour chaque critère .une note est attribuée a chaque tracé selon la grille suivante :

Symbole	Niveau du critère
++	Très favorable
+	Favorable
0	Neutre
-	Défavorable
-	Très défavorable

Tableau VI.3.1 : grille du critère

Les critères pour l'évaluation le projet de la rocade sont analysés plus ponctuellement :

<b>Critères</b>	<b>Points d'analyse</b>
Développement économique et aménagement du territoire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nbre de communes et population</li> <li>• Taux moyen des primes de l'Etat</li> </ul>
Avantage pour les usagers	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temps : heures gagnées</li> <li>• Frais de fonctionnement</li> </ul>
Environnement	Favorable, neutre, défavorable
Emploi	Nbre d'emplois liés a l'investissement, l'entretien et l'exploitation
Bilan cout-avantage monétarisables	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avantages actualisés globaux</li> <li>• Bénéfice propre</li> <li>• Bénéfice actualisé</li> <li>• Taux de rentabilité immédiate</li> </ul>

**Tableau VI.3.2 : Analyse des critères**

**VI.4 Aspect de l'environnement a préservé lors de la conception d'une infrastructure :**

L'implantation d'un projet routier entraîne des perturbations au niveau de la zone traversée par le projet, ces perturbations qui sont essentiellement du aux travaux de chantier (bruit, vibration, poussière, insécurité des piétons, boue...), ainsi que pendant la phase d'exploitation (augmentation de risque d'accidents) peuvent provoquer une modification des habitudes.

**VI.4.1 Impact sur l'air :**

Lors des travaux mécanisés (décapage, déblai, remblai, excavation.....) et du transport des matériaux, des intrants ; des déchets et surtout l'exploitation des caractères, l'air a été pollué localement a cause des fumées et des poussières des engins et véhicules de chantier , cette concentration de la poussière et gaz d'échappement dans l'atmosphère a été ressentis au niveau des

village riverains a la zone directe du projet et peut contenir des germes pathogène qui ont favorise la propagation des maladies respiratoires et la méningite.

De manier générale complet tenu des mesures de précaution qui ont été prises pendant la phase des travaux l'impact a été direct, négatif, d'intensité moyenne, de courte durée et d'étendue locale et d'importance moyenne.

baisse de la consommation de carburants et la diminution des émissions de CO2

### **VI.4.2 Impact sur l'eau :**

la réalisation d'un tronçon routier peut provoquer la pollution et la perturbation des eaux souterraines et de surfaces pendant la phase de réalisation du projet, ainsi que pendant la phase d'exploitation

#### **a) Phase de chantier**

- \* Intervention d'engins de chantier provoque la pollution des eaux par les hydrocarbures (fuel, huiles) ;
- \* La pollution des eux de surface et souterraine par le rejet des eaux de chantiers .
- \* La modification du régime d'écoulement des eaux de surfaces et souterraine a cause des travaux de terrassement, et de remblaiement ;
- \* Le rabattement des nappes par pompage qui conduit à un abaissement du niveau des nappes phréatiques ainsi q'une modification du régime d'écoulement des eaux souterraines.

#### **b) Phase d'exploitation :**

Les eaux de ruissellement se chargent d'apports provenant des gaz d'échappement, de l'usure des chaussées et des pièces des véhicules (plaquettes de frein, pneumatiques par exemple).

A titre d'exemple les rapports annuels sur une route à deux voies supportant un trafic de 10000 véhicules par jour s'élèvent à :

- \* Matières en suspension 200 à 1200Kg / Km ;
- \* Demande chimique en oxygène (DCO) 230 à 400 Kg / Km

### **VI.4.3 Faune, flore, écosystèmes :**

L'impact sur les milieux naturels doit être apprécié sur l'ensemble d'un biotope ou d'une zone écologique cohérente, dès lors que le projet a une incidence sur l'équilibre écologique, les fonctionnalités de l'écosystème et les équilibres faune-flore. Les zones sensibles sont de plus en plus délimitées et protégées par des classements réglementant les usages et les équipements réalisables à leur abord.

Les zones humides, dont marais et berges, constituent des biotopes riches en flore et en faune, d'intérêt élevé et en régression. Ces zones sont biologiquement très riches. De plus elles contribuent à l'absorption du gaz carbonique émis par les transports dans l'air, leur production végétale est le premier élément d'une part majeure de la chaîne alimentaire terrestre (invertébrés, oiseaux, mammifères..).

L'étude doit aussi porter sur les impacts en termes de fragmentation écologique, et sur les couloirs de migration des animaux, y compris nocturnes (l'environnement nocturne a souvent été oublié par les études d'impacts, alors que les projets routiers participent au phénomène dit de pollution lumineuse, qui dans de nombreux pays augmente de 4 à 5 % par an, ).

### **VI.4,4 Impact sur la santé :**

Les contraintes de protection de la santé s'imposent maintenant aux projets routiers. Cette thématique doit être développée dans les études d'impact, et les mesures compensatoires ou préventives doivent être mises en œuvre par le maître d'ouvrage.

Le volet santé de l'étude d'impact doit en particulier évaluer l'état initial en termes de mortalité et de morbidité sur une zone d'étude pertinente. Il doit ensuite évaluer l'incidence de l'aménagement sur ces données.

Ainsi des zones de passage pourront être totalement condamnées si des mesures de protection ne sont pas réalisables.

### **VI.45 Impacte sur les habitants :**

#### **a) Le bruit :**

C'est un des impacts les plus manifestes de la circulation routière et peut apparaître pendant la phase de la construction.

Le bruit routier provient du bruit des moteurs et de roulement. La législation a aussi modifié les niveaux sonores maximum d'un véhicule. Les évolutions réglementaires et techniques ont permis de diminuer considérablement les bruits des moteurs.

Deux facteurs sont à l'origine de ce bruit : le revêtement routier et le pneumatique.

#### **❖ Phase de chantier :**

- \* Nuisance sonore due aux émissions lors du fonctionnement d'engins de chantier (engins de terrassement, palplanche, engin de forage...);
- \* Emission de vibration à cause de l'intervention d'engins de chantier (engins de terrassement, marteaux piqueurs, palplanche, engin de fonçage...).

### ❖ Phase d'exploitation :

il est lié exclusivement à la circulation routière qui a pour origine le bruit émis par les moteurs des véhicules, ainsi le bruit dus au contact pneumatique- chaussée.

Les moyens pour lutter contre le bruit dans un projet routier peuvent prendre plusieurs formes :

- \* Réduction de la vitesse,
- \* Implantation de la voie par rapport aux zones bâties (niveau de bruit moyen diminue de 3 dB chaque fois que la distance est doublée),
- \* Construction de buttes de terre,
- \* Baisse du profil en long par rapport au terrain naturel,
- \* Murs antibruit,
- \* Isolation des bâtiments.

### VI.46 L'impact sur le milieu physique :

Il est lié essentiellement à :

- \* Déracinement des arbres constitue de dangereuses ouvertures pour des parasites divers dans le sol ;
- \* Les terrassements du sol conduit à un déséquilibre dans l'aération des racines et empêche ainsi leur développement ;
- \* Désorganisation du territoire agricole ;
- \* Diminution du couvert végétal.

### VI.47 traitement paysage :

- \* Assurer un contrôle régulier des engins et de la qualité de leur combustion.
- \* Assure un arrosage régulier du chantier particulièrement en période sèche.

### VI.48 Impacte sur l'activité socio-économique :

- \* un renforcement de l'infrastructure routière a l'échelle nationale
- \* un renforcement de l'économie nationale engendrée par la fluidité du trafic.
- \* un gain en temps de parcours

- \* une amélioration de la sécurité routière et par conséquent une réduction du nombre d'accident.
- \* Une réduction de la consommation de carburant, de lubrifiant, de l'entretien et plus généralement des différents véhicules.

### **VI.49 L'évolution spatio-temporelle et l'efficacité des mesures envisagées :**

La phase d'identification des impacts potentiels du projet a été suivie de l'évaluation de leur importance. L'importance des impacts environnementaux est généralement évaluée en fonction de leur portée spatiale (distribution géographique), de leur durée (court terme ou long terme), de leur intensité (mesure du niveau de changement pour un paramètre et la vérification de dépassement de certains seuils), de leur réversibilité (réversible ou irréversible) et de leur sensibilité (ex. : impacts sur une zone sensible dans le pays, telle une réserve naturelle).

#### **a) Mesures a court terme:**

- \* aménagement paysager le long de la rocade
- \* réhabilitation des sites pendant la période du chantier
- \* préserve la qualité de l'aire a travers un contrôle régulier des engins et un arrosage régulier du chantier
- \* indemnisation des exploitants agricoles et de la population expropriée de son habitat et affectée par l'aménagement routier.

#### **b) Mesures à long terme :**

- \* fixation des sols menacés par l'érosion le long de la route
- \* contrôle régulier de la qualité des émissions atmosphérique engendrées par la circulation routée.
- \* Mise en place d'ouvrages hydrauliques en vue de gérer convenablement l'écoulement d'eau de surface.
- \* Réduction du cout d'exploitation du véhicule
- \* Renforcement de l'économie nationale.

**VI.5 Conclusion :**

La route côtière est une route facilitant la navigation et réduisant la densité du trafic. Ce projet a de nombreux effets positifs, tels que la réduction des accidents de la route et la satisfaction des besoins de confort et de sécurité, mais aussi des inconvénients, car la pollution causée par les véhicules réduit la productivité agricole; Mais la construction de cette route servira et protégera la communauté et l'environnement.

## Chapitre I : Présentation de projet

### I-1 Généralités de la wilaya de Mostaganem :

La wilaya de Mostaganem appartient à l'ensemble régional ouest du pays, frange littorale accessible, dynamique, par son activité touristique et commerciale dans toutes ces formes. Le territoire de la wilaya est délimité par la zone d'Arzew à l'ouest, Mascara ou sud-ouest, Tiaret au sud-est, Relizane et Chlef à l'est.

Mostaganem prononcée est une commune algérienne de la wilaya de Mostaganem dont elle est le chef lieu. C'est une ville portuaire de la Méditerranée, située au nord-ouest de l'Algérie, à 363 Km à l'ouest d'Alger. Elle est parmi les plus grandes villes de l'ouest du pays après Oran. (**Figure 1**)

Considérée en Algérie comme la « capitale du Dahra » Mostaganem est parfois surnommée « la ville des Mimosas » l'unité urbaine de Mostaganem s'étend en outre de la commune du même nom, sur les communes de Mazargan et de Sayada et comprend une population de 162885 habitants en 2008. Elle est également une ville culturelle et artistique importante, foyer de la tariqa El Alaouiya, implantée dans plusieurs pays et dotée d'un riche patrimoine et d'une création artistique active notamment dans la musique chaâbi.

Le climat de Mostaganem se caractérise par un climat semi-aride en hiver tempéré et une pluviométrie qui varie entre 350 mm sur le plateau et 400 mm sur les piémonts du Dahra.

Situé dans la zone de plaine littorale plus riche (124 Km), la vocation principale de la région est agricole.



**Figure I.1: Les communes de la wilaya de Mostaganem**

❖ Les réseaux d'infrastructure qui se trouvent à Mostaganem sont comme suite : (Figure 2 et Tableau 1)

Réseau routier	Réseau portuaire	Réseau ferroviaire	Réseau aéroportuaire
-Routes nationales ( 332.43) -Chemins de wilaya ( 653.83) -Chemins communaux ( 1147.98)  -Les ouvrages d'art sur RN : 36 -Les ouvrages d'art sur CW : 24	-Port de marchandises de Mostaganem. - Port de pêche de Sidi Lakhdar. - Port de pêche et de plaisance de Salamandre	-Voie Ferrée pour le transport de marchandises reliant le port à la gare de Mostaganem en direction de Mohammedia	Piste principale (1360 m x 30 m) - Piste secondaire (700 m x 30 m) - Aires de stationnement 13 000 m <sup>2</sup> - Voies de circulation (450 m x 20 m)

TableauI.1 : Les réseaux d'infrastructure De Mostaganem



FigureI.2 : Les réseaux d'infrastructure De Mostaganem



Figure I.3 : zone d'étude

## ❖ La Rocade en Mostaganem :

La pénétrante de Mostaganem fait partie des projets de pénétrantes autoroutières devant relier l'Autoroute Est-Ouest à plusieurs villes côtières. Celle de Mostaganem qui a été annoncée en 2009 doit relier l'Autoroute Est-Ouest depuis la sortie n° 56 dans la commune d'El Hamadna à la ville de Mostaganem à travers le plateau de Mostaganem. (Tableau 2)

Parcours	Kilométrage
Commune de Mostaganem 2 km	2 km
Citronniers	2.4 km
alaoucha	4.4 km
Sidi Fellag	5 km
Plage Sonakter	6 km
Zone Industrielle	6.7 km
<u>Khair-Eddine</u>	6.9 km
Kharouba	1.2 km
Monadour	6.9 km
Mazagran	7.1 km

Tableau I.2: Rocade en Mostaganem

## I.2 Cadre d'étude :

L'étude d'un deuxième boulevard périphérique de la ville à deux chaussées unidirectionnelles (CW07bis) entre les Sablettes, Mazagran et le carrefour giratoire urgence sur 26 km lancée, rentre dans le cadre du programme de développement de l'infrastructure de base de la wilaya de Mostaganem

La direction des travaux publics « DTP » de la wilaya de Mostaganem a procédé a la création de ce deuxième boulevard périphérique qui relie Le côté est de la ville de Mostaganem (RN 11 et Pénétrante Autoroutière) au côté ouest (RN11 allant vers Oran) en passant par les deux ports (commercial et port de plaisance) de la wilaya pour répondre au grand trafic passant par le premier boulevard périphérique et pour assurer la circulation des usagers et des marchandises .



Figure I.4 : photo Google earth

Notre projet est un tronçon d'environ du Pk 3km 250m au Pk 4km850m , fera l'objet de notre présente étude et ceci en deux phase :

- une phase APS consacrée à l'étude de deux variantes.
- une phase APD, traitera l'étude de la variante choisie.

- **Avant projet sommaire (APS) :**

l'avant projet sommaire a pour but de faire une reconnaissance générale des conditions de relief et du sol dans lesquelles se développera la future route, des conditions d'approvisionnement en matériaux (par prospection au voisinage du tracé des carrières probables pour les différents matériaux nécessaires à la réalisation du projet) ,et d'étudier des variantes de manière très générale afin de pouvoir justifier le choix de la variante retenue.

Tous les renseignements fournis par l'APS servent comme base de réflexion dans le choix de la variante avantages inconvénients pour la nouvelle route et pour faciliter les avis de principe du côté autorités supérieures ou des responsables chargés du lancement et du suivi du projet.

A la fin, l'avant projet sommaire doit contenir les pièces nécessaires pour l'obtention des visas d'approbations des autorités concernées.

- **Avant projet détaillé(APD) :**

Ce projet contient des pièces similaires à ceux l'APS mais plus détaillées (échelle 1/1000 et parfois 1/500) de telle manière qu'ils peuvent permettre de d'approcher le coût réel de l'ouvrage et peuvent servir aussi au lancement des appels d'offres.

Les travaux développés dans ce sens sont :

- Implantation sur terrain de la variante optimum.
- Levé en plan de la bande d'étude pour obtenir un plan de situation (dénivelée du terrain : courbes de niveaux), à l'échelle 1 :1000 ou 1 :500 la bande d'études visée aura une largeur au minimum de 50 m mais couramment on prend des largeurs de 100 à 300m le long de l'axe de la route selon l'importance de la route.
- Etude du tracé sur les nouveaux plans.
- Etablissement de toutes les pièces nécessaires à la réalisation du projet (tracé en plan, profils en long, profils en travers,...).

### I.3 Objectif de projet :

Notre projet a concise a montrer Le deuxième boulevard périphérique de Mostaganem, a pour objet :

- Renforcer le réseau routier local et régional.
- D'assurer un rôle dans le rééquilibrage du territoire.
- Favoriser la mobilité douce et réduire la congestion, les temps de déplacement, et les accidents.
- D'accroître la sécurité routière des usagers.
- Soutenir les objectifs de développement économique de la wilaya et ,de la région en générale.

## Chapitre II : Classification Routière

### **II.1 Introduction :**

Les caractéristiques géométriques des routes déterminées pour atteindre le niveau de service visé. Ces caractéristiques géométriques d'aménagement sont déterminées en fonction de paramètres physiques fondamentaux mesurables, communs à tous les projets. Ces paramètres dépendent des véhicules, des conducteurs et de la chaussée. Ils sont estimés (fixés) à partir d'études expérimentales et expriment le comportement dynamique du véhicule sur la chaussée et celui du conducteur.

### **II.2 Levé topographique :**

Toute étude est conçue sur un fond topographique définissant l'état du relief.

Pour notre étude on dispose d'un levé topographique numérique établi à l'échelle 1/1000

Comportant les détails planimétrique et altimétrique du terrain naturel.

### **II.3 Classification des routes :**

#### **3-1 Classification selon la liaison :**

Selon le B40 (norme technique d'aménagement des routes Algériennes) les routes sont classées en cinq catégories fonctionnelles, correspondant aux finalités économiques et administratives.

Les cinq catégories de la route sont :

**Catégorie 1 :** liaison entre les grands centres économique et industrie lourde

**Catégorie 2 :** liaison entre les centres d'industrie de transformation et d'industrie légères.

**Catégorie 3 :** liaison entre des chefs lieux de wilaya et de daïra non desservis par le réseau de CAT 1 et CAT 2.

**Catégorie 4 :** liaison des centres de vie non reliés au réseau de CAT 1-2-3.

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

#### **3-2 Classification selon la catégorie de route :**

##### **➤ Routes exceptionnelles :**

Ce sont des routes avec deux chaussées unidirectionnelles séparées, on admet que leurs tracés comportent quelques points de croisement plan.

##### **➤ Routes 1<sup>ère</sup> catégorie :**

Ces routes correspondent aux routes à grand trafic dont le tracé est sur un terrain facile et peu accidenté avec quelque passage en agglomération et des croisements.

➤ **Routes 2<sup>ème</sup> catégorie :**

Ces routes correspondent aux routes supportant un trafic moyen et dont le tracé se développe dans un terrain vallonné, sortant du cadre de la première catégorie.

➤ **Routes 3<sup>ème</sup> catégorie :**

Ce sont des routes qui supportent un trafic faible et dont le tracé correspondant à une section transversale difficile, dans un terrain à relief accidenté.

➤ **Routes de 4<sup>ème</sup> catégorie :**

Ces routes sont tracées dans des sections très difficiles, ou leurs reliefs ne permettent pas de passer ou de réaliser des routes de catégories supérieures.

**3-3 Classification fonctionnelle :**

➤ **Chemins communaux CC:**

Les chemins communaux constituent un maillon important dans le réseau routier, elles permettent la liaison des villages au réseau principal de routes. Elles peuvent s'étendre sur une ou plusieurs communes, entretenues par les collectivités locales.

➤ **Chemins de wilaya CW:**

Les chemins de Wilaya ou Chemin Department aux relie le réseau de routes communales au réseau national. Ces routes peuvent desservir uniquement la wilaya et sont à la charge de celle ci comme ils peuvent desservir deux Wilayas avoisinantes.

➤ **Routes nationaux RN:**

Les routes nationales sont d'un intérêt commun pour plusieurs Wilayas (départements) ou pour le pays entier. Elles constituent des itinéraires inter-wilaya qui supportent un grand trafic. La construction, l'aménagement, l'entretien et la gestion de ces routes est faite par le budget de l'état.

➤ **Autoroutes :**

Les autoroutes sont des routes nationales d'une catégorie spéciale, elles sont constituées de deux chaussées unidirectionnelles séparées par terre plein central, ne comportant aucun passage ou carrefour à niveau. Les autoroutes sont réservées à la circulation mécanique rapide et ne sont accessibles qu'à des points spécialement aménagés. Les autoroutes sont réalisées, aménagées, entretenues et gérées le plus souvent sur des capitaux privés ou groupes d'investissement. Les autoroutes offrent :

- Une Grande réserve de capacité.

- Des conditions meilleures de circulation.
- Une sécurité maximum pour les usagers.

#### **II.4 Environnement de travail :**

L'outil informatique est jugé indispensable pour ce genre d'étude, c'est l'occasion pour nous d'essayer d'utiliser comme AUTOCAD et COVADIS afin d'être à jour une fois recruté le monde professionnel.

#### **4-1 Présentation de logiciel :**

##### **❖ AUTOCAD :**

AUTOCAD est un logiciel de dessin et de conception assistée par ordinateur. Le logiciel est édité par la société Autodesk.

Bien qu'il ait été développé à l'origine pour les ingénieurs en mécanique, il est aujourd'hui utilisé par de nombreux corps de métiers. Il est actuellement le logiciel de DAO le plus répandu dans le monde. C'est un logiciel de dessin technique pluridisciplinaire :

- Industrie
- Cartographie et Topographie
- Electronique
- Architecture et Urbanisme
- Mécanique.

##### **❖ COVADIS :**

Covadis est un logiciel complet, simple et interactif de topographie et de conception VRD, Il garantit une approche globale ainsi qu'une maîtrise totale de tous projets d'aménagements.

En exploitant sa technologie objet, son interactivité, ses profils associatifs, ses plates-formes dynamiques et ses métrés automatique, le temps consacré à nos études est réduit considérablement.

Toute modification d'un projet a posteriori régénère automatiquement le calcul et les métrés.

De l'avant-projet aux plans d'exécution, COVADIS nous permet d'optimiser grâce à son interactivité, toutes les étapes de l'étude et de la conception.

COVADIS nous permet notamment de réaliser nos calculs tonométrique; nos plans topographique, en plus nos projets de lotissements, nos aménagements urbains, nos réfections de voiries, nos projet VRD, nos calculs hydraulique, nos dimensionnement de réseaux, etc.

Son utilisation reste toujours très simple pour des géomètres ou des projeteurs.

COVADIS est donc l'application d'AUTOCAD dédié aux géomètres, aux bureaux d'études VRD, aux entreprises de BTP et aux collectivités locales et territoriales. Il regroupe, en un seul logiciel, l'ensemble des fonctionnalités (métiers) suivantes :

- Topographie.
- Dessin assisté.
- Projets de lotissements.
- Modèle Numérique de terrain.
- Conception 3D
- Terrassement multi plates-formes
- Projets linéaires (voirie, route).
- Réseaux d'assainissement.
- Réseaux DIVERS.
- Giratoires et épures de giration.
- Métrés et bordereaux Rendu 3D

### CHAPITRE III -1Tracé en plan

#### III.1.1 Définition :

Le tracé en plan est une projection horizontale sur un repère cartésien topographique de l'ensemble des points définissant le tracé de la route. C'est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route.

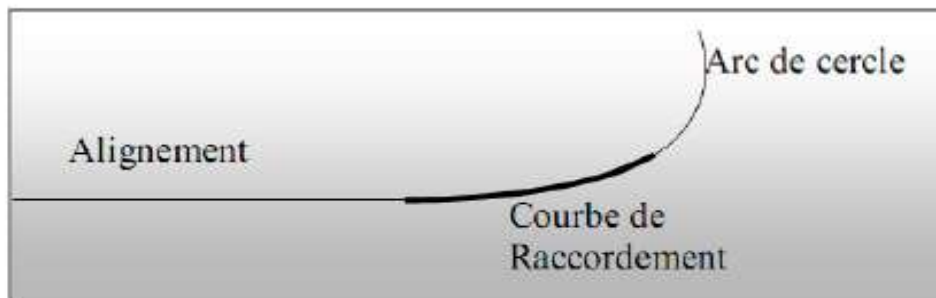


Figure III.1.1 : les éléments de tracé en plan

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

- Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles.
- Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- Adapter au maximum le terrain naturel.
- Appliquer les normes du **B40** si possible.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Respecter la cote des plus hautes eaux.
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- Se raccorder sur les réseaux existants.
- S'inscrire dans le couloir choisi.

### III.1.3 Les Éléments Du Tracé En Plan :

Le tracé en plan est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes, il est caractérisé par la vitesse de référence appelée ainsi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles d'autre part, elle se fait à l'aide de **Clothoïdes** qui assurent un raccordement progressif par nécessiter de sécurité et de confort des usagers de la route.

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments:

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

#### a) Alignements droits :

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

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

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

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

- En plaine où, des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- Dans des vallées étroites.
- Le long de constructions existantes.
- Pour donner la possibilité de dépassement.

Donc la longueur des alignements dépend de:

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

#### b) Règles concernant la longueur des alignements :

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

$$\mathbf{Lmin} = 5 \times \frac{V_B}{3.6} \quad \mathbf{V_B: vitesse de base en km/h}$$

Une longueur maximale **Lmax** est prise égale à la distance parcourue pendant **soixante (60)secondes**

$$\mathbf{Lmax} = 60 \times \frac{V_B}{3.6}$$

#### c) Arcs de cercle:

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

- Stabilité, sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulant à grande vitesse.
- Visibilité en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

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

#### III.1.4 Les variantes :

Les variantes sont en première approximation composées d'alignements droits raccordés par des arcs de cercles. Notre présente étude s'effectue sur les étapes suivantes :

- Détermination des coordonnées définissant l'axe de notre variante ainsi que les angles au centre des parties circulaires.
- L'environnement de la route.
- Dénivelée cumulée.

- Sinuosité.
- Vitesse de référence Vr.
- Les rayons en plan RHm, RHN, Rhd et RHnd.
- Choix des rayons.
- Détermination de tous les éléments des raccordements circulaires.
- Déclivités « profil en long ».
- Cubatures approchées.
- Conclusion.

### III.1.4.1 Calcul de gisement de distance et des angles au centre :

#### ❖ Gisement :

Le gisement d'une direction est l'angle dans le sens topographique (des aiguilles d'une montre) compris entre l'axe des Y et la direction.

$$G_{S_1S_2} = \arctg \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \arctg \frac{X_{S_2} - X_{S_1}}{Y_{S_2} - Y_{S_1}}$$

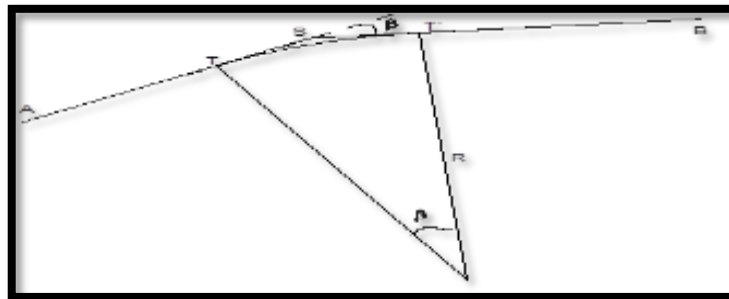


Figure III.1.2 : Détermination de l'angle au centre

#### b)-Distance :

La distance S1S2 est donnée par la relation :

$$S_1S_2 = \sqrt{(X_{S_2} - X_{S_1})^2 + (Y_{S_2} - Y_{S_1})^2}$$

#### c)-L'angle au centre :

L'angle au centre  $\beta$  est donné

$$\text{Par : } \Rightarrow \beta = G_{SB} - G_{AS}$$

### II.1.4.2 Détermination des éléments de Raccordement :

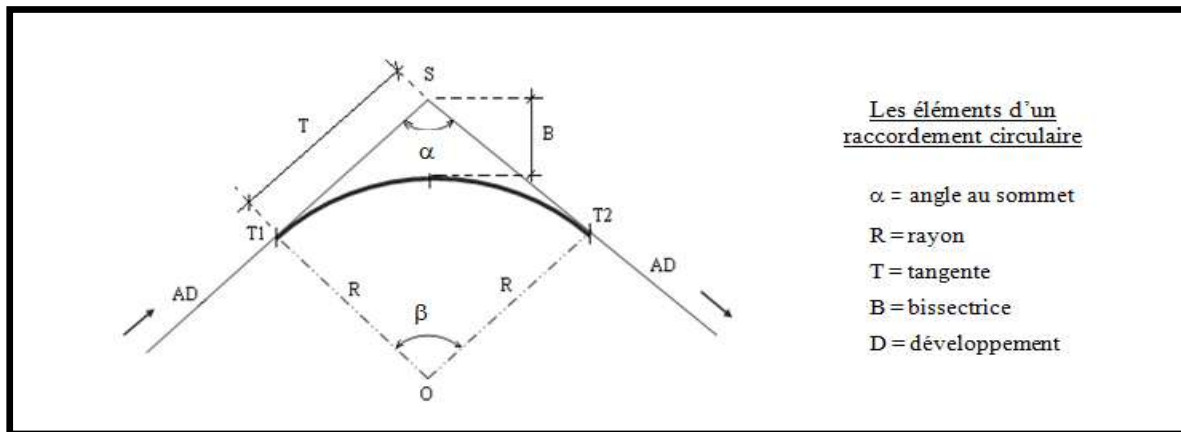


Figure III.1.3: les éléments d'un raccordement circulaire

✓ **angles de déviation au sommet  $\alpha$  :**

Quand on prolonge les alignements droits confondus avec l'axe de route.

**a- La tangente :**

$$\Rightarrow ST = ST' = R \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}$$

**b- La Bissectrice :**

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

**c- La développée :**

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

**d- La flèche :**  $\Rightarrow F = R \left( 1 - \cos \frac{\beta}{2} \right)$

### III.1.4.3 Environnement de la route :

Le B40 propose Trois classes d'environnement (**E1, E2, E3**) Chaque classe d'environnement est caractérisée par deux indicateurs à savoir :

- la dénivelée cumulée moyenne (**h/L**).
- la sinuosité ( $\sigma$ ).

❖ **La dénivelée cumulée moyenne :**

C'est la somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire. Le rapport de la dénivelée cumulée total H à la longueur total de l'itinéraire L permet de mesurer la variation longitudinale du relief.

$$\Rightarrow DC = \frac{H}{L} = \frac{\left| \sum_{P_i > 0} P_i \ell_i + \sum_{P_i < 0} P_i \ell_i \right|}{L}$$

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

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

**Tableau III.1.1 : Classification de terrain et Dénivelée cumulée**

❖ **Sinuosité :**

La sinuosité  $\sigma$  d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse Ls sur la longueur totale de l'itinéraire (la longueur sinueuse Ls est la longueur des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à

200 m).  $\Rightarrow \sigma = \frac{Ls}{LT}$

Type de sinuosité	Valeurs de sinuosités
Sinuosité faible	$\sigma \leq 0.1$
Sinuosité moyenne	$0.1 \leq \sigma \leq 0.3$
Sinuosité forte	$\sigma > 0.3$

**Tableau III.1.2 : Type de sinuosité**

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

Tableau III.1.3: Environnement de la route .

#### III.1.4.4 La vitesse de référence :

La vitesse de référence ( $V_r$ ) est une vitesse prise pour établir un projet de route, elle est le critère principal pour la détermination des valeurs extrême des caractéristiques géométriques et autre intervenant dans l'élaboration du tracé d'une autre.

Pour le confort et la sécurité des usagers, la vitesse de référence ne devrait pas varier sensiblement entre les sections différentes, un changement de celle-ci ne doit être admis qu'en coïncidence avec une discontinuité perceptible à l'utilisateur (traverser d'une ville, modification du relief ...ect).

La vitesse est donc fonction de :

- ✓ La catégorie.
- ✓ L'environnement.

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

Tableau III.1.4 : Vitesse de référence

#### III.1.5 Courbes en plan :

##### a)- Rayon horizontal minimal absolu (RHM) :

Il est défini comme étant le rayon au devers maximal :

**ft**: coefficient de frottement transversal

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

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

**b)- Rayon minimal normal (RHN) :**

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

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

**c)- Rayon au dévers minimal (RHd) :**

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

Dévers associé **dmin = 2.5%** en catégorie **1 – 2**

**dmin = 3%** en catégorie **3 - 4**

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

**d)- Rayon minimal non déversé (RHnd):**

C'est le rayon non déversé telle que l'accélération centrifuge résiduelle acceptée pour un véhicule parcourant à la vitesse **VB** une courbe de devers égal à **dmin** vers l'extérieur reste inférieur à valeur limitée.

Cat. 1 – 2       $\longrightarrow$       
$$RHnd = \frac{V_B^2}{127 \times 0.0035}$$

**III.1.6 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.

#### a)-Devers en alignement droit :

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

#### b)-Devers en courbe :

En courbe permet de :

- ❖ Assurer un bon écoulement des eaux superficielles.
- ❖ Comporter une fraction de la force centrifuge et assurer la stabilité dynamique des véhicules.
- ❖ Améliorer le guidage optique.

#### c)-Rayon de courbure

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

#### d)-Calcul des devers :

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

$$R_1 = 1000$$

$$R_{Hm} < R < R_{Hn} \text{ on a: } \frac{d(R) - d(R_{Hm})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hm}}} = \frac{d(R_{Hm}) - d(R_{Hn})}{\frac{1}{R_{Hm}} - \frac{1}{R_{Hn}}}$$

$$D(R_1) = 3.2\%$$

Les rayons compris entre  $R_{Hd}$  et  $R_{Hnd}$  sont au devers minimal mais des rayons supérieur à  $R_{Hnd}$  perturbation sur le plan de drainage peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune.

- **Rayon horizontal minimal absolu (RHM) :**

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

- **Rayon minimal normal (RHN) :**

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

- **Rayon au dévers minimal (RHd) :**

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

- **Rayon minimal non déversé :**

$$RHM = \frac{V_B^2}{127 (f_t - d_{\min})}$$

- **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** :

-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 **Dmin**.

$$D_{\min} = \frac{5}{36} \times v_B \Delta d \quad \text{Appelée longueur de gauchissement.}$$

- ✚ 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 peut unique peut être conservé.

- **dévers maximaux et minimaux**

Environnement Devers	Facile	moyen	Difficile
<b>Devers Minimal</b>			
Cat 1-2	2.5%	2.5%	2.5%
Cat 3-4-5	3%	3%	3%
<b>Devers Maximal</b>	7%	7%	7%
Cat 1-2	8%	8%	7%
Cat 3-4-5	9%	9%	9%

**Tableau III.1.5 : des valeurs des dévers maximaux et minimaux de la catégorie**

- **le coefficient transversal  $f_t$  :**

$V_r(\text{Km/h})$	40	60	80	100	120
$f_t$	0.25	0.16	0.13	0.11	0.10

**Tableau III.1.6 : valeur du coefficient transversal  $f_t$**

- **Le coefficient  $F''$  en fonction de la catégorie :**

Cat	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
$f''$	0.06	0.06	0.07	0.075	0.075

**Tableau III.1.7 : Valeur du le coefficient  $F''$**

### III.1.7Le pourcentage % d'alignement droit et de courbe :

Pendant longtemps le tracé rectiligne a été considéré comme meilleur tracé mais en vrai il représente plusieurs inconvénients dans les grands alignements, éblouissement, torpeur du conducteur, vitesse excessive et esthétique difficile.

C'est pour cela qu'il est préférable de remplacer les longs alignements droits par des successions d'alignements courts ou par des courbes à grands rayons.

Le facteur le plus important est le pourcentage des alignements droits d'une section de route. On exige de limiter ce dernier de 40 à 60%.

### III.1.8 Calcul des Cubatures Approchées :

#### ❖ Méthode de calcul approximatif :

$$V_t = \left( \frac{S_1 + S_2}{2} \right) d_1 + \left( \frac{S_2 + S_3}{2} \right) d_2 + \dots + \left( \frac{S_n + S_{n+1}}{2} \right) d_{n+1}$$

Par conséquent

$$V_t = \left( \frac{d_1}{2} \right) S_1 + \left( \frac{d_1 + d_2}{2} \right) S_2 + \left( \frac{d_2 + d_3}{2} \right) S_3 + \dots + \left( \frac{d_n + d_{n+1}}{2} \right) S_{n+1}$$

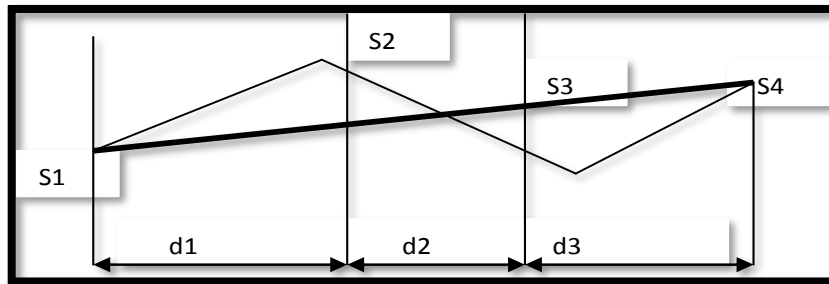


Figure III.1.4: Schéma représentant la surface entre profil

#### ❖ Calcul des surfaces :

##### • En remblai :

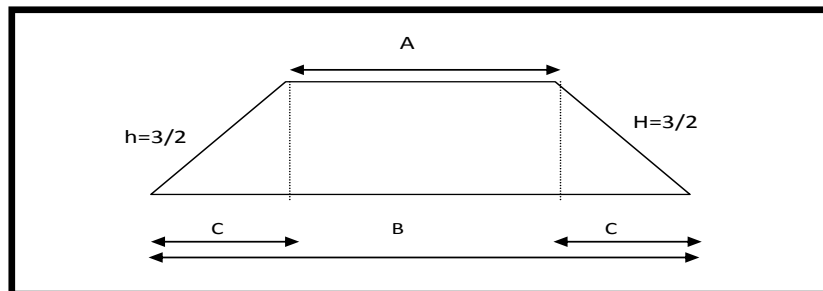


Figure III.1.5: calcul de surfaces cas de remblai

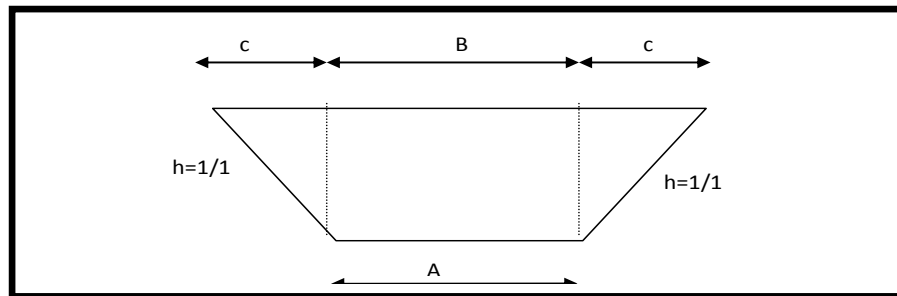
Avec :

- ✓ **A** : largeur de la chaussée les 2 Accotements.
- ✓ **Tg α = P = 2/3 = h/c**

- ✓  $c = 3h / 2$
- ✓ **h** : différence de niveau entre la côte de projet et la côte terrain naturel
- ✓  $B = A + 2c = A + 3h$

D'où:  $S = (A + B) h / 2 \Rightarrow SR = Ah + 3 h^2 / 2$

• **En déblai :**



**Figure III.1.6 : calcul de surfaces cas de déblai**

**Avec :**

- ✓ **h** : différence entre C.T.N et C.P.
- ✓ **A** : largeur de la chaussée + 2 accotements
- ✓  $SD = Ah + h^2$

### III-2-Etude des variantes

#### III.2.1.Etude de la variante 1 :

##### III.2.1.1Introduction :

Définir les caractéristique d'une route, c'est conserver les trois éléments géométrique simples qui la composent :

- ✚ Le tracé en plan, projection de la route sur u plan horizontal.
  - ✚ Le profil en long, développement de l'intersection de la surface de la route avec le cylindre à génératrice.
  - ✚ Le profil en travers, coupe suivant un plan vertical perpendiculaire à l'axe.
- Les normes fixent les règles relatives a la construction de ces trois éléments. L'exigence qui prévalu a l'élaboration des normes sont de deux ordres : sécurité des usagers et capacité des infrastructures a écouler le trafic qu'elles supportent.

Le tracé en plan de la variante est constitué d'alignement droit et de courbes. L'étude consiste à déterminer les angles aux sommets et les longueurs des tangentes, on procède à la mesure à partir de notre plan topographique dans le but de déterminer les rayons en plan.

##### III.2.1.2les coordonnées des sommets :

pnt	X(m)	Y(m)
A	231943.2936	3969606.0241
S1	232594.8845	3969649.4220
B	233448.9584	3969081.8844

**Tableau III.2.1.1 : les coordonnées des sommets de l'axe de "variante 1"**

##### III.2.1.3Calcul de gisements et des angles au centre

directions	DX(m)	DY(m)	Gisem(m)	Distance(m)	Bitam(m)
AS1	/	/	/	/	/
S1S2	651,5909	43,3979	95.7662	653.0345	41.5719
S2B	854,0739	-567,5376	137.3381	1025.4468	

**Tableau III.2.1.2 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante01"**

**III.2.1.4 Dénivelée cumulée moyenne :**

Cette dénivelée cumulée moyenne nous permet de connaître la nature du terrain le tableau ci-après nous donne la dénivelé moyen cumulé de chaque profil :

<b>Profil</b>	<b>Distance entre profil</b>	<b>TN</b>	<b>DN</b>
<b>1</b>	0.0000	160.9264	
<b>2</b>	10.0000	161.2701	0.07
<b>3</b>	10.0000	161.3355	-0.02
<b>4</b>	10.0000	161.3106	0.07
<b>5</b>	10.0000	161.3842	0.10
<b>6</b>	10.0000	161.4889	0.08
<b>7</b>	10.0000	161.5712	0.04
<b>8</b>	10.0000	161.6083	0.03
<b>9</b>	10.0000	161.6363	-0.15
<b>10</b>	10.0000	161.4906	-0.14
<b>11</b>	10.0000	161.3495	-0.11
<b>12</b>	10.0000	161.2346	-0.30
<b>13</b>	10.0000	160.9368	-0.27
<b>14</b>	10.0000	160.6634	-0.14
<b>15</b>	10.0000	160.5198	-0.03
<b>16</b>	10.0000	160.4879	-0.06
<b>17</b>	10.0000	160.4270	-0.07
<b>18</b>	10.0000	160.3524	-0.07
<b>19</b>	10.0000	160.2777	-0.25
<b>20</b>	10.0000	160.0319	-0.01
<b>21</b>	10.0000	160.0171	0.03
<b>22</b>	10.0000	160.0478	-0.01
<b>23</b>	10.0000	160.0367	-0.03
<b>24</b>	10.0000	160.0098	-0.05
<b>25</b>	10.0000	159.9609	-0.07

<b>26</b>	10.0000	159.8925	-0.01
<b>27</b>	10.0000	159.8817	0.06
<b>28</b>	10.0000	159.9404	0.05
<b>29</b>	10.0000	159.9873	0.04
<b>30</b>	10.0000	160.0312	0.01
<b>31</b>	10.0000	160.0461	-0.12
<b>32</b>	10.0000	159.9232	-0.17
<b>33</b>	4.4099	159.7565	-0.21
<b>34</b>	5.5901	159.5443	-0.11
<b>35</b>	10.0000	159.4383	-0.11
<b>36</b>	10.0000	159.3274	0.08
<b>37</b>	10.0000	159.4117	0.09
<b>38</b>	10.0000	159.5048	0.09
<b>39</b>	10.0000	159.5966	-0.21
<b>40</b>	10.0000	159.3890	-0.13
<b>41</b>	10.0000	159.2583	-0.02
<b>42</b>	10.0000	159.2388	-0.01
<b>43</b>	10.0000	159.2265	-0.01
<b>44</b>	10.0000	159.2117	-0.06
<b>45</b>	10.0000	159.1521	-0.12
<b>46</b>	10.0000	159.0289	-0.13
<b>47</b>	10.0000	158.9037	-0.13
<b>48</b>	10.0000	158.7760	-0.13
<b>49</b>	10.0000	158.6475	-0.09
<b>50</b>	10.0000	158.5582	-0.14
<b>51</b>	10.0000	158.4168	-0.14
<b>52</b>	10.0000	158.2743	-0.09
<b>53</b>	10.0000	158.1885	-0.09
<b>54</b>	10.0000	158.1025	-0.10
<b>55</b>	10.0000	158.0029	0.05
<b>56</b>	10.0000	158.0538	0.08
<b>57</b>	10.0000	158.1321	0.04
<b>58</b>	10.0000	158.1674	-0.08
<b>59</b>	10.0000	158.0879	-0.06

<b>60</b>	10.0000	158.0325	-0.06
<b>61</b>	10.0000	157.9756	-0.05
<b>62</b>	10.0000	157.9221	-0.05
<b>63</b>	10.0000	157.8707	-0.04
<b>64</b>	10.0000	157.8295	-0.16
<b>65</b>	10.0000	157.6681	-0.15
<b>66</b>	10.0000	157.5225	0.08
<b>67</b>	10.0000	157.5979	0.15
<b>68</b>	10.0000	157.7457	0.15
<b>69</b>	10.0000	157.8934	0.17
<b>70</b>	10.0000	158.0593	0.13
<b>71</b>	10.0000	158.1885	0.10
<b>72</b>	10.0000	158.2890	0.10
<b>73</b>	10.0000	158.3879	0.48
<b>74</b>	10.0000	158.8687	0.49
<b>75</b>	10.0000	159.3602	0.30
<b>76</b>	10.0000	159.6606	0.57
<b>77</b>	10.0000	160.2345	0.41
<b>78</b>	10.0000	160.6404	0.09
<b>79</b>	10.0000	160.7351	0.14
<b>80</b>	10.0000	160.8726	-0.12
<b>81</b>	10.0000	160.7479	-0.47
<b>82</b>	10.0000	160.2823	-0.49
<b>83</b>	10.0000	159.7899	-1.92
<b>84</b>	10.0000	157.8668	-1.96
<b>85</b>	10.0000	155.9029	-2.13
<b>86</b>	10.0000	153.7714	-2.38
<b>87</b>	10.0000	151.3886	-2.42
<b>88</b>	10.0000	148.9675	-2.33
<b>89</b>	10.0000	146.6375	-1.57
<b>90</b>	10.0000	145.0681	-1.28
<b>91</b>	10.0000	143.7926	-1.29
<b>92</b>	10.0000	142.5058	-1.22
<b>93</b>	10.0000	141.2890	-0.90

<b>94</b>	10.0000	140.3916	-0.99
<b>95</b>	10.0000	139.4010	-0.99
<b>96</b>	10.0000	138.4089	-0.85
<b>97</b>	10.0000	137.5545	-0.65
<b>98</b>	10.0000	136.9080	-0.48
<b>99</b>	7.4202	136.4265	-0.17
<b>100</b>	2.5798	136.2588	-0.65
<b>101</b>	10.0000	135.6088	-0.37
<b>102</b>	10.0000	135.2406	-0.17
<b>103</b>	10.0000	135.0673	-0.19
<b>104</b>	10.0000	134.8823	-0.19
<b>105</b>	10.0000	134.6939	-0.25
<b>106</b>	10.0000	134.4470	-0.27
<b>107</b>	10.0000	134.1816	-0.27
<b>108</b>	10.0000	133.9163	-0.27
<b>109</b>	10.0000	133.6510	-0.18
<b>110</b>	10.0000	133.4739	-0.08
<b>111</b>	10.0000	133.3935	-0.08
<b>112</b>	10.0000	133.3090	-0.11
<b>113</b>	10.0000	133.1997	-0.11
<b>114</b>	10.0000	133.0904	-0.12
<b>115</b>	10.0000	132.9693	-0.21
<b>116</b>	10.0000	132.7562	-0.21
<b>117</b>	10.0000	132.5431	-0.22
<b>118</b>	10.0000	132.3265	-0.17
<b>119</b>	10.0000	132.1555	-0.11
<b>120</b>	10.0000	132.0453	-0.11
<b>121</b>	10.0000	131.9352	-0.08
<b>122</b>	10.0000	131.8503	0.00
<b>123</b>	10.0000	131.8512	-0.01
<b>124</b>	10.0000	131.8379	-0.05
<b>125</b>	10.0000	131.7846	-0.05
<b>126</b>	10.0000	131.7303	-0.05
<b>127</b>	10.0000	131.6760	0.22

<b>128</b>	10.0000	131.8951	0.26
<b>129</b>	10.0000	132.1520	0.03
<b>130</b>	10.0000	132.1865	-0.25
<b>131</b>	10.0000	131.9383	-0.25
<b>132</b>	10.0000	131.6907	-0.10
<b>133</b>	10.0000	131.5935	-0.09
<b>134</b>	10.0000	131.5084	-0.07
<b>135</b>	10.0000	131.4402	-0.07
<b>136</b>	10.0000	131.3720	-0.10
<b>137</b>	10.0000	131.2676	-0.10
<b>138</b>	10.0000	131.1644	-0.08
<b>139</b>	10.0000	131.0815	0.07
<b>140</b>	10.0000	131.1469	0.08
<b>141</b>	10.0000	131.2283	-0.02
<b>142</b>	10.0000	131.2068	-0.04
<b>143</b>	10.0000	131.1673	0.19
<b>144</b>	10.0000	131.3597	0.17
<b>145</b>	10.0000	131.5276	0.27
<b>146</b>	10.0000	131.8006	0.63
<b>147</b>	10.0000	132.4278	0.62
<b>148</b>	10.0000	133.0457	0.60
<b>149</b>	10.0000	133.6458	0.60
<b>150</b>	10.0000	134.2458	0.66
<b>151</b>	10.0000	134.9037	0.95
<b>152</b>	10.0000	135.8546	0.95
<b>153</b>	10.0000	136.8056	0.95
<b>154</b>	10.0000	137.7565	0.99
<b>155</b>	10.0000	138.7426	1.20
<b>156</b>	10.0000	139.9439	1.19
<b>157</b>	10.0000	141.1334	1.04
<b>158</b>	10.0000	142.1775	0.99
<b>159</b>	10.0000	143.1683	0.97
<b>160</b>	10.0000	144.1394	0.55
<b>161</b>	10.0000	144.6870	0.22

<b>Tableau</b> <b>dénivelée</b> <b>"Variante 01"</b>	<b>162</b>	10.0000	144.9039	0.21	<b>III.2.1.3:</b> <b>cumulée</b>
	<b>163</b>	10.0000	145.1170	0.21	
	<b>164</b>	10.0000	145.3301	0.07	
	<b>165</b>	10.0000	145.4023	0.04	
	<b>166</b>	10.0000	145.4433	0.07	
	<b>167</b>	10.0000	145.5086	0.07	
	<b>168</b>	10.0000	145.5739	0.01	
	<b>169</b>	4.2423	145.5883	-15.34	
	<b>SOMME</b>	1654.2423	/	-15.34	

$$Dc = \left| \frac{\sum \Delta H}{\sum Dist} \right| = 0.93\% < 1,5\%$$

$$\sum \Delta H = -15.34 \text{ m} \quad \sum Dist = LT = 1654.2423 \text{ m}$$

$$Dc = \left| \frac{-15.34}{1654.2423} \right| = 0.93\% < 1,5\% \quad \Rightarrow \quad \text{Terrain plat}$$

Les valeurs seuils déterminées par l'analyse de plusieurs itinéraires en Algérie, permettent de caractériser trois types de topographie (voir tableau)

Terrain est : **plat**

#### ❖ Environnement de la route :

Les trois types d'environnement résultent du croisement des deux paramètres précédents.

Dans notre cas nous avons : **Terrain plat, Sinuosité faible**

Donc la variante est **d'environnement : E1 (tableau 1.3)**

#### ❖ Vitesse de référence :

Elle est déterminée en fonction de la catégorie 1 de la route et l'environnement 1, à partir du **tableau(1.4)**

La vitesse à considérer selon les normes est : **Vr = 100 Km/h**

#### III.2.1.5. Le choix des rayons :

Pour une route de catégorie donnée, Il n'y a aucun rayon inférieur au rayon minimum absolu R<sub>Hm</sub>. On utilisera, autant que possible des valeurs de rayons supérieures ou égales au rayon R<sub>HN</sub> R<sub>1</sub> = 1000 m

- Tableau récapitulatif :

Devers	
<b>Dmin</b>	<b>-2.5%</b>
<b>Dmax</b>	<b>7.0%</b>
<b>D</b>	<b>5.0%</b>
<b>Ft</b>	<b>0.110</b>
<b>f''</b>	<b>0.060</b>

Tableau III.2.1.4 : récapitulatif des devers "varinte1"

### III.2.1.6 Détermination des éléments des raccordements :

<b>Bita (β)(gr)</b>	<b>Rayon(m)</b>	<b>Tangente(m)</b>	<b>Bissectrice(m)</b>	<b>Flèche(m)</b>	<b>Développée(m)</b>
41.5719	1000	338.62	55.78	69.62	653.01

Tableau III.2.1.5: Eléments des raccordements circulaires "variante 1"

### III.2.1.7 Longueur totale des alignements droits : LAD

$$LAD = d_1 + d_2$$

$$LAD = 272.91 + 645.83 = 918.74 \text{ m}$$

$$\mathbf{LAD = 918.74 \text{ m}}$$

#### ❖ Longueur totale des arcs de cercles : LC

$$LC = D1$$

$$\mathbf{LC = 652.68 \text{ m}}$$

#### ❖ Longueur totale du : LT

$$LT = LAD + LC$$

$$LT = 918.74 + 652.68$$

$$\mathbf{LT = 1571.42 \text{ m}}$$

#### ❖ Pourcentage d'alignement droit :

$$\frac{LAD}{LT} = \frac{918.74}{1571.42} \times 100 = \mathbf{58 \%}$$

$$20\% \leq \mathbf{58 \%} \leq 60\% \text{ (conditions vérifiée)}$$

Le pourcentage des alignements droits d'une section de route doit être si possible compris entre 20% et 60%

❖ Pourcentage courbe :

$$\frac{LAC}{LT} = \frac{652.68}{1571.42} \times 100 = 42\%$$

III.2.1.8 Les rayons en plan normé:

	Calculé	B 40	Devers
RHm =	500	450	7.0%
RHN =	709	650	5.0%
RHd =	1550	1600	2.50%
RHnd =	2250	2200	-2.50%

Tableau III.2.1.6: rayon en plan "variante 1"

III.2.1.9 Cubatures Approchées :

N° De profil	Dist (m)	Dis entre profil	Altitude		H	Surface déblai (m <sup>2</sup> )	Volume déblai (m <sup>3</sup> )	Surface remblai (m <sup>3</sup> )	Volume remblai (m <sup>3</sup> )
			TN	Projet					
1	0.00	0.00	160.93	160.92	0.00	0	0	0	
2	20.00	20.00	160.72	161.33	0.62	14.61	14.80925581	292.35	
3	40.00	20.00	160.51	161.38	0.88	20.95	21.33494614	419.00	
4	60.00	20.00	160.30	161.57	1.27	30.93	31.74466074	618.65	
5	80.00	20.00	160.09	161.63	1.55	38.03	39.23163096	760.63	
6	100.00	20.00	159.88	161.34	1.47	36.03	37.11440094	720.61	
7	120.00	20.00	159.67	160.93	1.27	30.80	31.61326454	616.15	
8	140.00	20.00	159.46	160.51	1.06	25.55	26.12300326	511.17	
9	160.00	20.00	159.25	160.42	1.18	28.51	29.21002273	570.29	
10	180.00	20.00	159.04	160.27	1.24	30.05	30.82105606	601.05	
11	199.83	19.83	158.83	160.01	1.19	28.70	29.40648534	569.19	
12	200.00	0.17	158.82	160.01	1.19	28.76	29.47023821	4.86	
13	220.00	20.00	158.61	160.03	1.42	34.60	35.60555862	692.02	
14	240.00	20.00	158.41	159.96	1.55	37.97	39.17634176	759.58	
15	260.00	20.00	158.21	159.88	1.67	41.22	42.62416281	824.55	
16	280.00	20.00	158.01	159.98	1.98	49.38	51.33957976	987.69	

17	300.00	20.00	157.81	160.04	2.23	56.36	58.86219366	1127.34	
18	314.41	14.41	157.67	159.75	2.09	52.30	54.47876301	753.708	
19	320.00	5.59	157.62	159.54	1.93	48.03	49.89674976	268.54	
20	340.00	20.00	157.42	159.32	1.90	47.38	49.19537176	947.70	
21	360.00	20.00	157.23	159.50	2.27	57.36	59.93935	1147.25	
22	380.00	20.00	157.05	159.38	2.34	59.33	62.07242854	1186.63	
23	400.00	20.00	156.87	159.23	2.38	60.28	63.10401304	1205.64	
24	420.00	20.00	156.69	159.21	2.53	64.59	67.80052714	1291.98	
25	440.00	20.00	156.50	159.02	2.53	64.49	67.69041934	1289.96	
26	440.12	0.12	156.50	159.02	2.53	64.48	67.67818753	7.93	
27	460.00	19.88	156.33	158.77	2.45	62.36	65.36285514	1239.54	
28	480.00	20.00	156.15	158.55	2.41	61.13	64.03031953	1222.70	
29	500.00	20.00	155.98	158.27	2.29	58.01	60.64071338	1160.21	
30	520.00	20.00	155.81	158.10	2.29	57.91	60.54212406	1158.39	
31	540.00	20.00	155.65	158.05	2.41	61.16	64.06053993	1223.25	
32	560.00	20.00	155.48	158.16	2.68	68.93	72.54088921	1378.77	
33	580.00	20.00	155.32	158.03	2.71	69.66	73.33681113	1393.31	
34	600.00	20.00	155.17	157.92	2.76	71.01	74.81570062	1420.29	
35	620.00	20.00	155.10	157.82	2.82	72.80	76.77601624	1456.01	
36	640.00	20.00	154.86	157.52	2.67	68.40	71.95143701	1368.00	
37	660.00	20.00	154.71	157.74	3.04	79.10	83.72137741	1582.12	
38	680.00	20.00	154.56	158.05	3.50	92.71	98.83815182	1854.34	
39	680.40	0.40	154.56	158.06	3.51	93.00	99.15985837	36.82	
40	700.00	19.60	154.41	158.28	3.87	104.12	111.627663	2041.22	
41	720.00	20.00	154.27	158.86	4.60	126.95	137.5326401	2539.07	
42	727.28	7.28	154.22	159.23	5.02	140.75	153.3709866	1024.90	
43	740.00	12.72	154.11	159.66	5.55	158.48	173.8934015	2015.72	
44	760.00	20.00	153.89	160.64	6.75	200.89	223.6932329	4017.92	
45	780.00	20.00	153.60	160.87	7.27	220.16	246.6058661	4403.21	
46	800.00	20.00	153.25	160.28	7.04	211.37	236.1388758	4227.55	
47	820.00	20.00	152.82	157.86	5.04	141.42	154.1443994	2828.54	
48	840.00	20.00	152.34	153.77	1.44	35.08	36.11841322	701.75	
49	841.87	1.87	152.29	153.36	1.08	26.08	26.67620833	48.89	
50	846.86	4.98	152.15	152.15	0.00	0.05	0.05981014	0.29	

51	860.00	13.14	151.78	148.96	-2.81	-56.78	-52.8324586	-694.340021
52	880.00	20.00	151.16	145.06	-6.09	-102.99	-84.4430512	-1688.86102
53	900.00	20.00	150.47	142.50	-7.97	-119.75	-88.0329834	-1760.65967
54	920.00	20.00	149.72	140.39	-9.32	-127.51	-84.0435523	-1680.87105
55	940.00	20.00	148.89	138.40	-10.49	-131.22	-76.2453975	-1524.90795
56	956.37	16.37	148.17	137.14	-11.03	-132.02	-71.2016769	-1165.81354
57	960.00	3.63	148.01	136.90	-11.10	-132.08	-70.4891198	-255.635842
58	967.42	7.42	147.67	136.42	-11.24	-132.18	-68.9739155	-511.800248
59	980.00	12.58	147.10	135.60	-11.49	-132.24	-66.2467315	-833.370632
60	1000.00	20.00	146.19	135.06	-11.12	-132.10	-70.2628566	-1405.25713
61	1020.00	20.00	145.28	134.69	-10.59	-131.41	-75.3872846	-1507.74569
62	1040.00	20.00	144.37	134.18	-10.19	-130.52	-78.6279582	-1572.55916
63	1060.00	20.00	143.46	133.65	-9.81	-129.39	-81.2784218	-1625.56844
64	1080.00	20.00	142.55	133.39	-9.16	-126.76	-84.8318961	-1696.63792
65	1100.00	20.00	141.64	133.19	-8.44	-122.89	-87.2647214	-1745.29443
66	1120.00	20.00	140.73	132.96	-7.76	-118.28	-88.1527176	-1763.05435
67	1140.00	20.00	139.82	132.54	-7.28	-114.44	-87.942284	-1758.84568
68	1160.00	20.00	138.91	132.15	-6.76	-109.76	-86.9284266	-1738.56853
69	1180.00	20.00	138.00	131.93	-6.07	-102.75	-84.3378585	-1686.75717
70	1200.00	20.00	137.09	131.85	-5.24	-93.10	-79.3597886	-1587.19577
71	1220.00	20.00	136.19	131.78	-4.40	-81.85	-72.167839	-1443.35678
72	1224.34	4.34	135.99	131.76	-4.23	-79.35	-70.4207384	-305.485163
73	1240.00	15.66	135.59	131.67	-3.91	-74.59	-66.9595147	-1048.71992
74	1240.00	0.0043	135.58	131.67	-3.91	-74.59	-66.9606427	-0.28793076
75	1242.34	2.33	135.57	131.65	-3.92	-74.77	-67.0969098	-156.584058
76	1255.66	13.32	135.79	132.40	-3.39	-66.44	-60.7023331	-808.797886
77	1260.00	4.34	135.93	132.15	-3.78	-72.66	-65.5155613	-284.206505
78	1261.01	1.01	135.97	132.08	-3.88	-74.21	-66.6788431	-67.265617
79	1262.19	1.18	135.99	132.00	-3.98	-75.72	-67.8004086	-80.0519424
80	1262.51	0.32	135.99	132.00	-3.98	-75.74	-67.8103562	-21.6518467
81	1263.37	0.86	135.97	132.00	-3.97	-75.49	-67.6287066	-58.2283163
82	1270.16	6.79	135.80	132.21	-3.59	-69.61	-63.1852333	-428.951912
83	1280.00	9.84	135.66	131.93	-3.72	-71.73	-64.8154222	-637.874496
84	1280.00	0.0010	135.66	131.93	-3.72	-71.74	-64.8166058	-0.06481661

85	1280.66	0.66	135.66	131.91	-3.75	-72.12	-65.1115783		-42.8173739
86	1289.84	9.18	135.76	131.69	-4.07	-77.08	-68.7896156		-631.681282
87	1300.00	10.16	135.99	131.59	-4.41	-81.91	-72.2109194		-733.561846
88	1320.00	20.00	136.46	131.44	-5.02	-90.24	-77.6514585		-1553.02917
89	1340.00	20.00	136.92	131.26	-5.65	-98.05	-82.078344		-1641.56688
90	1360.00	20.00	137.38	131.08	-6.30	-105.19	-85.3588466		-1707.17693
91	1380.00	20.00	137.84	131.22	-6.61	-108.35	-86.4988167		-1729.97633
92	1400.00	20.00	138.30	131.16	-7.13	-113.18	-87.7404266		-1754.80853
93	1420.00	20.00	138.76	131.52	-7.23	-114.04	-87.8856063		-1757.71213
94	1440.00	20.00	139.22	132.42	-6.79	-110.10	-87.024346		-1740.48692
95	1460.00	20.00	139.68	133.64	-6.04	-102.39	-84.1800126		-1683.60025
96	1472.47	12.47	139.97	134.39	-5.58	-97.14	-81.60469		-1017.95322
97	1480.00	7.53	140.15	134.90	-5.24	-93.08	-79.3452442		-597.136438
98	1500.00	20.00	140.64	136.80	-3.83	-73.45	-66.109664		-1322.19328
99	1520.00	20.00	141.17	138.74	-2.42	-49.86	-46.9320446		-938.640891
100	1540.00	20.00	141.73	141.13	-0.60	-13.39	-13.2154734		-264.309468
101	1544.10	4.10	141.85	141.62	-0.23	-5.257	-5.23072778		-21.4648145
102	1547.67	3.57	141.96	141.95	0.00	0	0	0	
103	1560.00	12.33	142.33	143.16	0.84	19.91	20.26614104	245.53	
104	1580.00	20.00	142.97	144.68	1.72	42.42	43.90187334	848.57	
105	1600.00	20.00	143.64	145.11	1.47	36.03	37.11714264	720.66	
106	1615.67	15.67	144.20	145.40	1.21	29.25	29.98620837	458.42	
107	1620.00	4.33	144.35	145.40	1.05	25.20	25.75407042	109.15	
108	1640.00	20.00	145.08	145.50	0.43	10.16	10.25481344	203.21	
109	1654.24	14.24	145.59	145.58	0.00				

Tableau III.2.1.7: Cubatures approchées"variant 01"

Volume de déblai : 61103.06218 m<sup>3</sup>

Volume de remblai : -52683.3872m<sup>3</sup>

Excès de déblai : 8419.674985m<sup>3</sup>

### III.2.2 Etude de la variante 2 :

#### III.2.2.1-Coordonnées des sommets :

Directions	X(m)	Y(m)	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$
A	231944.1860	3969599.3429	/	/
S1	232333.2641	3969652.5870	389.078	53.2441
S2	232901.8407	3969512.6855	568.5766	-139.9015
B	233333.0598	3969179.2403	431.1219	333.4452

Tableau III.2.2.1: Coordonnées définissant l'axe de "la variante 02"

#### III.2.2.2 Calculs de gisements et des angles au centre :

Directions	Gisement(gr)	Distance(m)	Beta(gr)
AS1	91.3418	392.7042	/
S1S2	115.3593	585.5300	24.0175
S2B	141.9038	545.1014	26.5445

Tableau III.2.2.2: Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante 02"

#### III.2.2.3 Dénivelée cumulée moyenne :

Cette dénivelée cumulée moyenne nous permet de connaître la nature du terrain le tableau ci-après nous donne la dénivelé moyen cumulé de chaque profil :

1	Distance entre Profil	TN	DH
2	0.0000	161.1450	0,39
3	20.0000	161.5302	-0,10
4	20.0000	161.4320	0,19
5	20.0000	161.6254	0,02
6	20.0000	161.6492	-0,30
7	20.0000	161.3466	-0,43
8	20.0000	160.9210	-0,34
9	20.0000	160.5840	-0,05

10	20.0000	160.5314	-0,10
11	20.0000	160.4312	-0,15
12	20.0000	160.2802	0,11
13	20.0000	160.3906	-0,04
14	20.0000	160.3543	-0,02
15	20.0000	160.3350	0,15
16	18.1630	160.4867	0,01
17	1.8370	160.5008	0,07
18	20.0000	160.5758	-0,21
19	20.0000	160.3615	-0,22
20	20.0000	160.1440	-0,26
21	20.0000	159.8880	-0,03
22	20.0000	159.8602	-0,23
23	20.0000	159.6284	-0,12
24	20.0000	159.5062	-0,27
25	20.0000	159.2344	-0,30
26	20.0000	158.9392	-0,29
27	20.0000	158.6449	-0,29
28	20.0000	158.3521	-0,06
29	4.5220	158.2923	-0,15
30	15.4780	158.1436	-0,13
31	20.0000	158.0174	0,12
32	20.0000	158.1391	-0,13
33	20.0000	158.0058	-0,12
34	20.0000	157.8864	-0,08
35	20.0000	157.8095	-0,35
36	20.0000	157.4560	0,24
37	20.0000	157.6997	0,31
38	20.0000	158.0069	0,24
39	20.0000	158.2465	0,50
40	20.0000	158.7429	0,70
41	20.0000	159.4476	1,14
42	20.0000	160.5836	0,29
43	20.0000	160.8731	0,20

44	20.0000	161.0702	-0,66
45	20.0000	160.4075	-1,34
46	7.4285	159.0668	-2,28
47	12.5715	156.7824	-3,91
48	20.0000	152.8748	-4,24
49	20.0000	148.6391	-2,80
50	20.0000	145.8347	-2,45
51	20.0000	143.3846	-2,09
52	20.0000	141.2983	-1,66
53	20.0000	139.6336	-1,78
54	20.0000	137.8488	-1,69
55	20.0000	136.1586	-0,63
56	20.0000	135.5253	-0,47
57	20.0000	135.0581	-0,32
58	20.0000	134.7385	-0,41
59	20.0000	134.3280	-0,46
60	20.0000	133.8669	-0,18
61	19.3005	133.6853	-0,01
62	0.6995	133.6803	-0,26
63	20.0000	133.4225	-0,41
64	20.0000	133.0079	-0,33
65	20.0000	132.6792	-0,17
66	20.0000	132.5075	0,15
67	20.0000	132.6554	-0,43
68	20.0000	132.2218	-0,23
69	20.0000	131.9887	0,58
70	20.0000	132.5661	-0,23
71	20.0000	132.3394	-0,36
72	20.0000	131.9819	-0,19
73	20.0000	131.7959	-0,21
74	20.0000	131.5894	-0,36
75	20.0000	131.2273	-0,09
76	20.0000	131.1414	-0,05
77	20.0000	131.0868	0,26

78	20.0000	131.3464	0,84
79	20.0000	132.1843	1,07
80	20.0000	133.2550	1,26
81	20.0000	134.5155	1,50
82	16.3142	136.0129	
<b>Somme</b>	<b>1516.3142</b>		<b>-25.13</b>

Tableau III.2.2.3: dénivelée cumulée "Variante 02"

$$Dc = \left| \frac{\sum \Delta H}{\sum Dist} \right| = 1.66 \% > 1,5 \%$$

$$\sum \Delta H = -25.13 \text{ m} \quad \sum Dist = LT = 1516.3142 \text{ m}$$

$$Dc = \left| \frac{-25.13}{1516.3142} \right| = 1.66 \% > 1,5 \%$$



Terrain vallonné

Les valeurs seuils déterminées le Terrain est : **Vallonné**

❖ **Environnement de la route :**

Dans notre cas nous avons : **Terrain vallonné, Sinuosité Faible**

Donc la variante est **d'environnement : E2**

❖ **Vitesse de référence :**

La vitesse de référence choisie dans notre projet D'après le tableau 1.4 est **Vr = 80 Km/h**

### III.2.2.4 Choix des rayons :

Pour une route de catégorie donnée, Il n'y a aucun rayon inférieur au rayon minimum absolu RHm. On utilisera, autant que possible des valeurs de rayons supérieures ou égales au rayon RHN.

$$R1=600 \text{ m} \quad R2=700 \text{ m}$$

### III.2.2.5 Détermination des éléments des Raccordements :

Les résultats des calculs de l'outre raccordement sont représentés dans le tableau suivant :

<b>Bêta (β) (gr)</b>	<b>Rayon5(m)</b>	<b>Tangente (gr)</b>	<b>Bissectrice (gr)</b>	<b>Flèche(m)</b>	<b>Développée(m)</b>
24.0175	600	114.54	10.83	10.64	226.40
26.5445	700	148.09	15.49	15.16	

Tableau III.2.2.4: Eléments des raccordements circulaires "variante 2"

**III-2-2-6 Longueur totale des alignements droits : LAD**

$$LAD = (d1+d2+d3)$$

$$LAD = (265+293+380) \quad \mathbf{LAD=938m}$$

**❖ Longueur totale des arcs de cercles : LC**

$$LC = D1 + D2$$

$$LC = 226+292 \quad \mathbf{LC=518 m}$$

**❖ Longueur totale du tronçon : LT**

$$LT = LAD + LC$$

$$LT = 938+518 \quad \mathbf{LT=1456 m}$$

**❖ Pourcentage d'alignement droit :**

$$\frac{LAD}{LT} = \frac{938}{1456} \times 100 = \mathbf{64 \%}$$

$$20\% \leq \mathbf{64 \%} \leq 60\%$$

Le pourcentage des alignements droits d'une section de route doit être si possible compris entre 40% et 80%

**❖ Pourcentage courbe :**

$$\frac{LAC}{LT} = \frac{518}{1456} \times 100 = \mathbf{36\%}$$

**III.2.2.7 Les rayons en plan normé:**

	Calculé	B 40	Devers
<b>RHm =</b>	251,97 m	450.00	7.0%
<b>RHN =</b>	437,45 m	450	5.0%
<b>RHd =</b>	1007,87 m	1000	2.50%
<b>RHnd =</b>	1439,82 m	1400	-2.50%

**Tableau III.2.2.5 : rayon en plan "variante 2"**

## III.2.2.8 Cubatures Approchées :

N° De profil	Distance	D ENTR E PROFI L	Altitude		H	Surface déblai	Volume déblai	Surface remblai	Volume remblai
			TN	Projet					
1	0.00	0.00	161.14	161.14	0.00	0	0	0	
2	20.00	20.00	160.82	161.53	0.70	16.62	16.87516384	332.58	
3	40.00	20.00	160.51	161.43	0.92	22.00	22.42444806	440.02	
4	60.00	20.00	160.19	161.62	1.43	34.92	35.94643424	698.49	
5	80.00	20.00	159.87	161.64	1.77	43.83	45.40368806	876.75	
6	100.00	20.00	159.56	161.34	1.78	44.20	45.79464344	884.08	
7	120.00	20.00	159.24	160.92	1.67	41.31	42.71662304	826.29	
8	140.00	20.00	158.93	160.58	1.65	40.77	42.13998166	815.44	
9	160.00	20.00	158.61	160.53	1.92	47.78	49.62058464	955.63	
10	180.00	20.00	158.29	160.43	2.13	53.63	55.90999381	1072.66	
11	200.00	20.00	157.98	160.28	2.30	58.17	60.81407074	1163.41	
12	220.00	20.00	157.66	160.39	2.73	70.13	73.84773182	1402.63	
13	240.00	20.00	157.34	160.35	3.01	78.17	82.69845766	1563.59	
14	260.00	20.00	157.03	160.33	3.30	86.88	92.34358634	1737.75	
15	278.16	18.16	156.74	160.48	3.74	100.07	107.0801139	1817.71	
16	280.00	1.83	156.71	160.50	3.79	101.39	108.5615154	186.26	
17	300.00	20.00	156.39	160.57	4.18	113.51	122.2384404	2270.30	
18	320.00	20.00	156.08	160.36	4.28	116.72	125.8817615	2334.53	
19	340.00	20.00	155.76	160.14	4.38	119.85	129.4407126	2397.15	
20	360.00	20.00	155.44	159.88	4.44	121.77	131.6286603	2435.58	
21	380.00	20.00	155.13	159.86	4.73	131.06	142.2340754	2621.24	
22	400.00	20.00	154.81	159.62	4.81	133.81	145.3902984	2676.30	
23	420.00	20.00	154.50	159.50	5.01	140.19	152.7204505	2803.82	
24	440.00	20.00	154.18	159.23	5.05	141.66	154.4190102	2833.31	

25	460.00	20.00	153.86	158.93	5.07	142.36	155.2284898	2847.35	
26	480.00	20.00	153.55	158.64	5.09	143.10	156.0737695	2862.01	
27	500.00	20.00	153.23	158.35	5.12	143.88	156.9780389	2877.6	
28	504.52	4.52	153.16	158.29	5.13	144.27	157.4269615	652.40	
29	520.00	15.47	152.91	158.14	5.23	147.48	161.1336726	2282.73	
30	540.00	20.00	152.60	158.01	5.42	153.88	168.5440357	3077.61	
31	560.00	20.00	152.28	158.13	5.85	168.89	186.0256934	3377.87	
32	580.00	20.00	151.96	158.00	6.04	175.28	193.5026093	3505.64	
33	600.00	20.00	151.65	157.88	6.23	182.23	201.6594534	3644.61	
34	620.00	20.00	151.33	157.80	6.47	190.78	211.7328354	3815.64	
35	640.00	20.00	151.02	157.45	6.44	189.45	210.161144	3789.00	
36	660.00	20.00	150.70	157.69	7.00	209.85	234.3284228	4197.11	
37	680.00	20.00	150.38	158.00	7.62	233.31	262.3474281	4666.33	
38	700.00	20.00	150.07	158.24	8.18	254.88	288.3089585	5097.74	
39	720.00	20.00	149.75	158.74	8.99	287.53	327.9301949	5750.65	
40	740.00	20.00	149.43	159.44	10.01	330.41	380.5142411	6608.34	
41	760.00	20.00	149.12	160.58	11.46	395.00	460.6979046	7900.16	
42	780.00	20.00	148.80	160.87	12.07	423.20	496.018936	8464.01	
43	800.00	20.00	148.48	161.07	12.58	447.66	526.8157134	8953.37	
44	820.00	20.00	148.17	160.40	12.24	431.10	505.9597786	8622.19	
45	827.42	7.42	148.05	159.06	11.01	374.54	435.172216	2782.27	
46	840.00	12.57	147.85	156.78	8.93	284.99	324.8331034	3582.77	
47	860.00	20.00	147.53	152.87	5.34	151.17	165.4100391	3023.54	
48	880.00	20.00	147.22	148.63	1.42	34.57	35.575584	691.46	
49	900.00	20.00	146.72	145.83	-0.90	-19.78	-19.3834625		-387.66925
50	920.00	20.00	146.11	143.38	-2.73	-55.26	-51.5499038		-1030.99808
51	940.00	20.00	145.49	141.29	-4.19	-78.85	-70.0671265		-1401.34253
52	960.00	20.00	144.87	139.63	-5.24	-93.04	-79.3226766		-1586.45353
53	980.00	20.00	144.25	137.84	-6.40	-106.28	-85.7755548		-1715.5111
54	1000.00	20.00	143.63	136.15	-7.48	-116.05	-88.11162		-1762.2324
55	1020.00	20.00	143.01	135.52	-7.49	-116.16	-88.119425		-1762.3885
56	1040.00	20.00	142.39	135.05	-7.34	-114.92	-88.0038442		-1760.07688
57	1060.00	20.00	141.77	134.73	-7.04	-112.33	-87.5730794		-1751.46159
58	1080.00	20.00	141.15	134.32	-6.83	-110.43	-87.1138872		-1742.27774

59	1100.00	20.00	140.53	133.86	-6.67	-108.92	-86.6787423		-1733.57485
60	1119.30	19.30	139.94	133.68	-6.25	-104.73	-85.1766154		-1643.95127
61	1120.00	0.69	139.91	133.68	-6.24	-104.56	-85.1054626		-59.5312711
62	1140.00	20.00	139.29	133.42	-5.88	-100.62	-83.3606957		-1667.21391
63	1160.00	20.00	138.68	133.00	-5.67	-98.28	-82.1992224		-1643.98445
64	1180.00	20.00	138.06	132.67	-5.38	-94.81	-80.3343722		-1606.68744
65	1200.00	20.00	137.44	132.50	-4.93	-89.13	-76.9662858		-1539.32572
66	1220.00	20.00	136.82	132.65	-4.17	-78.47	-69.7951665		-1395.90333
67	1240.00	20.00	136.20	132.22	-3.98	-75.72	-67.7948811		-1355.89762
68	1260.00	20.00	135.59	131.98	-3.61	-69.93	-63.4368005		-1268.73601
69	1280.00	20.00	136.56	132.56	-4.00	-75.97	-67.9845971		-1359.69194
70	1300.00	20.00	135.93	132.33	-3.60	-69.84	-63.36122		-1267.2244
71	1320.00	20.00	135.94	131.98	-3.96	-75.46	-67.6053883		-1352.10777
72	1340.00	20.00	135.95	131.79	-4.16	-78.33	-69.6910794		-1393.82159
73	1360.00	20.00	135.95	131.58	-4.37	-81.41	-71.8686058		-1437.37212
74	1380.00	20.00	135.96	131.22	-4.74	-86.54	-75.3124533		-1506.24907
75	1400.00	20.00	135.97	131.14	-4.83	-87.78	-76.113664		-1522.27328
76	1420.00	20.00	135.98	131.08	-4.89	-88.60	-76.6301547		-1532.60309
77	1440.00	20.00	135.98	131.34	-4.64	-85.19	-74.4310475		-1488.62095
78	1460.00	20.00	135.99	132.18	-3.81	-73.10	-65.8500646		-1317.00129
79	1480.00	20.00	136.00	133.25	-2.75	-55.61	-51.841321		-1036.82642
80	1500.00	20.00	136.00	134.51	-1.49	-32.08	-30.9750516		-619.501032
81	1516.31	16.31	136.01	136.01	0.00				
82	0.00	0.00	161.14	161.14	0.00	0	0	0	
83	20.00	20.00	160.82	161.53	0.70	16.62	16.87516384	332.58	
84	40.00	20.00	160.51	161.43	0.92	22.00	22.42444806	440.02	
85	60.00	20.00	160.19	161.62	1.43	34.92	35.94643424	698.49	
86	80.00	20.00	159.87	161.64	1.77	43.83	45.40368806	876.75	
87	100.00	20.00	159.56	161.34	1.78	44.20	45.79464344	884.08	
88	120.00	20.00	159.24	160.92	1.67	41.31	42.71662304	826.29	
89	140.00	20.00	158.93	160.58	1.65	40.77	42.13998166	815.44	
90	160.00	20.00	158.61	160.53	1.92	47.78	49.62058464	955.63	
91	180.00	20.00	158.29	160.43	2.13	53.63	55.90999381	1072.66	
92	200.00	20.00	157.98	160.28	2.30	58.17	60.81407074	1163.41	

93	220.00	20.00	157.66	160.39	2.73	70.13	73.84773182	1402.63	
94	240.00	20.00	157.34	160.35	3.01	78.17	82.69845766	1563.59	
95	260.00	20.00	157.03	160.33	3.30	86.88	92.34358634	1737.75	
96	278.16	18.16	156.74	160.48	3.74	100.07	107.0801139	1817.71	
97	280.00	1.83	156.71	160.50	3.79	101.39	108.5615154	186.26	
98	300.00	20.00	156.39	160.57	4.18	113.51	122.2384404	2270.30	
99	320.00	20.00	156.08	160.36	4.28	116.72	125.8817615	2334.53	
100	340.00	20.00	155.76	160.14	4.38	119.85	129.4407126	2397.15	
101	360.00	20.00	155.44	159.88	4.44	121.77	131.6286603	2435.58	
102	380.00	20.00	155.13	159.86	4.73	131.06	142.2340754	2621.24	
103	400.00	20.00	154.81	159.62	4.81	133.81	145.3902984	2676.30	
104	420.00	20.00	154.50	159.50	5.01	140.19	152.7204505	2803.82	
105	440.00	20.00	154.18	159.23	5.05	141.66	154.4190102	2833.31	
106	460.00	20.00	153.86	158.93	5.07	142.36	155.2284898	2847.35	
107	480.00	20.00	153.55	158.64	5.09	143.10	156.0737695	2862.01	
108	500.00	20.00	153.23	158.35	5.12	143.88	156.9780389	2877.69	
109	504.52	4.52	153.16	158.29	5.13	144.27	157.4269615	652.40	

**Tableau III.2.2.6: Cubatures approchées (variant 02)**

Volume de déblai : 138218.2272m<sup>3</sup>

Volume de remblai : -44648.5104m<sup>3</sup>

Excès de déblai : 93569.71675m<sup>3</sup>

### III-2-3 Le choix de la variante :

Pour le choix de la variante, on adresse un tableau comparatif des avantages et inconvénients des deux solutions étudiés.

Ce tableau tient compte plusieurs paramètres fort importants pour nous faciliter le choix de la variante qui répond aux conditions du projet.

Critères	Unité	Variante N°1			Variante N°2
Longueur totale de l'itinéraire	m	1654.2423	+	-	1516.3142
Pourcentage Alignement droit	%	58	+	-	64
Pourcentage courbe	%	42	+	-	36
Nombre de courbes		1	+	-	2
Quantité de déblai	m <sup>3</sup>	61103.06218	+	-	138218.2272
Quantité de remblai	m <sup>3</sup>	-52683.3872	-	+	-44648.5104
Déblai - Remblai	m <sup>3</sup>	8419.674985	+	-	93569.71675
			6	1	

**Tableau III.2.3 : Comparaison entre les deux variantes**

On remarque après la comparaison entre les critères des deux variantes que la **variante°01** présente un grand avantage, alors on va la choisir...

## CHAPITRE IV : PROFIL EN LONG

### **IV.1 Définition :**

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

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

Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

L'altitude du terrain naturelle

L'altitude du projet

La déclivité du projet ... etc.

### **IV.2 La ligne de projet (ligne rouge) :**

Le profil en long donne une idée sur la forme du terrain naturel qui nous permis choisir la ligne du projet de façons a tenir en compte :

- Equilibrer les surfaces remblais et déblais et d'éviter les grands terrassements.
- Assurer une bonne visibilité
- Assurer un confort dynamique.
- Permettre l'évacuation des eaux en prenant des déclivités supérieurs ou égale 0.5%.

### **IV.3 Règles À Respecter Dans Le Tracé Du Profil En Long:**

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

- Eviter les angles entrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer Leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des devers nuls dans Une pente du profil en long.
- Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des

Déblais dans la partie de tracé neuve.

- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la

combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règle notamment.

➤ Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.

- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

#### **IV.4 Les éléments de composition du profil en long :**

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

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

##### **A- Les alignements :**

Les alignements sont des segments droits caractérisés par leurs déclivités

##### **B- Déclivité :**

On appelle déclivité d'une route, la tangente des segments de profil en long avec l'horizontal .Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

##### **• Déclivité minimale :**

Dans les tronçons de route absolument horizontaux ou le palier, pour la raison d'écoulement des eaux pluviales car la pente transversale seule ne suffit pas, donc les eaux vont s'évacuent longitudinalement à l'aide des canalisations ayant des déclivités suffisantes leur minimum vaut 0.5% et de préférence 1%.

##### **• Déclivité maximale :**

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

- La réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe Max).
- l'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).
- Condition d'adhérence entre pneus et chaussée qui concerne tout les véhicules.
- Vitesse minimale du poids lourd.

Et selon (B40) elle doit être inférieure à une valeur maximale associée à la vitesse de base.

$V_R$ (Km/h)	40	60	80	100	120	140
Déclivité max (%)	8	7	6	5	4	4

**Tableau IV.1: Valeur de déclivité maximale**

**Remarque :**

L'augmentation excessive des rampes provoque ce qui suit :

- Effort de traction est considérable.
- Consommation excessive de carburant
- Faibles vitesses.
- Gène des véhicules.

**IV.5 Coordination Du Tracé En Plan Et Profil En Long :**

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

- D'avoir une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- De envisager de loin l'évolution du tracé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.) pour éviter les défauts résultats d'une mauvaise coordination tracé en plan et profil en long, les règles suivantes sont à suivre:
- D'augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe.
- D'amorcer la courbe en plan avant un point haut.
- Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.

- De faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à **6 fois** au moins le rayon en plan).

#### IV.6 Raccordements En Profil En Long :

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

##### IV.6.1 - Raccordements Convexes (Angle Saillant) :

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

##### a)- 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 :

$g/40$  pour cat.1-2

$$Vr^2/Rv < g/40$$

Pour  $g=10m/s$

$$Rv \text{ min} = \begin{cases} 0.3 Vr^2 \text{ pour cat. 1-2} \\ 0.23 Vr^2 \text{ pour cat. 3-4-5} \end{cases}$$

Dans notre cas  $Rv \text{ min} = 0.3 Vr^2$

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

**Vr** : vitesse référence (Km/h).

##### b)- Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme conditions supplémentaires à celle de confort.

Il faut que deux véhicules circulent en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_V = \frac{D_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})}$$

$D_1$  : distance d'arrêt (m)

$h_0$  : hauteur de l'œil (m)

$h_1$  : hauteur de l'obstacle (m)

– dans le cas d'une route unidirectionnelle « bretelles » :

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

On trouve :

$$R_V m = a \times d_1^2$$

**Avec :**

$a = 0.24$  pour les catégories 1 et 2.

$a = 0.22$  pour les catégories 3, 4 et 5.

- Les valeurs retenues pour les rayons minimaux absolus ( d'après le B40) sont récapitulées dans le tableau suivant :

CAT	$V_r$ (Km/h)	40	60	80	100	120
	Rayons (m)					
1-2	$R_V$ 'M	300	1000	2500	6000	12000
	$R_V$ 'N	1000	2500	6000	12000	18000
3-4-5	$R_V$ 'M	450	1300	3500	8000	16000
	$R_V$ 'N	1300	3500	8000	16000	16000

**Tableau IV.2 : Rayon convexes (angle saillant)**

#### IV.6. 2 - Raccordements Concaves (Angle Rentrant) :

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

Cette condition s'exprime par la relation :

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

Avec :  $R_v'$  : rayon minimum du cercle de raccordement.

$d_1$  : distance d'arrêt.

❖  $\frac{g}{40}$  pour la CAT 1-2.

a. Rayon minimal absolu :

$$\frac{V_r^2}{RVM'} = \frac{g}{40} \Rightarrow RVM' = 0.30V_r^2.$$

$$Rvm = \frac{d_1^2}{0.035d_1 + 1.5}$$

$$Rvm_{(V_r)} = 0.3V_r^2 = 0.3 \times 100^2 = 3000m$$

b. Rayon minimal normal :

Les rayons verticaux minimaux normaux en angle rentrant sont obtenus par application de la formule suivante :

$$RVN' = RVM'(v_r + 20).$$

$$Rvn = Rvm_{(V_r+20)}$$

$$Rvn = 0.3 \times 120^2 = 4320m$$

❖  $\frac{g}{30}$  Pour la CAT 3-4-5 :

a. Rayon minimal absolu :

$$\Rightarrow \frac{V_r^2}{RVM'} = \frac{g}{30} \Rightarrow RVM' = 0.23V_r^2.$$

## b. Rayon minimal normal :

$$\Rightarrow RVN' = RVM'(vr + 20).$$

CAT	$V_r(\text{Km/h})$	40	60	80	100	120
	Rayons (m)					
1-2	$R_V'M$	500	1200	1400	3000	4200
	$R_V'N$	1200	2400	3000	4200	6000
3-4-5	$R_V'M$	500	1100	1600	2400	3500
	$R_V'N$	1100	1600	2400	3500	4500

TableauIV.3 : Rayon convexes (angle rentrant)

- Condition esthétique :

Il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et ( $b > 50$ ) pour des devers  $d < 10\%$  (spécial échangeur).

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

Avec :  $d$  : changement des devers.

$R_{v_{\min}}$  : rayon vertical minimal.

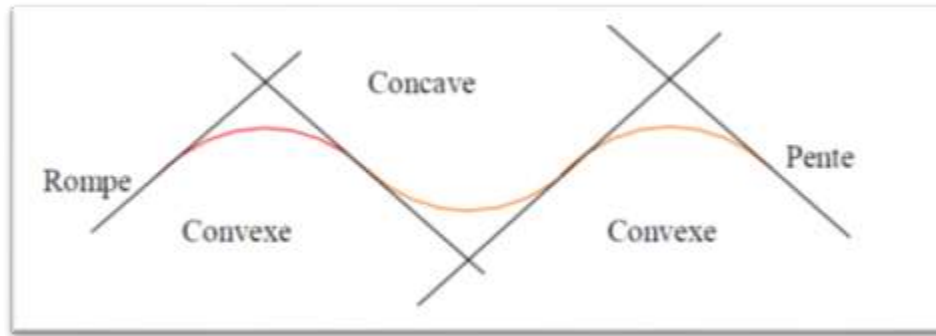


Figure IV.2: raccordement en Profil en long

#### IV.7 Calcul du raccordement parabolique:

##### 7.1 -La tangente :

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 positionner les pentes de tangentes **B** et **C**.

L'équation de la parabole est:

D'ou  $\alpha_1, \alpha_2 = 0 = p \cdot \cos \alpha_1$

$$T = R \cdot \text{tg} \left( \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right)$$

$\text{tg} \alpha_1 \quad \alpha_1 = p_1, \quad \text{tg} \alpha_2 \quad \alpha_2 = p_2$

$$T = R \cdot \left( \frac{p_1 + p_2}{2} \right)$$

$$\text{finalement : } T = R \cdot \left| \frac{\Delta p}{2} \right|$$

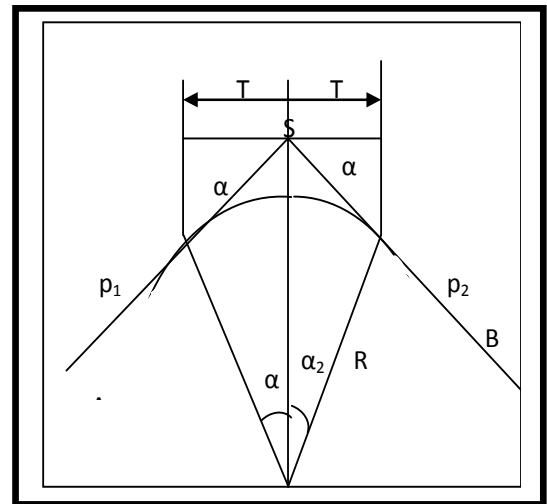


Figure IV.3 : la tangente.

##### 8.2 -la flèche :

$$F' = \frac{R}{2} \left( \frac{p \pm p'}{2} \right)^2$$

## IV.8 Application de projet :

<b>Catégorie</b>		C <sub>1</sub>
<b>Environnement</b>		E <sub>1</sub>
<b>Vitesses de base (Km/h)</b>		100
<b>Rayon en angle saillant R<sub>V</sub></b>	Route unidirectionnelle : (2x2 voies)	
	R <sub>Vm1</sub> (minimal absolu) en m	6000
	R <sub>Vn1</sub> (minimal normal) en m	12000
<b>Rayon en angle rentrant R<sub>V</sub></b>	Route unidirectionnelle : (2x2 voies)	
	R <sub>Vm1</sub> (minimal absolu) en m	3000
	R <sub>Vn1</sub> (minimal normal) en m	4200

Tableau IV.4 : La rayons convexes (angle saillant) et (angle rentrant) de La Variante Choisie.

## 1. Calcul des tangentes :

➤ Dans le cas où les déclivités sont de sens contraire :

$$\Rightarrow a = a' = \frac{R}{2}(p + p')$$

➤ Dans le cas où les déclivités sont de même sens :

$$\Rightarrow a = a' = \frac{R}{2}(p - p')$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_1 = -1.049\% \\ P_2 = -0.729\% \end{array} \right. \quad R_1 = 4200.000\text{m}$$

$$\Rightarrow a = \frac{4200|-0.01049 + 0.00729|}{2} = 37.34\text{m}$$

## 2. calcul de la flèche :

$$\Rightarrow f = \frac{a^2}{2R_V} = \frac{(37.34)^2}{2 \times 4200} = 0.166\text{ m}$$

❖ **Tableau récapitulatif :**

<b>P<sub>1</sub> % P<sub>2</sub> %</b>	<b>Rayon (m)</b>	<b>Tangente (m)</b>	<b>Flèche (m)</b>
-1.049 -0.729	4200	240,000	0,192
-0.729 -4.547	12000	114,541	1,093
-4.547 3.284	400	2 ,526	0,079
3.284 -2.618	40	1,180	0,017
-2.618 2.302	400	9,840	0,121
2.302 3.619	4200	71,610	0,233

**TableauIV.5 : les valeurs de tangente et la flèche**

## CHAPITRE V : LES RACCORDEMENTS PROGRESSIFS

### V.1-Introduction :

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.

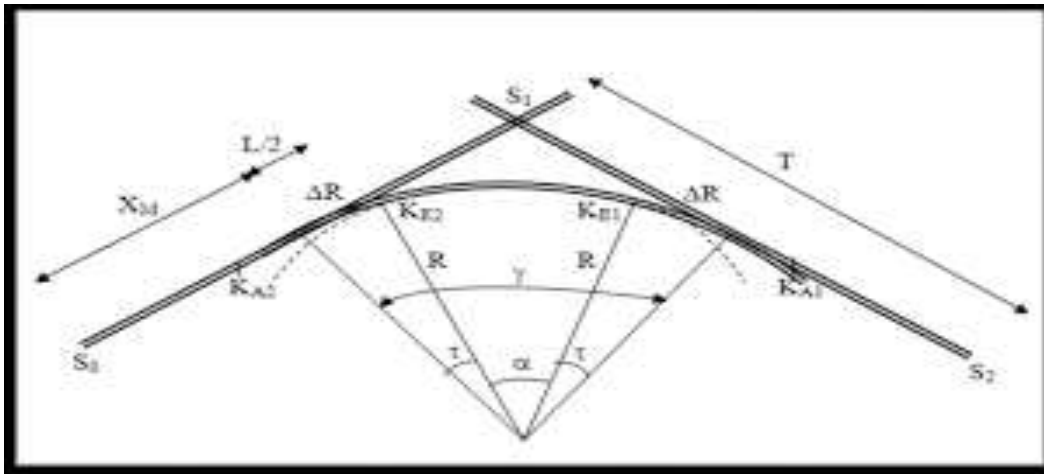
La courbe de raccordement la plus utilisée est la **Clothoïde** grâce à ses particularités, c'est-à-dire pour son accroissement linéaire des courbures. Elle assure à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation du devers (condition de gauchissement) et assure l'introduction 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.

### V.2-Définition de la Clothoïde :

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



**Figure V.1 : les éléments de la clothoïde**

### V.3 Élément de la clothoïde :

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
- Calcul de kilométrage des points particuliers

#### V.4 Propriétés de la clothoïde :

Le rayon de courbure d'une Clothoïde varie progressivement d'une valeur infinie en O, point de tangence avec l'alignement Ox , à une valeur finie **r**, en un point donné P de la courbe.

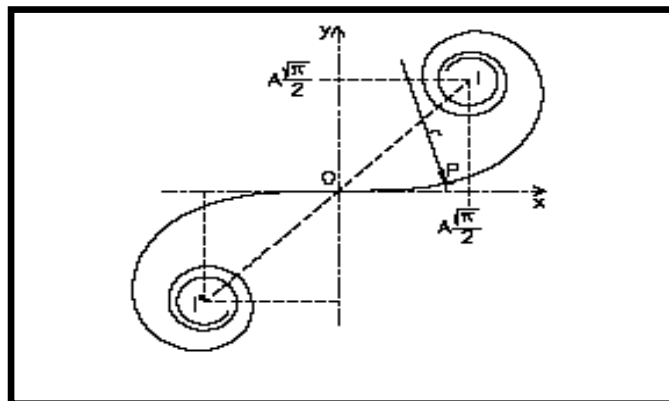


Figure V.2 : la propriété de clothoïde

Un véhicule qui parcourt cette courbe voit donc le rayon de braquage de ses roues diminuer progressivement en passant par toutes les valeurs comprises entre l'infini et **r**.

L'équation caractéristique est donnée par :  $A^2 = R.L$

Le calcul des caractéristiques de ces raccordements à courbure progressive permet de respecter les conditions de stabilité du véhicule, et de confort dynamique des usagers. Ces conditions tendent à limiter la variation de sollicitation transversale des véhicules. Dans la pratique, ceci revient à fixer une limite à la variation d'accélération tolérée par seconde.

### 1. 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.

- **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:

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

- **Devers en courbe :**

En courbe, le devers permet de :

- 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.

Les valeurs préconisées pour les normes algériennes sont les suivantes :

Environnement Devers	Facile	moyen	Difficile
<b>Devers Minimal</b>			
Cat 1-2	2.5%	2.5%	2.5%
Cat 3-4-5	3%	3%	3%
<b>Devers Maximal</b>	7%	7%	7%
Cat 1-2	8%	8%	7%
Cat 3-4-5	9%	9%	9%

Tableau V.1: Devers en fonction de l'environnement

### V.5 Détermination des dévers aux rayons en plan

- **1<sup>er</sup> cas :**

Le rayon choisi :  $R \geq R_{HNd} \rightarrow$  Le dévers associé « d » est celui de l'alignement droit

- **2<sup>ème</sup> cas :**

Le rayon choisi :  $R_{Hd} \leq R \leq R_{HNd} \rightarrow$  Le dévers associé est le dévers minimal de l'alignement droit.

- **3<sup>ème</sup> cas :**

Le rayon choisi :  $R_{HN} \leq R \leq R_{Hd} \rightarrow$  le dévers associé « d » est calculé par interpolation entre le dévers associé à  $R_{HN}$  et celui associé à  $R_{Hd}$ .

$$\frac{d(R) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}}} = \frac{d(R_{HN}) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R_{HN}} - \frac{1}{R_{Hd}}}$$

- **4<sup>ème</sup> cas :**

Le rayon choisi :  $R_{Hm} < R < R_{HN} \rightarrow$  la route est déversée à l'intérieur du virage et « d » est calculé par interpolation linéaire en  $1/R$ .

$$\frac{d(R) - d(R_{HN})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{HN}}} = \frac{d(R_{Hm}) - d(R_{HN})}{\frac{1}{R_{Hm}} - \frac{1}{R_{HN}}}$$

### V.6 Conditions De Raccordement :

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

a)-Condition de confort optique :

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

L'orientation de la tangente doit être supérieure à  $3^\circ$  pour être perceptible à l'œil.

$$\tau \geq 3^\circ \text{ soit } \tau \geq 1/18 \text{ rads}$$

$$\tau = L/2R > 1/18 \text{ rads} \rightarrow L > R/9 \text{ soit } A > R/3$$

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

**Règle générale (B40) :**

$$\color{red}{+} R \leq 1500\text{m} \quad \Delta R = 1\text{m} \quad (\text{éventuellement } 0.5\text{m})$$

$$L = \sqrt{24R\Delta R}$$

$$\color{red}{+} 1500 < R \leq 5000\text{m}$$

$$L \geq R/9$$

$$\color{red}{+} R > 5000\text{m} \quad \Delta R = 2.5 \text{ m}$$

$$L = 7.75 \sqrt{R}$$

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

Cette condition consiste à limiter le temps de parcours  $\Delta t$  du raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule.

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

$V_B$ : vitesse de base (km/h)

$R$  : rayon en (m).

$\Delta d$  : variation de dévers.

## c)-Condition de gauchissement de la chaussée :

$$\Delta d = dR + d_{\min}$$

$\Delta d$  : variation de dévers.

$$l_2 \geq l_t \times \Delta d \times V_r$$

## d)- Condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation de dévers, elle s'applique par rapport à son axe.

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

$L$  : longueur de raccordement.

$l$  : Largeur de la chaussée.

$\Delta d$  : variation de dévers.

**Nota** : La vérification des deux conditions relatives au gauchissement et au confort dynamique, peut se faire 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 demie -chaussée extérieure au virage.

Cette variation est limitée à **2%**.

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

## V.7 Vérification de non chevauchement :

a) 1<sup>er</sup> cas :

$\tau = \frac{y}{2}$  : les deux alignements sont raccordés par les deux branches de clothoïde symétrique.

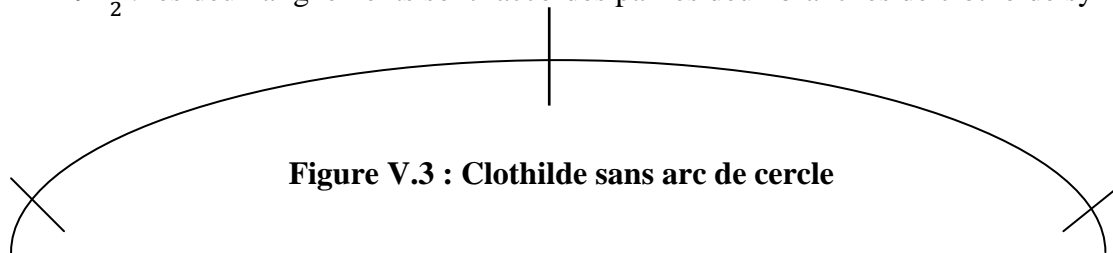


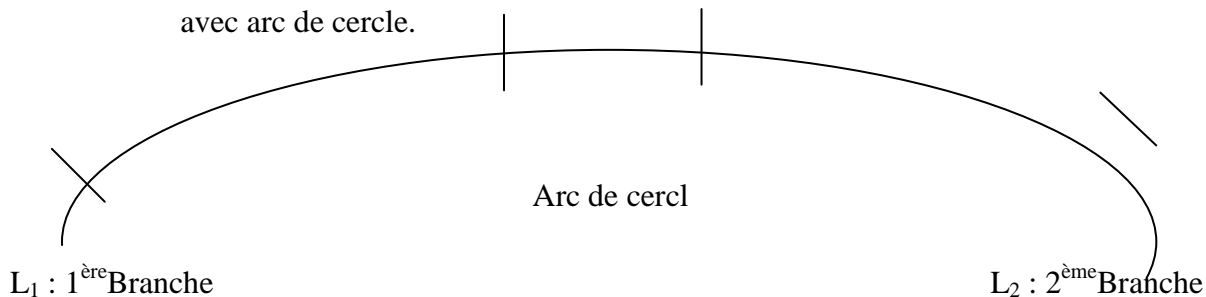
Figure V.3 : Clothilde sans arc de cercle

$L_1$  : 1<sup>ère</sup> Branche

$L_2$  : 2<sup>ème</sup> Branche

**2<sup>ème</sup> cas :**

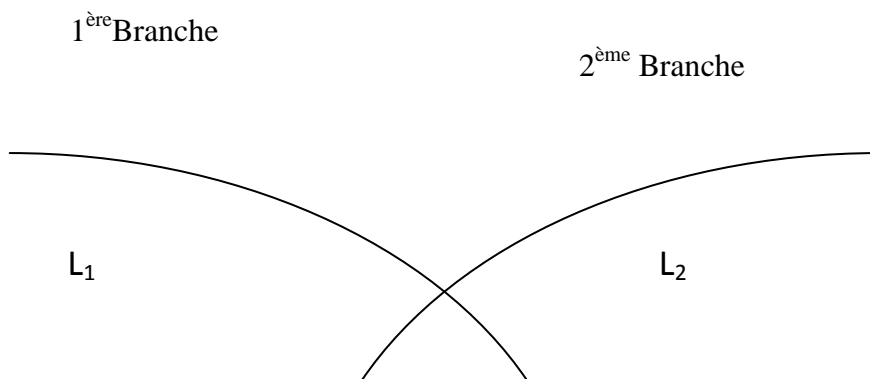
$\tau < \frac{V}{2}$  : les deux alignements sont raccordes par deux branches de clothoïde symétrique avec arc de cercle.



**Figure V. 4: Clothilde avec un arc de cercle**

**3<sup>ème</sup> cas :**

$\tau > \frac{V}{2}$  : Dans ce cas-là, il est impossible d'utiliser la clothoïde (chevauchement)



**Figure V.5 : clothoïde impossible**

**V.8 Application de projet :**

$$R=1000m \quad \alpha=41.5719 \quad d(r)=3.2\%$$

**1- Calcul de la longueur de Clothilde et la vérification de non chevauchement :**

- **Condition de confort optique :**

$$l_1 \geq \sqrt{24R\Delta R} \quad \text{avec} \quad \Delta d=1m$$

$$l_1 \geq \sqrt{24 \times 1000 \times 1}$$

$$l_1=154.65m$$

- **Condition de gauchissement de la chaussée :**

$$\Delta d = dR + d_{min}$$

$$\Delta d = 3.2 - (-2.5) = 5.7\%$$

$$l_t = 0.057 \times 100 \times 23$$

$$l_2 = 131.1m$$

- **Condition de confort dynamique :**

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

$$l_3 = \frac{100^2}{18} \left( \frac{100^2}{127 \times 1000} - 0.057 \right)$$

$$l_3 = 12.0779m$$

- **Condition de non chevauchement :**

$$\tau = L/2R \quad \Longrightarrow \quad \tau = (131/2 \times 1000) \times 200/\pi$$

$$\tau = 4.1698 \text{grad}$$

$$2\tau = 2 \times 4.1698 = 8.3397 \quad \beta = 41.5719 \text{grad}$$

**2- Calcule des dévers associés aux rayons de la variante choisie :**

Devers	
Dmin	-2.5%
Dmax	7.0%
D	5.0%
Ft	0.110
f''	0.060

Tableau V.2 : récapitulatif des devers "variante choisie "

	Calculé	B 40	Devers
RHm =	500	450	7.0%
RHN =	709	650	5.0%
RHd =	1550	1600	2.50%
RHnd =	2250	2200	-2.50%

Tableau V.3 : rayon en plan "variante choisie "

- Rayon :

R=1000 m  $\implies$   $RHN \leq R \leq RHd$   $\implies$  Interpolation entre devers RHN et celui de RHd

- 3- Calcul des paramètres de clothoïde :

Paramètre de Clothilde			
R	Rayon =1000		
L	Longueur de Clothilde = 131 m		
A	Paramètre de la clothoïde	$A = \sqrt{R \times L}$	361.930
$\alpha$	Angle au sommet	$\alpha = 41.5719$	41.571
$\beta$	Angle au centre	$\beta = 200 - \alpha$	158.420

$\tau$	Angle des tangentes	$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi}$	4.169
$\gamma$	Angle au centre partie circulaire	$\gamma = 200 - \alpha - 2\tau$	33.242
$X_{KE}$	Abscisse de l'extrémité de la clothoïde	$X_{KE} = L - \frac{L^3}{40L^4}$	130.990
$Y_{KE}$	Ardoonnée de l'extrémité de la clothoïde	$Y_{KE} = \frac{l^2}{6R}$	2.860
$\sigma$	Angle polaire	$\sigma = \text{arctg} \frac{Y_{KE}}{X_{KE}}$	1.250
D cercle	Long de la partie circulaire	$D \text{ cercle} = \frac{\pi R \gamma}{200}$	522.164
SL	Longueur de la corde KA-KE	$SL = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2}$	131.010
$X_0$	Abscisse du centre	$X_0 = X_{KE} - R \sin \tau$	129.970
$Y_0$	Ordonnées du centre	$Y_0 = Y_{KE} + R \cos \tau$	1002.850
KA-O	Distance Ka- centre	$KA-O = \sqrt{X_0^2 + Y_0^2}$	1011.23
DR	Ripage	$DR = \frac{L^2}{24R}$	0.715
DT	Développée totale	$DT = 2L + D \text{ cercle}$	2522.1641
TK	Tangente courte	$TK = \frac{Y_{KE}}{\sin \tau}$	2001.690
B	Bissectriée	$B = \frac{(R+DR)}{\cos \pi/2}$	1001.530

Tableau V.4 : les éléments de la clothoïde de la varaité choisi

## CHAPITRE VI : Paramètres Cinématique

### VI.1 Introduction :

Ce sont des paramètres relatifs a la considération, du mouvement des véhicules dans le projet de construction de la route ces paramètres sont

### VI.2 Distance de freinage :

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

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

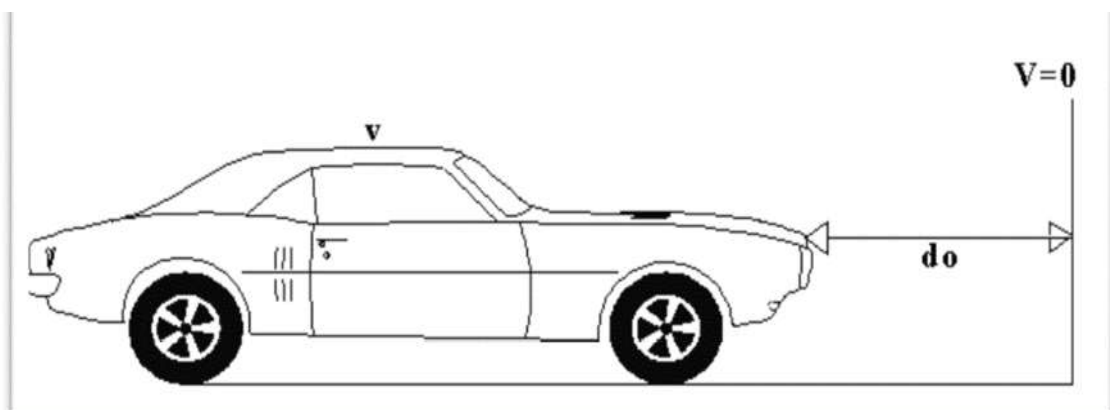
$$d_0 = 0.04 \times \frac{V_R^2}{g(fl \pm i)}$$

Avec :

$V_R$  : vitesse de référence en Km/h

$i$  : Déclivité.

$fl$  : Coefficient de frottement longitudinal qui dépend de la vitesse  $V_r$ .



**Figure VI.1 : Distance de freinage**

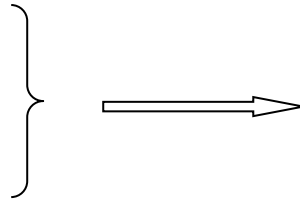
Vitesse (km/h)	40	60	80	100	120
Catégorie 1.2	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33
Catégorie 3.4.5	0.49	0.46	0.43	0.40	0.36

**Tableau VI.1 : coefficient de frottement longitudinal  $f_l$  en fonction de la vitesse (B40).**

Pour notre projet : Cat 1

$f_l = 0.36$

$V_r = 100 \text{ Km/h}$



- **En alignement droit :**

$$d_0 = 0.04 \times \frac{v_r^2}{g \times f_l}$$

- **En rampe :**

$$d_0 = 0.04 \times \frac{v_r^2}{g \times (f_l + i)}$$

- **En pente :**

$$d_0 = 0.04 \times \frac{v_r^2}{g \times (f_l - i)}$$

### VI.3 Temps de perception et de réaction :

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

Sa durée conditionnée par des caractéristiques de conducteur et le véhicule. Il intervient pour :

- Le freinage
- Le dépassement
- L'observation de signalisation

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

Dans une attention concentrée

$t = 2s$  pour un obstacle imprévisible

$t = 0.6s$  pour un obstacle prévisible

En moyenne on peut prendre  $0.9s$ , mais en pratique on prend toujours :

$t = 2s$  pour des vitesses  $< 100 \text{ Km/h}$

$t = 1.8s$  pour des vitesses  $\geq 100 \text{ Km/h}$

Dans la distance parcourue pendant le temps de réaction et de perception est :

$d_1 = v \times t$  Avec  $V : \text{m/s}$

$t : s$

#### VI.4 Distance d'arrêt :

La distance parcourue par le véhicule entre le moment dans lequel l'œil du conducteur perçoit l'obstacle et l'arrêt effectif du véhicule est appelée distance d'arrêt « d ».

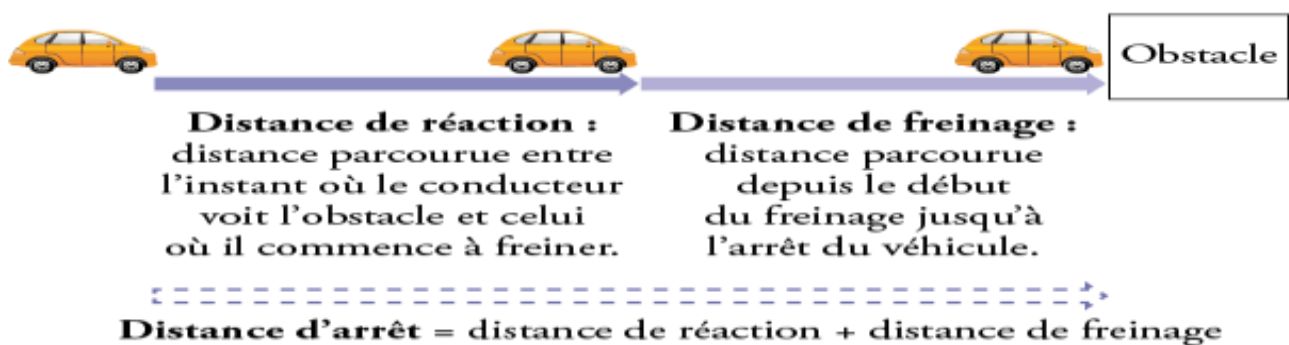


Figure VI.2: Temps de perception-réaction.

- En alignement droit :

Pour  $V_r < 100 \text{ Km/h}$  et quand  $t = 2s$  :

$$d = d_0 + 0.55 \times V_r$$

Pour  $V_r \geq 100$  Km/h et quand  $t = 1.8s$

$$d = d_0 + 0.50 \times V_r$$

- **En courbe :**

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

Pour  $V_r \leq 100$  Km/h et quand  $t = 2$  s :

$$d = 1.25 \times d_0 + 0.55 \times V_r$$

Pour  $V_r > 100$  Km/h et quand  $t = 1.8s$

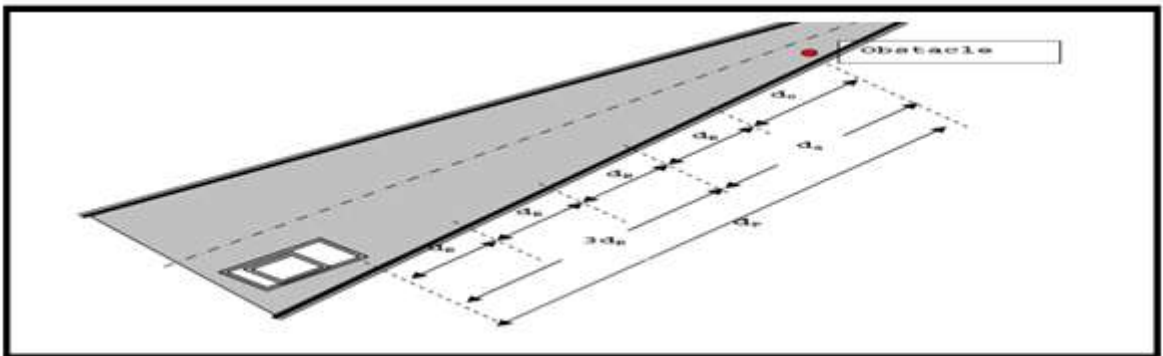
$$d = 1.25 \times d_0 + 0.50 \times V_r$$

### VI.5 Distance de perception :

Le temps nécessaire pour effectuer une manœuvre d'arrêt, une manœuvre de changement de file ou une manœuvre d'insertion est de 6 s.

On appelle distance de perception  $d_p$ , la somme de la distance d'arrêt  $d$  et la distance parcourue en 6s.

$$d_p = d + \frac{6}{3,6} \cdot V_R$$



**Figure VI.3 : Distance de perception**

### VI.6 Espacement entre deux véhicules :

Supposons que deux véhicules circulent dans le même sens sur la même voie et la même vitesse. Et

Nous recherchons l'espacement entre les deux véhicules de telle façon que si le premier véhicule est obligé d'amorcer un freinage au maximum pour éviter un obstacle quelconque, cet espacement doit permettre au second véhicule de s'arrêter sans risque de collision.

La distance de freinage ne change pas et reste  $d_0$ , mais par contre la distance parcourue pendant le temps de perception et de réaction de second véhicule un feu arrières de stop de premier véhicule.

L'espace sera donc théoriquement :

$$d'_2 = d_2 + v \times t' + l$$

$d_2$  : distance parcourue pendant temps de perception et de réaction du premier véhicule

$l$  : longueur moyenne d'un véhicule

En général , on prend  $t' = 0.75$  s\*En général , on prend  $t = 3$  s

Distance de sécurité sera donc :

$$d'_2 = d_2 + v \times (t' + t) + l \quad (t : \text{en s} \quad v : m/s)$$

Soit (E) l'espace supplémentaire de sécurité :  $E = v \times t' + l$

$$\text{Sachons que } V = \frac{v}{3.6} \text{ et } t' = 0.75 \text{ s} \quad \longleftarrow E = \frac{v}{5} + l$$

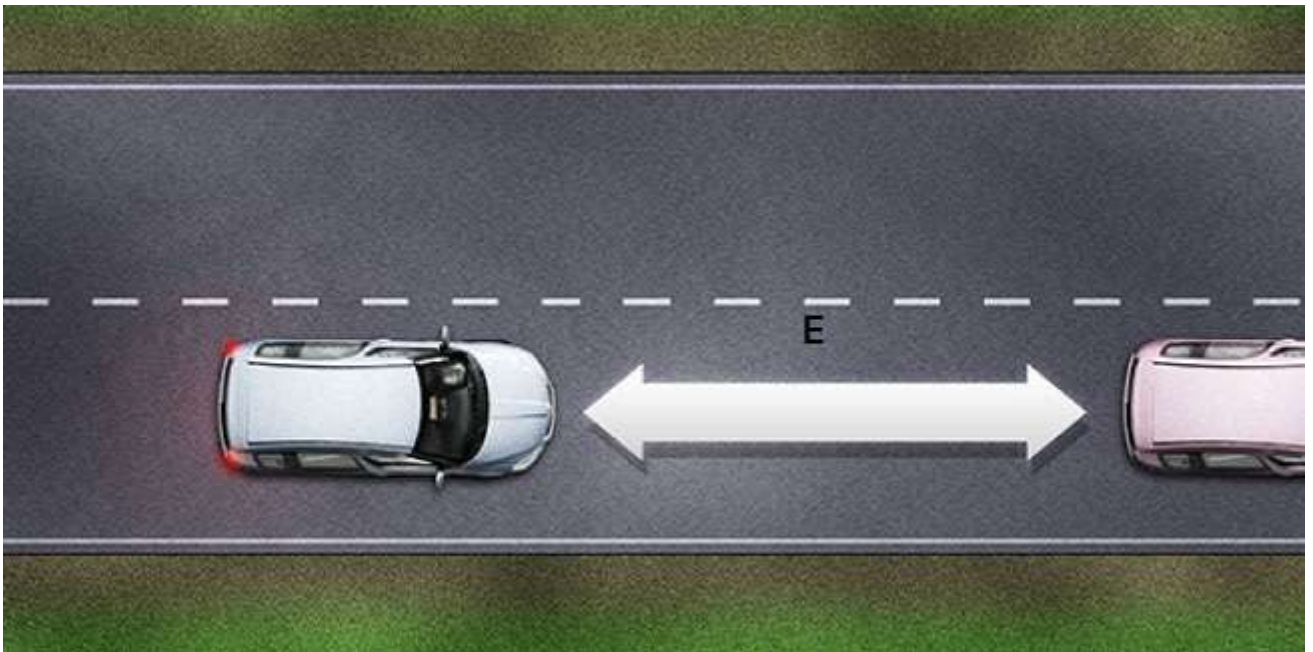


Figure VI.4 : l'espace entre deux véhicules

### VI.7 Distances de visibilité de dépassant et de manœuvre :

Cette dernière représente la distance nécessaire telle que si un véhicule rapide apparaît en sens inverse du véhicule effectuant le dépassement à l'instant où celui-ci amorce sa manœuvre il ne croise le véhicule inverse qu'après l'exécution de la manœuvre.

Le tableau suivant résume selon les normes B40 les distances de visibilité de la manœuvre et de dépassement et d'arrêt :

V (Km/ h)	40	60	80	100	120	140
<b>Dvd<sub>f</sub></b> (m)	4 V	4 V	4V	4,2 V	4,6 V	5 V
	160	240	320	420	550	700
<b>Dvd<sub>N</sub></b> (m)	6 V	6 V	6 V	6,2 V	6,6 V	7 V
	240	360	480	620	790	980
<b>Dmd (m)</b>	70	120	200	300	425	/

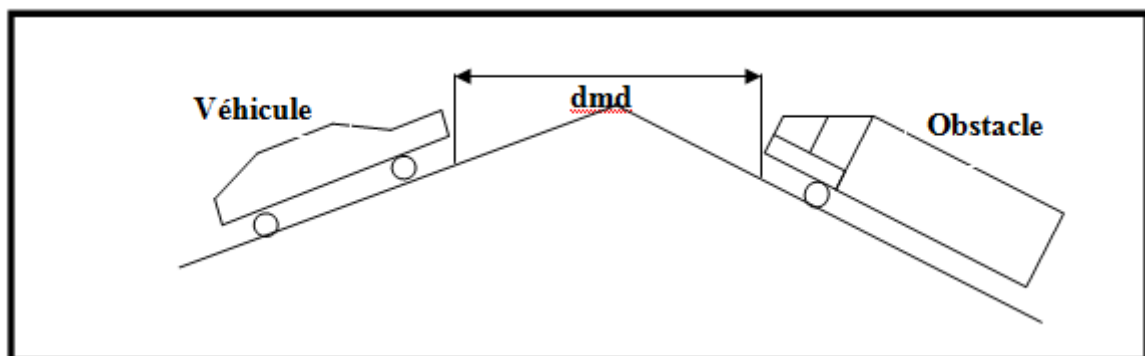
**Tableau VI.2 : les différentes distances selon les normes B40**

Avec :

**Dvd<sub>f</sub>** : distance de visibilité et de dépassement court ou forcé

**Dvd<sub>N</sub>** : distance de visibilité et de dépassement normale

**Dmd** : distance de manœuvre et de dépassement



**Figure VI.5 : Distance de visibilité de manœuvre et de dépassement « dmd »**

## IV.1.8-Application De Projet :

Caractéristiques	Long. 2D (m)	Long. 3D (m)	S = Abscisse	Z projet (m)	(X,Y) en plan	Z TN (m)
			0.000	160.926	231943.29, 3969606.02	160.926
Pente = -1.049 %	199.831	199.842				
			199.831	158.830	232142.68, 3969619.30	160.017
Arc de parabole	480.565	480.584				
Rayon = 150000.0000						
			680.396	154.558	232618.49, 3969584.62	158.066
Pente = -0.729 %	46.886	46.887				
			727.281	154.216	232662.95, 3969569.74	159.239
Arc de parabole	229.092	229.186				
Rayon = -6000.0000						
			956.373	148.173	232867.68, 3969468.07	137.141
Pente = -4.547 %	267.965	268.241				
			1224.338	135.988	233090.90, 3969319.82	131.761
Arc de parabole	31.324	31.333				
Rayon = 400.0000						
S bas = 1242.338						
Z bas = 135.575						
			1255.662	135.790	233116.99, 3969302.48	132.403
Rampe = 3.284 %	5.347	5.350				
			1261.009	135.966	233121.44, 3969299.52	132.084
Arc de parabole	2.361	2.361				
Rayon = -40.0000						
S haut = 1262.509						
Z haut = 135.987						
			1263.370	135.974	233123.41, 3969298.21	132.007
Pente = -2.618 %	6.789	6.791				

			1270.159	135.796	233129.06, 3969294.46	132.210
Arc de parabole	19.683	19.685				
Rayon = 400.0000						
S bas = 1280.659						
Z bas = 135.659						
			1289.841	135.765	233145.46, 3969283.56	131.692
Rampe = 2.302 %	182.633	182.681				
			1472.474	139.969	233297.57, 3969182.48	134.394
Arc de parabole	143.195	143.259				
Rayon = 11000.0000						
			1615.669	144.198	233416.83, 3969103.23	145.407
Rampe = 3.604 %	38.573	38.598				
			1654.242	145.588	233448.96, 3969081.88	145.588
Longueur totale	1654.242					

Tableau IV.3 : déclivité du profil en long

On a catégorie 1, vitesse de référence = 100 Km/ h

Du tableau.1, on tire f : f = 0,36

En pente avec : **i = -1.049 %**

$$d_0(m) = \frac{(0,04*v^2)}{g (f-i)} = \frac{(0,04*100^2)}{10 (0,36-0.01049)} = 114.44 \text{ m}$$

En Pente avec : **i = -0.729 %**

$$d_0(m) = \frac{(0,04*v^2)}{g (f-i)} = \frac{(0,04*100^2)}{10 (0,36-0.0729)} = 139.32 \text{ m}$$

En Pente avec : **i = -4.547 %**

$$d_0(m) = \frac{(0,04*v^2)}{g (f-i)} = \frac{(0,04*100^2)}{10 (0,36-0.04547)} = 127.17 \text{ m}$$

En Rampe avec : **i = 3.284 %**

$$d_0(m) = \frac{(0,04*v^2)}{g(fl+i)} = \frac{(0,04*100^2)}{10(0,36+0.03284)} = 101.82m$$

En Pente avec : **i = -2.618 %** :

$$d_0(m) = \frac{(0,04*v^2)}{g(fl-i)} = \frac{(0,04*100^2)}{10(0,36-0.02618)} = 104.43m$$

En Rampe avec : **i = 2.302 %** :

$$d_0(m) = \frac{(0,04*v^2)}{g(fl+i)} = \frac{(0,04*100^2)}{10(0,36+0.02302)} = 127.17m$$

En Rampe avec : **i = 3.604 %** :

$$d_0(m) = \frac{(0,04*v^2)}{g(fl+i)} = \frac{(0,04*100^2)}{10(0,36+0.03604)} = 100.99m$$

En palier avec : **i = 0 %** :

$$d_0(m) = \frac{(0,04*v^2)}{g(fl+i)} = \frac{(0,04*100^2)}{10(0,36)} = 111.11m$$

## 2-Distance d'arrêt :

V = 100 Km/h donc : t = 1.8 s.

### 2.1 En alignement droit :

**i = 0 %** :

$$d_1(m) = d_0 + 0,50 * V = 111.11 + 0,50 * 100$$

$$d_1(m) = 161.11m$$

**i = 3.604 %** :

$$d_1(m) = d_0 + 0,50 * V = 100.99 + 0,50 * 100$$

$$d_1(m) = 150.99 m$$

**i = 2.302 %** :

$$d_1(m) = d_0 + 0,50 * V = 127.17 + 0,50 * 100$$

$$d_1(m) = 177.17m$$

**i = -2.618 %** :

$$d_1(m) = d_0 + 0,50 * V = 104.43 + 0,50 * 100$$

$$d_1(m) = 154.43 \text{ m}$$

$$i = 3.284 \% :$$

$$d_1(m) = d_0 + 0,50 * V = 101.82 + 0,50 * 100$$

$$d_1(m) = 151.82 \text{ m}$$

$$i = -4.547 \% :$$

$$d_1(m) = d_0 + 0,50 * V = 127.17 + 0,50 * 100$$

$$d_1(m) = 177.17 \text{ m}$$

$$i = -0.729 \% :$$

$$d_1(m) = d_0 + 0,50 * V = 139.32 + 0,50 * 100$$

$$d_1(m) = 189.32 \text{ m}$$

$$i = -1.049 \% :$$

$$d_1(m) = d_0 + 0,50 * V = 114.44 + 0,50 * 100$$

$$d_1(m) = 164.44 \text{ m}$$

### 2.1 En courbe :

$$i = 0 \% :$$

$$d_1(m) = 1.25 d_0 + 0.5 * V = 1.25 \times 111.11 + 0,50 * 100$$

$$d_1(m) = 188.88 \text{ m}$$

$$i = 3.604 \% :$$

$$d_1(m) = 1.25 d_0 + 0,50 * V = 1.25 \times 100.99 + 0,50 * 100$$

$$d_1(m) = 176.23 \text{ m}$$

$$i = 2.302 \% :$$

$$d_1(m) = 1.25 d_0 + 0,50 * V = 1.25 \times 127.17 + 0,50 * 100$$

$$d_1(m) = 208.96 \text{ m}$$

$$i = -2.618 \% :$$

$$d_1(m) = 1.25 d_0 + 0,50 * V = 1.25 \times 104.43 + 0,50 * 100$$

$$d_1(m) = 180.53 \text{ m}$$

**i = 3.284 % :**

$$d_1(m) = 1.25 d_0 + 0,50 * V = 1.25 \times 101.82 + 0,50 * 100$$

$$d_1(m) = 177.27 \text{ m}$$

**i = -4.547 % :**

$$d_1(m) = 1.25 d_0 + 0,50 * V = 1.25 \times 127.17 + 0,50 * 100$$

$$d_1(m) = 208.96 \text{ m}$$

**i = -0.729 % :**

$$d_1(m) = 1.25 d_0 + 0,50 * V = 1.25 \times 139.32 + 0,50 * 100$$

$$d_1(m) = 224.15 \text{ m}$$

**i = -1.049 % :**

$$d_1(m) = 1.25 d_0 + 0,50 * V = 1.25 \times 114.44 + 0,50 * 100$$

$$d_1(m) = 193.05 \text{ m}$$

### 3-Distance de visibilité de dépassement et de manœuvre :

Sachant que :  $V = 100 \text{ Km/h}$

#### 3.1 Pour un dépassement court ou en force :

D'après le tableau 2 :

$$t = 1.8 \text{ s} : D_{vd f} (m) = 4.2 * V = 4.2 * 100 = 420 \text{ m}$$

#### 3.2 Pour un dépassement normal :

$$t = 1.8 \text{ s} : d_{vd n} = 6.2 * V = 6.2 * 100 = 620 \text{ m}$$

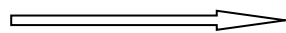
#### 3.3 Distance de manœuvre :

On peut obtenir cette distance du tableau 2 :  $D_{md} (m) = 300 \text{ m}$ .

#### 4-Espacement entre 2 véhicules :

$$E = 8 + 0.2 * v + 0.003 * v^2$$

$$E = 8 + 0.2 * 100 + 0.003 * 100^2$$



$$E = 58 \text{ m}$$



## CHAPITRE VII: Étude de Trafic

### **VII.1 Introduction :**

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

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

Cette conception repose, sur une partie « stratégie, planification », sur la prévision des trafics,

Sur les réseaux routiers, qui est nécessaire pour :

- \* Apprécier la valeur économique des projets.
- \* Estimer les coûts d'entretien du réseau routiers, qui sont en fonction du volume de circulation.
- \* Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons de la route constituant

Le réseau qui doit être adapté au volume et la nature des circulations attendues (nombre de voies).

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

### **VII.2 Analyse des trafics existants :**

Tout projet d'étude d'infrastructure routière doit impérativement contenir une évaluation et une analyse précise de 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,

l'analyse de trafic est un outil d'aide à la décision relative à la politique des transports.

### VII.2.1 Mesure des trafics :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires :

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

#### a) comptages :(technique n'identifiant pas les véhicules)

- \* Comptages manuels
- \* Comptages automatiques
- \* Comptages directionnels
- \* Comptage directionnel par numéro de voiture ou film
- **compactages 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.

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

- **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.

- **compactages directionnels :**

Le comptage directionnel de trafic se fait aux intersections gérées par priorités, aux carrefours à feux et aux giratoires. Il permet de déterminer les flux en fonction de leur direction.

**b) Enquêtes simplifiées :**

- \* Enquêtes par relève minéralogique
- \* Enquêtes par cartes
- \* Enquêtes papillons

**c) Enquêtes complètes :**

- \* Enquêtes par interview le long de la route
- \* Enquête par interview à domicile ou enquêtes ménages

**VII.3 Différents types du trafic :****a) Trafic normal :** c'est un trafic recensé sur l'itinéraire de la route avant son

Aménagement à une année donnée.

**b) Trafic dévié :** c'est le trafic dévié sur d'autre itinéraire suite au faible niveau de service offert par la route avant aménagement.

**c) Trafic induit :**

C'est le trafic qui résulte de : [5]

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

Production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

**d) Trafic total :** c'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

**VII.4 Capacité routière :**

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

La capacité s'exprime sous forme d'un débit horaire, elle dépend :

**VII.4.1 Définition de la capacité :**

- \* 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 réaction des conducteurs).

**VII.4.2 Procédure de détermination du 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.

- \* Calcul de TMJA à l'horizon :

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

$$T_n = T_1(1 + \tau)^n$$

Avec :

- \*  $T_n$ : Trafic à l'année horizon.
- \*  $T_1$ : Trafic à l'année de mise en service.
- \*  $n$  : durée de la vie.
- \*  $\tau$  : taux d'accroissement du trafic (%).

**VII.4.3 Calcul du trafic effectif:**

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de type de route et de l'environnement :

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

Le trafic effectif est donné par la relation :

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

- \*  $T_{eff}$ : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P/j)
- \*  $Z$  : pourcentage de poids lourds (%).
- \*  $P$  : coefficient d'équivalence pour le poids lourd, il dépend de la nature de la route.

Environnement Routes	E1	E2	E3
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies et plus	2	4	8

**Tableau VII.1: Coefficient d'équivalence 'P'**

#### VII.4.4 débit de point horaire normal :

Le débit de point horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon  $h$ , il est exprimé en (uvp) et donné par formule :

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

Avec :

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

$\left(\frac{1}{n}\right) = 0.12$  coefficient de pointe

$$Q = 0.12 \times T_{eff}$$

Avec :

$Q$  : débit de pointe horaire exprimé en (uvp/h).

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

$T_{eff}$  :trafic effectif.

#### 4-5 Débit horaire admissible :

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

$$Q_{adm} = K_1 + K_2 \times C_{th} \quad (\text{uvp/h})$$

Avec :

$K_1$  : Coefficient lié a l'environnement (**Tableau2**)

$K_2$  : Coefficient de réduction de capacité.(**Tableau 3**)

$C_{th}$  : Capacité théorique du profil en travers en régime stable.(**Tableau4**)

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

**Tableau VII.2 : Coefficient « K1 »**

Capacité théorique					
Environnement	C1	C2	C3	C4	C5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.92	0.95	0.97	0.96	0.96

**Tableau VII.3 : Coefficient « K2 »**

	Catégorie de la route
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 1200 uvp/h
Route à 3 voies de 3.5m	2400 à 3200 uvp/h
Route a chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/h/sens

**TableauVII.4 : valeurs de  $C_{th}$  : capacité théorique du profil en travers en régime stable**

#### VII.4-6 Déterminations du nombre des voies :

Le nombre de oies de circulation est variable selon le volume de circulation projeté a terme et les niveaux de services attendus.

➤ **Cas d'une chaussée bidirectionnelle :**

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

$$Q \leq Q_{adm}$$

➤ **Cas d'une chaussée unidirectionnelle :**

On nombre de voie par chaussée est le nombre entier le plus proche du rapport :

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

Avec :

$n$  : le nombre de voie.

$Q_{adm}$  : Débit admissible par voie.

$S$  : coefficient dissymétrie, en général=2/3 .

**VII.5 Application de projet :**

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

- Le trafic à l'année de compactage 2017 **TJMA2017 = 20000 v/j**
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté  $\tau = 4 \%$
- La vitesse de base sur le tracé **V<sub>b</sub> = 100 km/h**
- Le pourcentage moyen de poids lourds **Z = 30%**
- n = 3 ans ( étude + réalisation )
- L'année de mise en service sera en **2020**
- Environnement – Catégorie **C1**
- La durée de vie estimée de **10 ans**
- Coefficient d'équivalence pour le poids lourd : **p=2.**

**1 Projection future de trafic :**

L'année de mise en service (2017)

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

Avec : T<sub>n</sub>: trafic à l'horizon (année de mise en service 2020)

T<sub>0</sub> : trafic à l'année zéro (origine 2017)

$$TMJA_{2020} = 20000 (1+0.04)^3 = 22497 \text{ v/j}$$

$$\text{Donc : } T_1 = 22497 \text{ v/j}$$

Trafic à l'année horizon (2030) pour une durée de vie de 10 Ans :

$$T_{10} = 22497(1+0,04)^{10} = 33301 \text{ v/j}$$

$$\text{Donc : } T_{10} = 33301 \text{ v/j.}$$

**2 Calcul du trafic effectif :**

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

Avec : P : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds pour une route à deux voies et un environnement E1 on a P=2.

Z: le pourcentage de poids lourds est égal à 30 %.

Environnement	$E_1$	$E_2$	$E_3$
P	2,00	4,00	8,00

**Tableau VII.5 : coefficient d'équivalence "p" (selon le B40)**

$$T_{eff2030} = [(1 - 0,30) + 2 \times 0,3] \times 33301 = 26974 \text{ uvp/j}$$

### 3 Débit de pointe horaire normal :

➤ *Année de mise en service* :

$$Q_{2030} = 0,12 \times T_{eff2020}$$

$$Q_{2030} = 0,12 \times 26974 = 3237 \text{ uvp/h}$$

### 4 La capacité admissible :

$$Q_{adm} = K_1 \times K_2 \times C_{th} \quad \Rightarrow \quad C_{th} = Q / (K_1 \times K_2)$$

Avec :  $K_1$  : coefficient correcteur pris égal à 0.75 pour E1.

$K_2$  : coefficient correcteur pris égal à 1 pour environnement (E1) et catégorie (C1).

$C_{th}$  : capacité théorique.

Q : de l'année de mise en service.

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1 \times 1800 \quad \Rightarrow \quad Q_{adm} = 1350$$

### 5 : Le nombre des voies :

$$N = S \left( \frac{Q}{Q_{adm}} \right)$$

Avec  $S = 2/3$

$$N = 2/3(2187/1350) = 1.88$$

Donc :  $N = 2$  voies par sens

Les résultats des calculs sont récapitulés dans le tableau suivant :

<i>TJMA</i> <sub>2017</sub>	<i>TJMA</i> <sub>2020</sub>	<i>TJMA</i> <sub>2030</sub>	<i>T<sub>eff</sub></i> <sub>2030</sub>	<i>Q</i> <sub>2020</sub>	N
(v/j)	(v/j)	(v/j)	(uvp/j)	(uvp/h)	
20000	22497	33301	26974	3237	2

**Tableau VII.6 : résultats du calcul de trafic**

## CHAPITRE VIII : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

### VIII.1. Introduction :

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

Et aussi 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 les charges pendant toute sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle ci passe D'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser.

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude.

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

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

## VIII.2 Principe de la constitution des chaussées :

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

De la charge des véhicules.

Des chocs.

Des intempéries.

Des efforts cisaillements.

## VIII.3 La Chaussée :

### 3.1 Définition :

La chaussée est constituée d'une structure de chaussée multicouche de type souple, rigide et semi-rigide de matériau granulaire traité ou non traité avec des liants Hydrocarbonés ou en ciment.

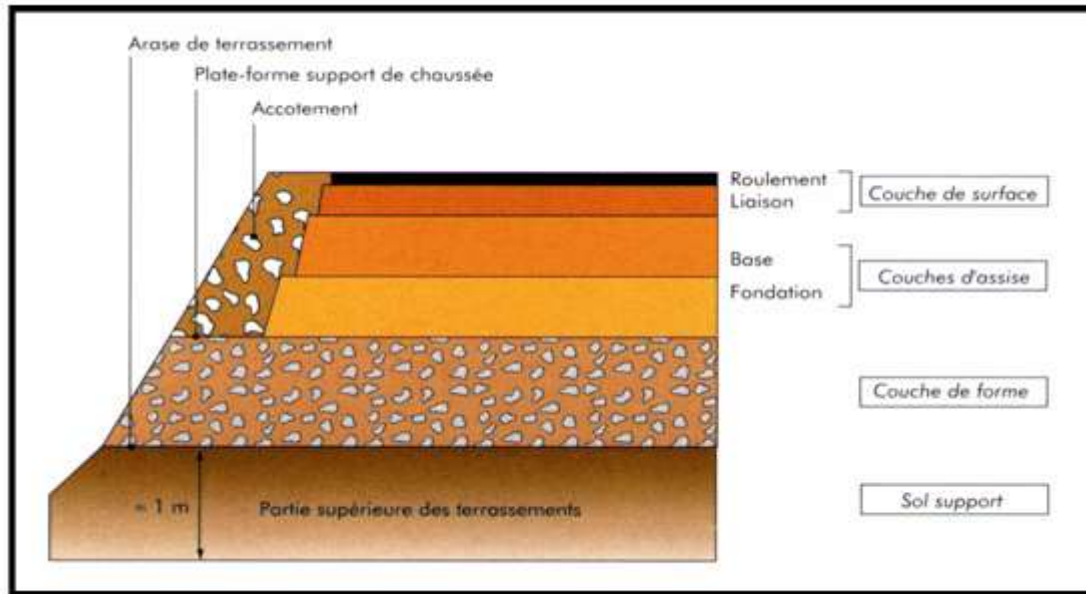
Cette structure a pour rôle d'encaisser les charges horizontales et verticales et les transmettre au sol support

### 3.2 Objectifs du dimensionnement :

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

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

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



**Figure VIII.1: Structure de chaussée type.**

#### VIII.4 différents types de chaussées :

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

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

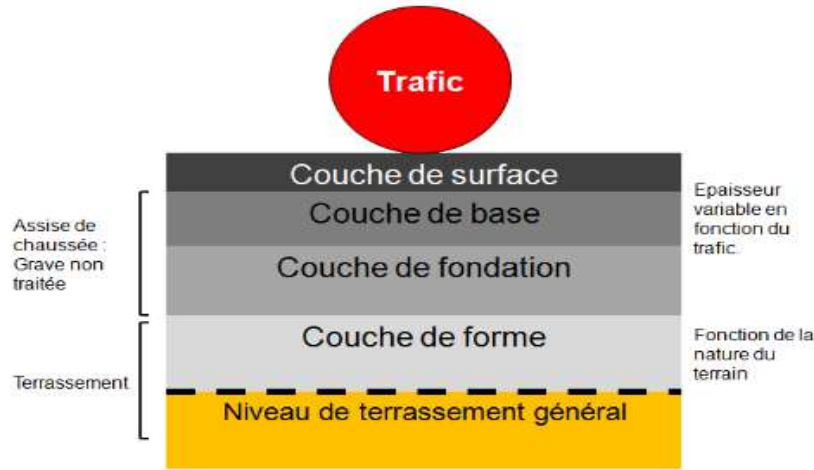
##### VIII.4.1 chaussées souple :

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, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini.

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



**Figure VIII. 2 : chaussée souple**

**a)- Couche de roulement (surface) :**

La couche de surface constituant la chape (couche de surface) de protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagés

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.

La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides.

L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 5 et 10 cm.

**b)- Couche de base :**

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic, elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base varie entre 15 et 20 cm.

**c)- 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.

**d)- Couche de forme :**

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée.

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm.

**VIII.4.2 Chaussée semi-rigide :**

On distingue :

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

- ❖ La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par

L'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 mm.

- ❖ 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.

### VIII.4.3 Chaussée rigide :

Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de la chaussée souple)

qui, en fléchissant élastiquement sous les charges, transmettent les efforts à distance et les

répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisé

mécaniquement : elle peut être traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.

Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie (sauf pour les chaussées aéronautiques)

### VIII.5 Structures de chaussée :

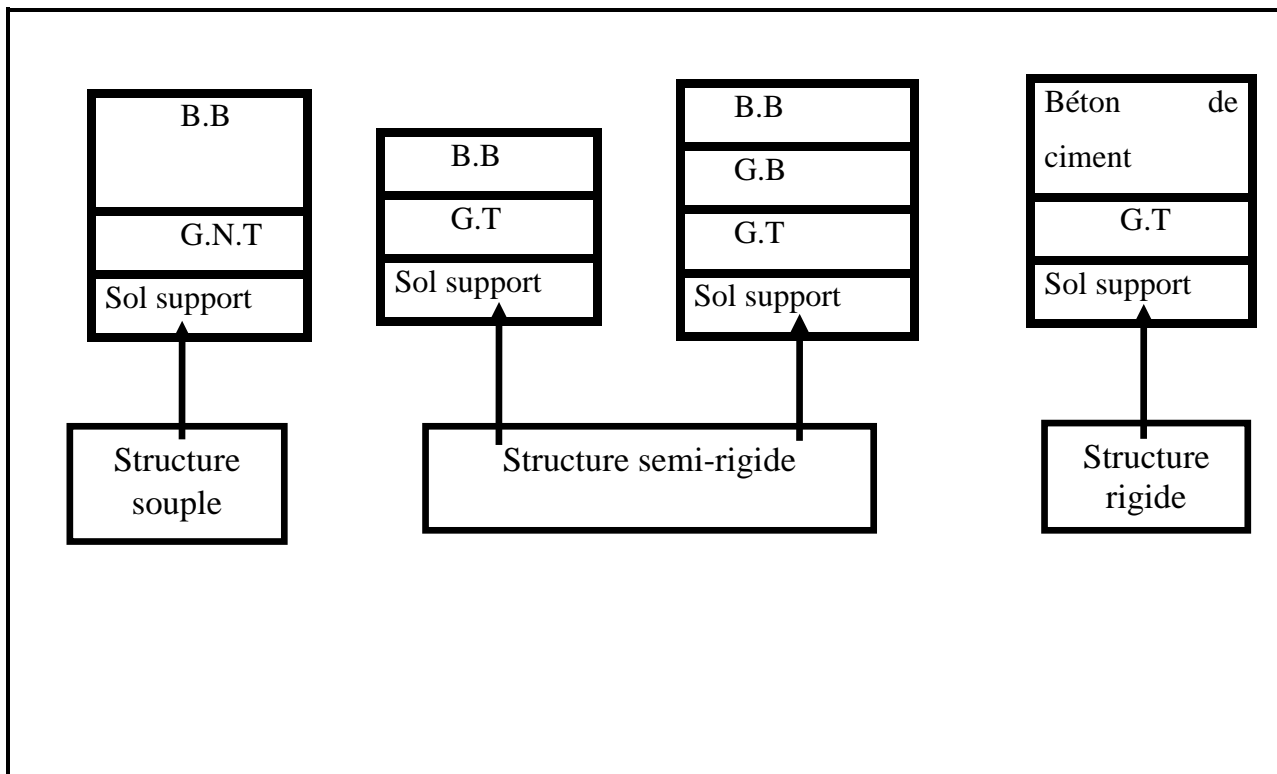


Figure VIII.3 : les différentes catégories de chaussée

Avec :

- **BB:** béton bitumineux
- **GB:** grave bitume
- **GT:** grave traité
- **G.N.T:** grave non trait.

### VIII.6 Terminologie d'une chaussée :



Figure VIII.4 : Terminologie d'une chaussée

### VIII.7 Les Différents Facteurs a prendre en compte pour le dimensionnement :

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

#### a) Trafic :

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds ,il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée.

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

De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes.

#### b) Environnement :

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations, ainsi :

La variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné, et aussi les

précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support.

Donc, l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, propriétés des matériaux bitumineux et conditionne.

### c) - Le Sol Support :

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

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.

Les sols support sont, en général , classés selon leur portance , elle même fonction de l'indice CBR .

Portance	1	2	3	4
CBR	<3	3 a 6	6 a 10	10 a 20

**Tableau 1 : la portance de sol en fonction de l'indice de CBR**

### Détermination de la classe du sol :

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

Après immersion de quatre jours, le classement sera fait en respectant les seuils suivants:

Classe de sol (Si)	Indice C.B.R
<b>S0</b>	>40
<b>S1</b>	25-40
<b>S2</b>	10-25
<b>S3</b>	05-10
<b>S4</b>	<05

**Tableau VIII.2 : Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR**

#### **d) - Matériaux :**

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

#### **VIII.8 Méthodes De Dimensionnement :**

Nous avons deux grandes familles de méthodes :

- ❖ 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 :

### VIII.8-1 Méthode 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 oeuvre s'obtient

par l'application de la formule présentée ci après:

$$E_{réelle} = \frac{100 + 50\sqrt{P} \times (75 + 50 \log_{10} \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} \quad (\text{cm})$$

- **e**: épaisseur.
- **ICBR** : indice CBR (sol support).
- **N**: désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide
- **P**: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t)
- **Log**: logarithme décimal

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

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

Où:

- $a_1 \square e_1$  : couche de roulement
- $a_2 \square e_2$  : couche de base
- $a_3 \square e_3$  : couche de fondation

Où:

- ✓  $a_1, a_2, a_3$  : coefficients d'équivalence.
- ✓  $e_1, e_2, e_3$  : épaisseurs réelles des couches.

❖ **Coefficient d'équivalence :**

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

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	<b>2.00</b>
Grave ciment –grave laitier	<b>1.50</b>
Grave concassée ou gravier	<b>1.00</b>
Grave butime	<b>1.20 à 1.70</b>
Grave Roulée – grave sableuse T.V.O	<b>0.75</b>
Sable ciment	<b>1.00 à 1.20</b>
Sable	<b>0.50</b>
Tuf	<b>0.60</b>

**Tableau VIII.3 : coefficients d'équivalence des matériaux**

### VIII.9 Application Dr Projet :

#### Données de l'étude :

- Le trafic à l'année 2017 **TJMA2017 = 20000 v/j**
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté  $\tau = 4 \%$
- Le pourcentage moyen de poids lourds **Z = 30%**
- L'année de mise en service sera en **2020**
- La durée de vie estimée de **10 ans**

#### ❖ **Méthode CBR :**

On a : **ICBR = 4.5** ce sol appartient à la classe **(S4)**

#### Remarque :

Pour le calcul de l'épaisseur réelle de la chaussée, on fixe « e1 », « e » et on calcule « e3 »

P : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t).

Log : logarithme décimal.

Avec : Z=%PL=30%,  $\tau$  =4%, ICBR =4.5 , TJMA2030=33302v/j ; TJMA2017=20000v/j

**1-Trafic à l'année de mise en service  $T_1$  :**

$$T_0 = TMJA \times PL\% = 20000 \times 0.30 \quad \Rightarrow T_0 = \mathbf{6000 \text{ VPL/J}}$$

$$T_1 = T_0 (1 + \tau)^3 = 6000 (1 + 0.04)^3 \quad \Rightarrow T_1 = \mathbf{6749 \text{ VPL/J}}$$

$$T_{10} = T_1 (1 + \tau)^{10} = 6749 (1 + 0.04)^{10} \quad \Rightarrow T_{10} = \mathbf{9990 \text{ VPL/J}}$$

**2- Trafic de l' année horizon a la 10 année ( durée de vie ) :**

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log \frac{9990}{10})}{4.5 + 5} = 71 \text{ cm}$$

On a :  $E_{\text{eq}} = c_1 \times e_1 \times c_2 \times e_2 \times c_3 \times e_3$

$e_1$ : épaisseur réelle de la couche de surface.

$e_2$ : épaisseur réelle de la couche de base.

$e_3$ : épaisseur réelle de la couche de fondation

$$e \text{ équivalente} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

$$71 = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche

- Couche de roulement en béton bitumineux (BB) :

$$e_1 = 08 \text{ cm} \quad a_1 = 2 \quad e_1 \times a_1 = 8 \times 2 = 16 \text{ cm}$$

- Couche de base en grave concassé (GC) :

$$e_2 = 25 \text{ cm} \quad a_1 = 1 \quad e_1 \times a_1 = 25 \times 1 = 25 \text{ cm}$$

- Couche de fondation en tvo :

- $e_3 = ?$        $a_1 = 0.75$

$$e_3 = \frac{71 - (16 + 25)}{0.75} \quad e_3 = 40 \text{ cm}$$

$$e_3 \times a_3 = 40 \times 0.75 = 30 \text{ cm}$$

on prendra  $e_3 = 30 \text{ cm}$

Les couches	Matériaux utilisés	Epaisseur réelle (cm)	Epaisseur équivalente (cm)
c. de roulement	Béton bitumineux	8	16
c. de base	Gravier concassé	25	25
c. de fondation	Tvo	40	30
<b>Somme</b>	/	73	71

**Donc:** Notre structure comporte : **8BB + 25GC + 40TVO.**

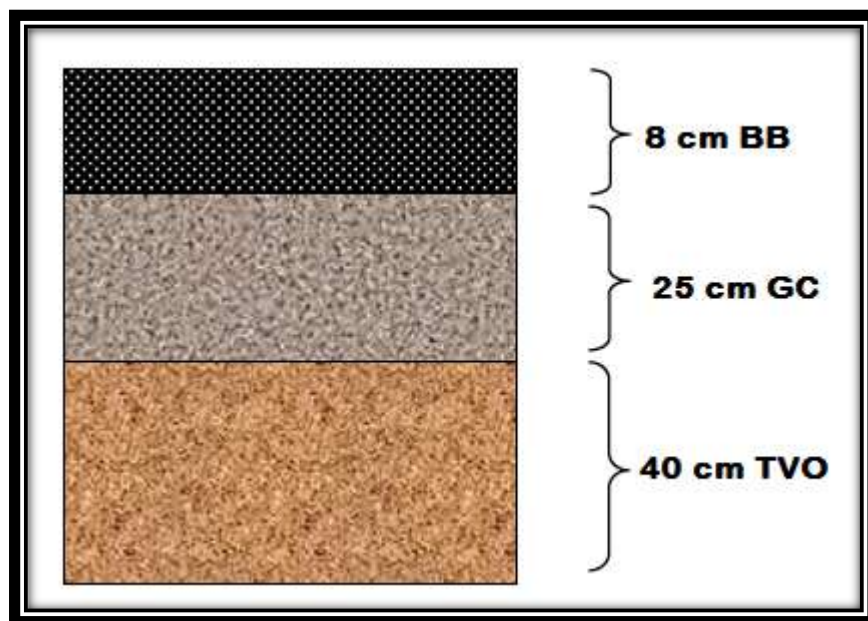


Figure VIII.4 : Différentes couches du corps de chaussée de la variante choisie

## CHAPITRE IX : Profil en Travers

### IX.1 Définition :

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

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

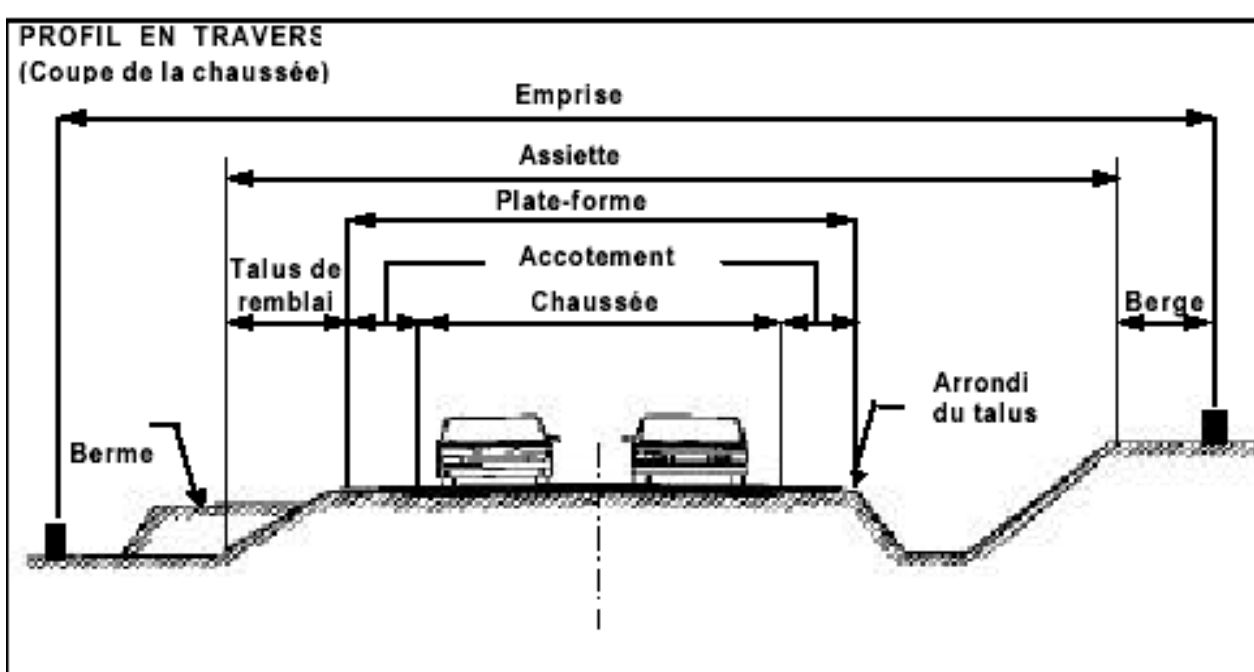


Figure IX.1 : Le profil en travers

### IX.2 Modernisation Du Profil En Travers :

La route existante présente un profil en travers caractérisé par une chaussée de largeur variable. En effet la sortie sur site nous a permis, en premier de relevé que la largeur de la chaussée existante n'est pas fixe le long de la tracé (varie entre m et 6m), en second lieu de constater une insuffisance des accotements et leur absences au niveau de certaines sections de

la route.

### **IX.3 Types De Profil En Travers :**

On distingue deux types de profils : type et courant.

#### **❖ Le profil en travers type :**

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

Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (Remblais, déblais).

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

#### **❖ Le profil en travers courant :**

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

### **IX.4 Les Éléments De Composition Du Profil En Travers:**

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

#### **❖ La chaussée :**

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules.

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

#### **❖ La largeur roulable:**

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

#### **❖ La plate forme :**

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais,

comprenant la ou les deux chaussée et les accotements, éventuellement les terre-pleins et les bandes d'arrêts.

❖ **Assiette :**

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

❖ **L'emprise :**

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

❖ **Les accotements :**

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

Ils comportent généralement les éléments suivants

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

❖ **Le terre-plein central :**

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

Les surlargeurs de chaussée (bande de guidage).

Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

❖ **Le fossé :**

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

❖ **Bande dérasée :**

Bande contiguë à la chaussée, stabilisée, revêtue ou non, dégagée de tout obstacle ;elle comporte le marquage en rive

❖ **Bande dérasée d'urgence (B.A.U)**

C'est une partie de l'accotement ; contigue a la chaussée , dégagée de tout obstacle et revêtue , aménagée pour permettre l'arrêt d'urgence des véhicules hors de la chaussée , elle inclut la sur largeur structurelle de la chaussée .

❖ **Bande dérasée ( B.D.G ):**

Bande dérasée à gauche d'une chaussée unidirectionnelle.

❖ **Berme :**

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

❖ **b. g :** bande de guidage.

**IV.5 Profil en travers type de notre projet :**

Notre tronçon comportera un profil en travers type, qui contient les éléments suivants :

- ❖ deux chaussées de deux voies de 3.50m chacune:  $(2 \times 3.50) \times 2 = 14.00\text{m}$ .
- ❖ un terre-plein central de 3 m : 3.00m.
- ❖ un accotement de 2m pour de part et d'autre :  $2.4 \times 2.00 = 4.80 \text{ m}$ .

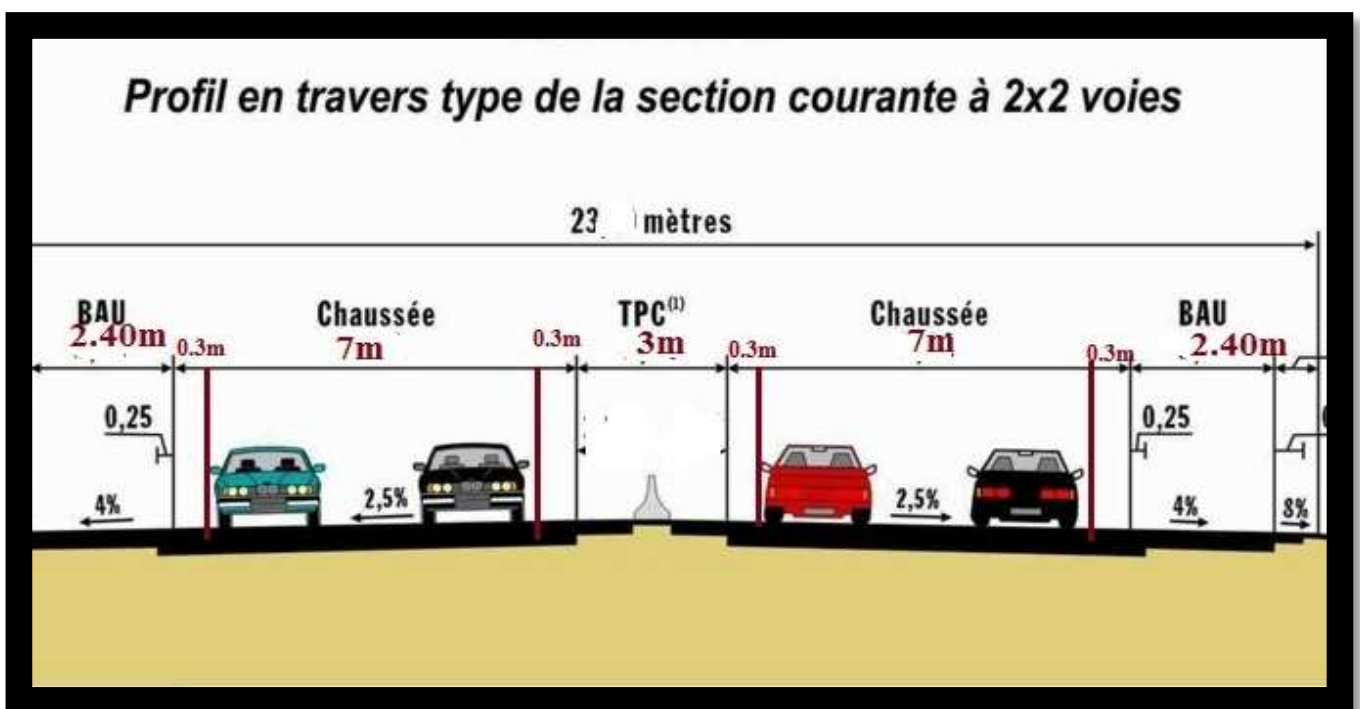


Figure IX.2 : profil en travers type

## CHAPITRE X : IMPLANTATION DES AXES

### **X.1 Définition :**

On sait que le trace d'une route comme toute les autres voies de communication se composent d'alignement droit raccordé par des courbes circulaires ou progressives en tenant compte des points de passage obligés de relief du terrain des obstacles rencontrés pour implanter un alignement droit, deux points principaux suffisent entre lequel il est facile de mettre en place des points intermédiaires, par contre implanter une courbes on a besoin d'un certain nombre de points et il existe plusieurs méthodes d'implantation :

- ✓ Implantation par abscisses et ordonnées sur la tangente.
- ✓ Implantation par abscisses et ordonnées sur la corde.
- ✓ Implantation par rayonnement classique.
- ✓ Implantation par coordonnées polaires.

À partir des coordonnées rectangulaires déjà calculées lors des études pour matérialiser sur le terrain les repères nécessaires à la réalisation de la route.

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

L'implantation est donc une application directe des connaissances de topographie. Elle consiste à placer sur le terrain les repères nécessaires pour la réalisation du projet. Les implantations sont calculées au préalable à partir des éléments graphiques (mesures sur le plan).

#### ❖ **Plan de piquetage des axes des voies :**

C'est le plan où figurent tous les renseignements qui peuvent servir à la matérialisation des voies ainsi que les sommets des courbes.

### **X.2 Implantation planimétrique des sommets des alignements :**

#### **a) Par rayonnement :**

On pose un point connu avec un théodolite et après avoir fait une orientation sur un point pris comme référence (affichage du gisement), on affiche le gisement du point à implanter et on reporte ensuite sur cette direction la distance correspondante jusqu'à matérialiser le point.

**b) Par intersection :**

On stationne simultanément en deux points connus et de chacun et après orientation on affiche les angles et on matérialise l'intersection.

**C-Par coordonnées polaires :**

Le procédé consiste à implanter des points connaissant leur distance à un point connu et leur orientation par rapport à une direction connue.

**X.3 Implantation de courbes :****a) Raccordement circulaire :**

Pour implanter un raccordement circulaire, il faut implanter au préalable les alignements droits adjacents et leur intersection.

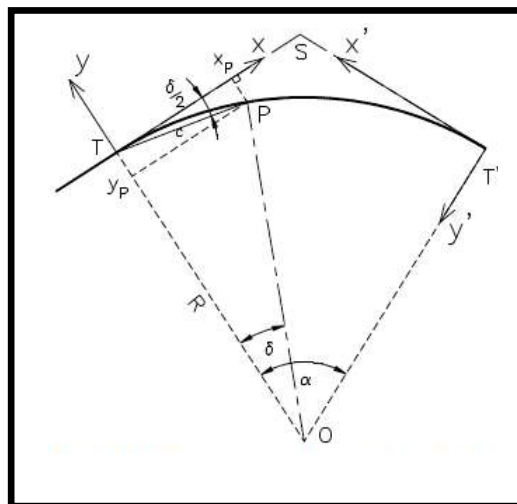
La valeur du rayon  $R$  est une donnée, l'angle au centre  $\beta$  est calculé.

Après l'implantation des alignements, on implante les points de tangences  $T, T'$  et le sommet  $M$  de la courbe à partir du sommet  $S$ .

Plusieurs méthodes d'implantation peuvent être utilisées pour l'implantation de la partie circulaire.

**Méthode d'implantation :**

- ❖ Par Abscisses et ordonnées sur la tangente



**Figure X.1: Implantation partie circulaire**

- ❖ Par Abscisses et ordonnées sur la corde

Origine : point de tangence

Origine : milieu de la corde

- ❖ Par coordonnées polaires.

#### a. Raccordement progressif :

Le piquetage peut être réalisé soit par coordonnées rectangulaires à partir des tangentes, soit par la méthode des cordes et angles. Ce sont surtout les appareils de mesure dont on dispose qui fixeront le choix du procédé. Tandis que le piquetage par les coordonnées rectangulaires peut se faire à l'aide d'un jalon, d'un ruban métrique et d'une équerre optique, un théodolite est nécessaire pour appliquer la méthode des cordes et angles.

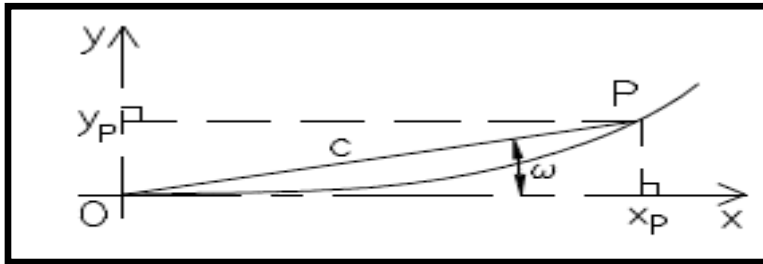


Figure X.2: Méthode d'implantation

- Piquetage par coordonnées rectangulaires

$$y_i = \frac{i\Delta L^3}{6A^2} - \frac{i\Delta L^7}{336A^6}$$

- Piquetage par coordonnées Polaires

$$c = i\Delta L - \frac{i\Delta L^5}{90A^4} + \frac{i\Delta L^9}{22680A^8} \quad w_{\text{radians}} = \frac{i\Delta L^2}{6A^2} - \frac{i\Delta L^6}{2835A^6}$$

#### X.4 Implantation en altimétrie :

Il est souvent nécessaire d'implanter sur le chantier un réseau de repères de nivellement. Ces repères sont reliés entre eux par cheminement de nivellement encadré par deux (02) ou plusieurs repères du nivellement général de l'Algérie (NGA).

Ces repères peuvent être des points naturels bien définis exemple avaloirs ou des rivets scellés dans un socle de béton.

**X.5 Application de projet :**

L'absence de canevas topographique (pièce non jointe avec le levé topographique) ne nous a pas permis de traiter la partie implantation des alignements droits.

On contentera au piquetage des parties courbes (clothoïde et cercle).

❖ **Raccordement progressif 1 (forme symétrique) :**➤ **Clothoïde :**

Méthode choisie : Par abscisse et ordonnées sur la tangente KAS

$$x_i = i\Delta L - \frac{i\Delta L^5}{40A^4} + \frac{i\Delta L^9}{3456A^8} \quad y_i = \frac{i\Delta L^3}{6A^2} - \frac{i\Delta L^7}{336A^6}$$

Nombre de point : On prendra un point tous les 10 m de longueur de clothoïde : ( $\Delta L = 10\text{m}$ ).

$$n = \frac{L}{\Delta L}$$

$$n = \frac{131}{10} \quad \Longrightarrow \quad n = 13\text{pts}$$

Implantation de clothoïde	
<b>Données</b>	
<b>R =</b>	1000 m
<b>L =</b>	131 m
<b>A =</b>	362 m
<b><math>\Delta L =</math></b>	10 m
<b>n =</b>	13

Pts	iΔL (m)	X (m)	Y (m)
KA	0 m	0,000 m	0,000 m
1	10 m	10,000 m	0,001 m
2	20 m	20,000 m	0,010 m
3	30 m	30,000 m	0,103 m
4	40 m	40.000 m	0,081 m
5	50 m	49,99 m	0,158 m
6	60 m	59,997m	0,247 m
7	70 m	69,983 m	0.436 m
8	80 m	79,968 m	0.651 m
9	90 m	89,992 m	0.927 m
10	100 m	99,980m	1.271 m
11	110 m	109.955	1.625m
12	120m	119.977	2.197m
13	130m	129.946	2.793m
14	131m	130.940	2.859m

Tableau X.1 : les éléments d'implantation clothoïde

➤ **Partie circulaire :**

Méthode choisie : Par abscisse et ordonnées sur la tangente.

$$X_i = R \sin i\delta$$

$$Y_i = R(1 - \cos i\delta)$$

$$\gamma = 33.242 \text{ gr} \quad \gamma/2 = 16.621 \text{ gr} \quad n = 10 \text{ pts} \quad \delta = \frac{\gamma/2}{n}$$

$$\delta = \frac{16.621}{10} \quad \longrightarrow \quad \delta = 1.6621$$

Implantation de l'arc de cercle	
<b>Données</b>	
<b>R =</b>	1000 m
<b><math>\Delta =</math></b>	91,5430 gr
<b><math>Y/2 =</math></b>	16.6621
<b>n =</b>	9 pts
<b><math>\delta</math></b>	1.6621 gr

Pts	$i\delta$	$X = R \cdot \sin i\delta$	$Y = R(1 - \cos i\delta)$
<b>M</b>	0.0000	0.0000	0.0000
<b>1</b>	1.6621	26.1052	0.3407
<b>2</b>	3.3242	52.1926	1.3629
<b>3</b>	4.9863	78.2444	3.0658
<b>4</b>	6.6484	104.2430	5.4481
<b>5</b>	8.3105	130.1705	8.5083
<b>6</b>	9.9726	156.0093	12.2444
<b>7</b>	11.6347	181.7417	16.6537
<b>8</b>	13.2968	207.3503	21.7332
<b>9</b>	14.9589	232.8175	27.4795
<b>T</b>	16.6621	258.7497	34.0556

**Tableau X.2 : les éléments d'implantation cercle**

## **CHAPITRE XI : Signalisation**

### **XI.1 Définition :**

La signalisation routière désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier et destinés à assurer la sécurité des usagers de la route, soit en les informant des dangers et des prescriptions relatifs à la circulation ainsi que des éléments utiles à la prise de décision, soit en leur indiquant les repères et équipements utiles à leur déplacements.

Elle comprend deux grands ensembles: la signalisation routière verticale, qui comprend les panneaux, et la signalisation routière horizontale, constituée des marquages.

### **XI.2 L'objectif de la signalisation routière :**

La signalisation routière a pour objet :

- de rendre plus sûre et plus facile la circulation routière.
- de rappeler certaines prescriptions du code de la route.
- de donner des informations relatives à l'usage de la route.

### **XI.3 Catégories de signalisation :**

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

### **XI.4 Règles à respecter pour la signalisation :**

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

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

## **XI.5 Types de signalisation:**

### **XI.5.1 Signalisation verticale :**

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

- Signalisation avancée
- Signalisation de position.
- Signalisation de direction.

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

#### **a) Signaux de danger :**

L'objet de la signalisation routière de danger est d'attirer de façon toute spéciale l'attention des usagers de la route aux endroits où leur vigilance doit redoubler en raison de la présence d'obstacles ou de points dangereux.

#### **b) Signaux comportant une prescription absolue :**

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

- L'interdiction.
- L'obligation.
- la fin de prescription.

#### **c) Signaux à simple indication :**

L'objet de la signalisation d'indication est de porter à la connaissance des usagers de la route des informations utiles à la conduite des véhicules.

Les signaux sont des panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche.

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

#### **d) Signaux de position des dangers :**

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

- Exemple des signalisations verticales :



Figure XI.1: Signalisation Verticale

**B-Signalisation Horizontale:**

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées,

**XI.5.2 Signalisation horizontale :**

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation.

Elle se divise en trois types :

**a- Marquage longitudinal :**

➤ **Lignes continue :** les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs auxquels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue éventuellement complétée par des flèches de rabattement.

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

**b-Marquage transversal :**

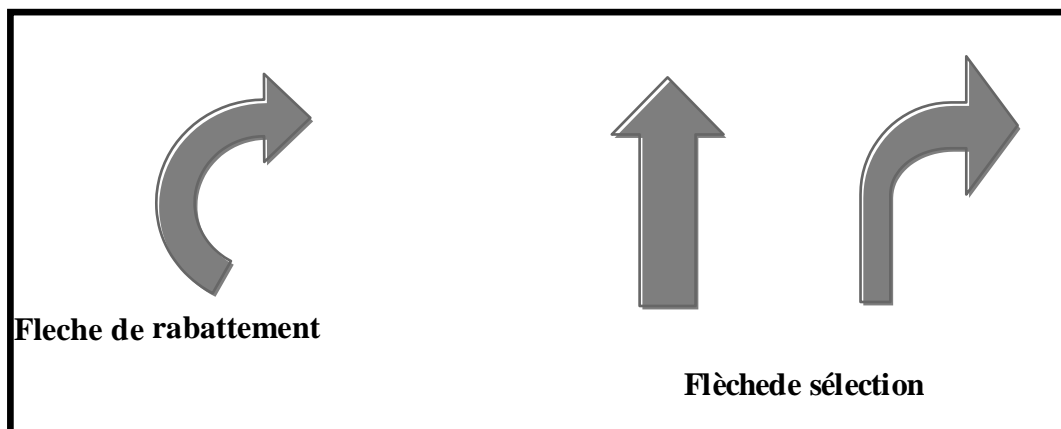
➤ **Lignes transversales continues :** éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient marquer un temps d'arrêt.

➤ **Lignes transversales discontinues :** éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

**c-Autre marquage :**

➤ **Flèche de rabattement :** une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

➤ **Flèches de sélection** : flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.



**Figure XI. 2 : Flèches « rabattement et sélection »**

#### XI.6 Caractéristique générale des marquages :

- Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'orange pour les marques provisoires.
- La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route, à savoir :

U = 7.5 cm sur les autoroutes et voies urbaines.

U = 6cm sur les routes et voies urbaines.

U = 5cm pour les autres routes.

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

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Rapport pleins-vides
T <sub>1</sub> T' <sub>1</sub>	3,00 1,50	10,00 5,00	≅ 1/3
T <sub>2</sub> T' <sub>2</sub>	3,00 0,50	3,50 0,50	≅ 1
T <sub>3</sub> T' <sub>3</sub>	3,00 20,00	1,33 6,00	≅ 3

**Tableau XI.1 : Modulation des lignes discontinues [8]**

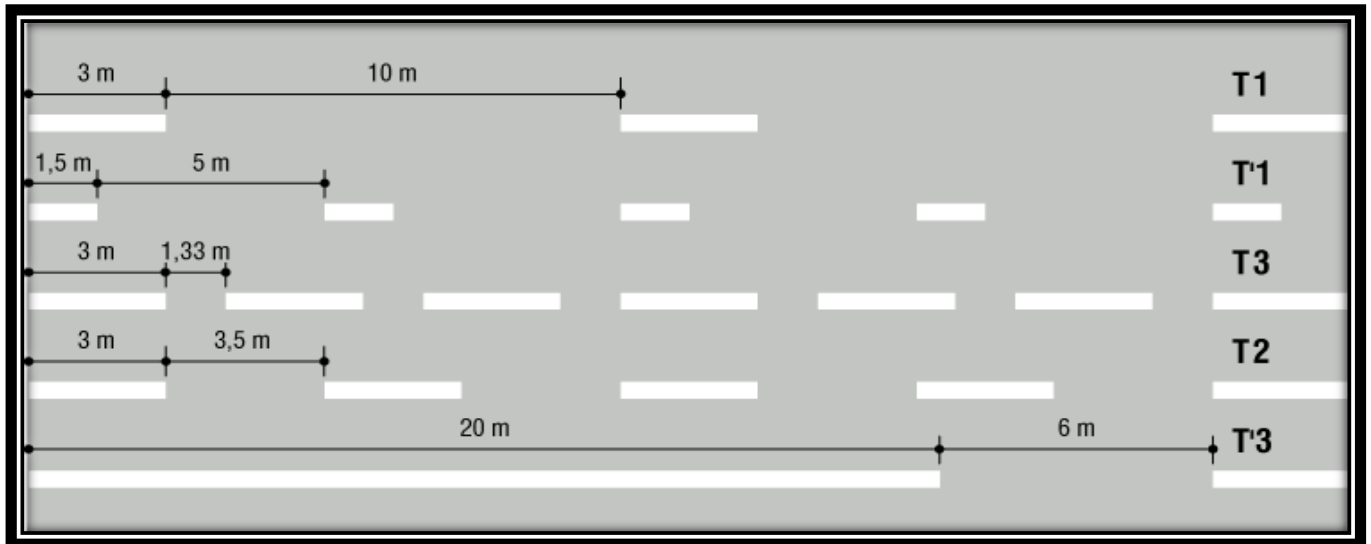


Figure XI.3 : Type de modulation

### XI.7 Nergiedouce, le spécialiste de l'éclairage autonome et des lampadaires solaires :

Les 2 lanternes LED et les 2 systèmes de batterie Power365 qui équipent nos lampadaires de 6 ou 8 mètres offrent une efficacité décuplée et plus économique dans le cadre d'un projet où la puissance et la zone d'éclairage sont importantes. En effet, la double crose réduit la quantité de lampadaires solaires nécessaires en éclairant simultanément deux zones. De plus, ces luminaires étant équipés de la technologie LED Fonroche, ils éclairent 8X fois plus qu'un 'éclairage classique avec la même quantité d'énergie.

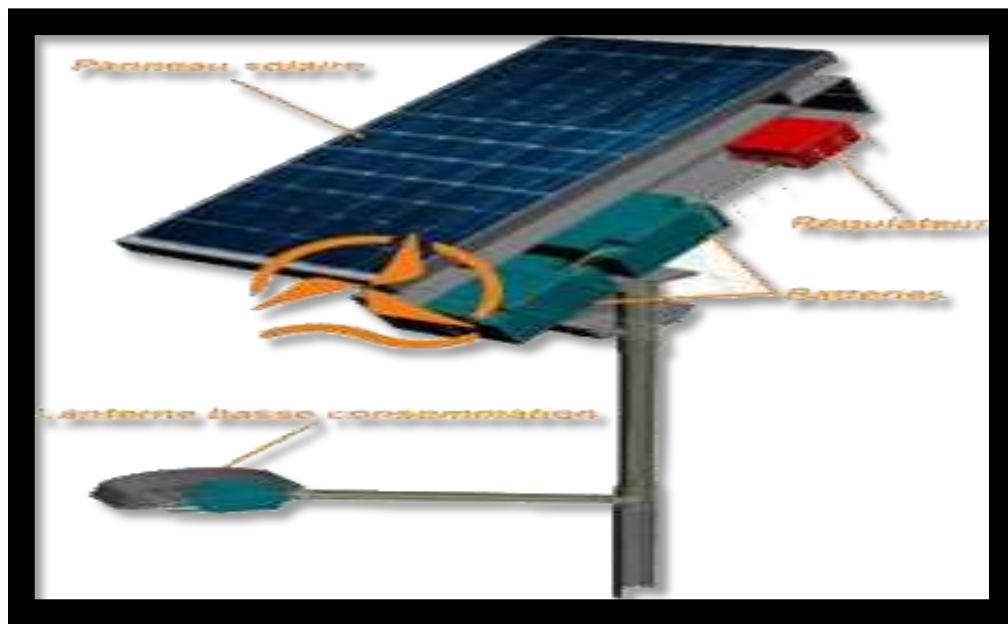


Figure XI.4 : Candélabres photovoltaïques

**XI.8 Application au projet:**

La signalisation de notre projet est basée sur le point suivant:

**1- Signalisation horizontale :**

- ✓ Lignes continues :
  - Modale de largeur de 15 cm
  - Modale de largeur de 22.5 cm
  
- ✓ Lignes discontinues.
  - Modale de largeur de 15 cm
  - Modale de largeur de 22.5 cm

**2- Signalisation verticale :**

- ✓ Panneaux de signalisation.
- ✓ Glissière en bétons.
- ✓ Séparation en bétons.
- ✓ Les flèches de sélection

Les panneaux de signalisation qui sont utilisé pour notre tronçon du PK 3km200 au PK 4km900 du deuxième boulevard périphérique de Mostaganem sont :

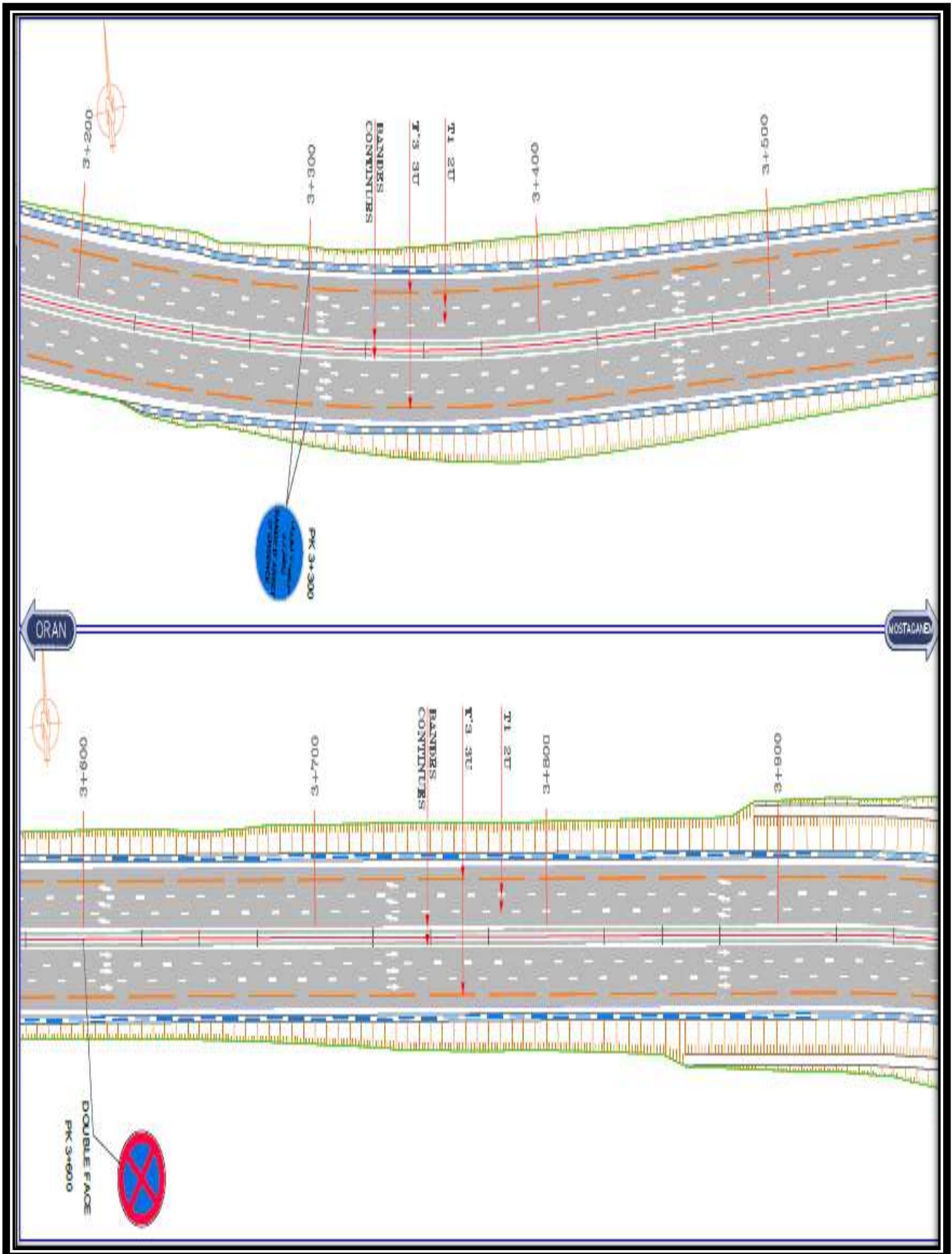
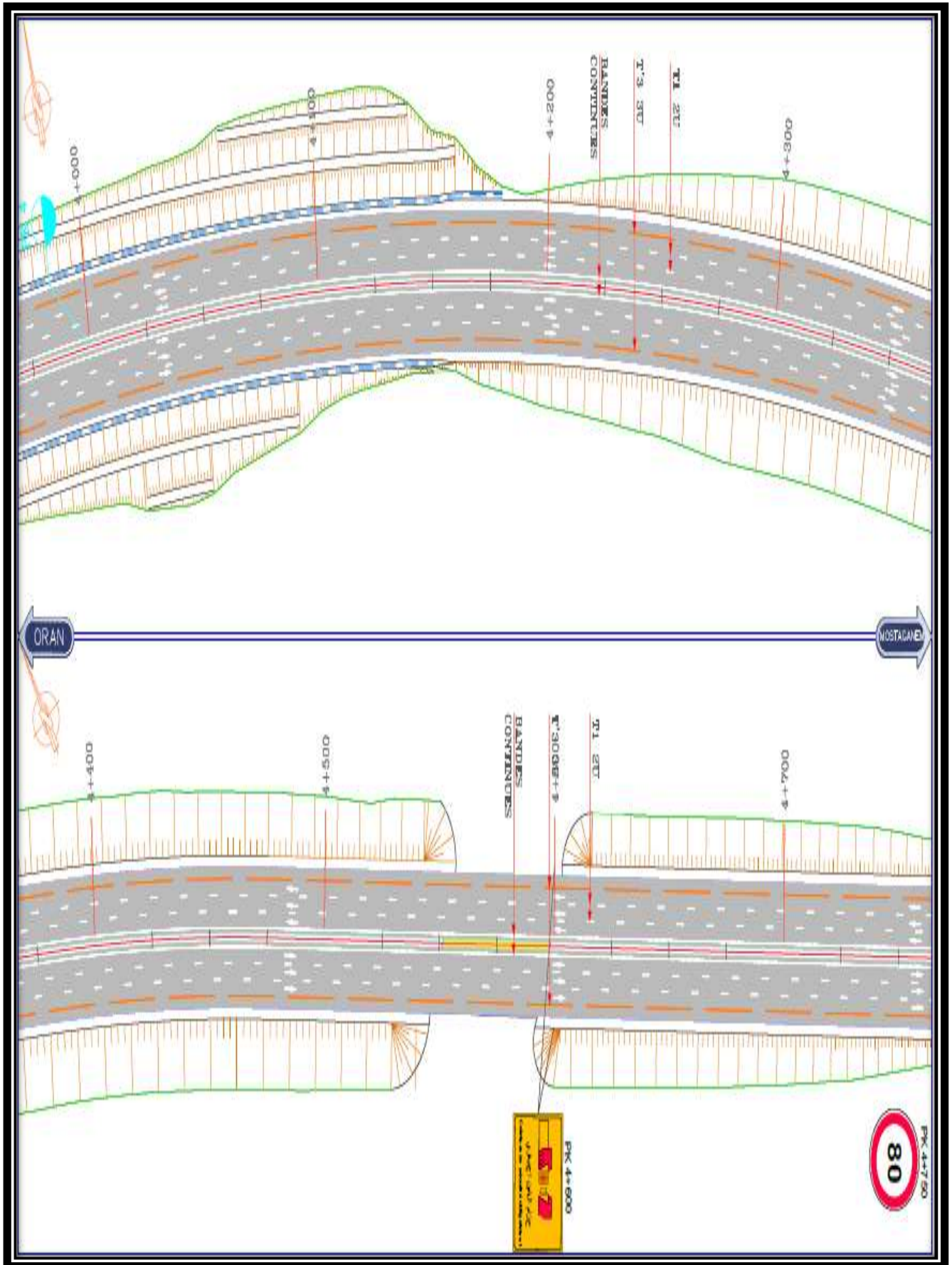


Figure XI. 5 : PK 3km 200 au PK 3km 900



FigureXI . 6 : PK 4 km au PK 4km 700

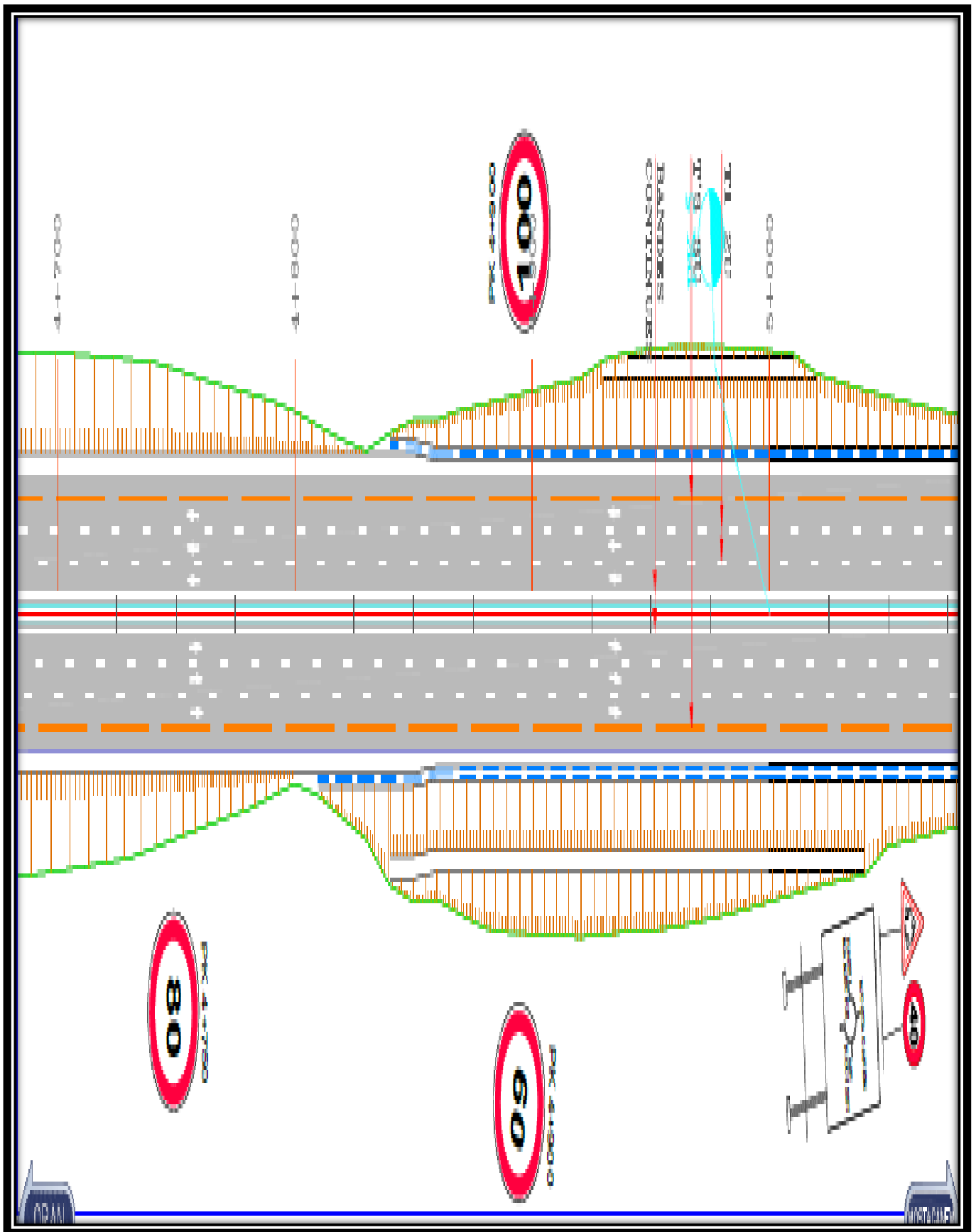


Figure XI.7 : PK 4km 700 au PK 4km 850



Figure8: bande continues et discontinues



Figure9 :ceinture de sécurité obligatoire



Figure 10 : bande d'arrêt d'urgence



Figure 11 : Signalisation d'un Pont



Figure 12: stationnement interdit



Figure13 : limitation de vitesse

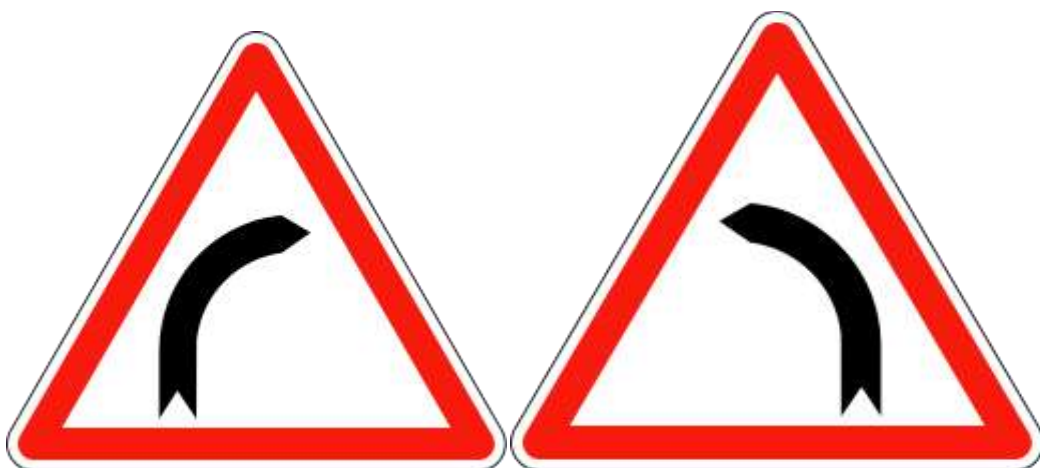


Figure 14 : A1a et A1b

**Conclusion :**

La signalisation routière acquiert une grande importance dans un notre projet suivant tous le long de l'itinéraire qui rend la circulation plus faciles sure aux usagers.

L'éclairage serve à garantir aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible car la situation de projet.

## CHAPITRE XII : CUBATURE

### **XII.1 Introduction :**

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général.

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers.

La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai).

Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle **les cubatures des terrassements**

### **XII.2 Définition:**

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

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

### **Remarque :**

Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblai-déblai et pour notre projet on a utilisé le logiciel **COVADIS**.

### **XII.3 Méthodes de calcul :**

Il existe plusieurs méthodes de calcul des volumes remblai-déblai, parmi lesquelles on cite :

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

La méthode que nous allons utiliser est celle de la moyenne des aires, c'est une méthode simple mais elle présente un inconvénient de donner des résultats avec une marge d'erreurs. Pour être en sécurité, on prévoit une majoration des résultats.

## **XII.4 Mouvement des terres :**

### **XII.4.1 Métré de terrassement :**

C'est une méthode quantitative qui consiste à évaluer les cubes du déblai et du remblai existant dans un projet, l'opération qui consiste à transporter les terres de déblais ou d'emprunt en remblai ou en dépôt dite mouvement des terres. A cette opération deux facteurs interviennent [19] :

- Les cubes des terres à transporter
- Distance de transport.

A cet effet, on cherche toujours la distance minimale de transport

En évacuant l'excès de déblai aux dépôts les plus proches.

En ramenant les terres des emprunts les plus proche.

### **XII.4.2 Foisonnement :**

On appelle la propriété que présente les sols d'augmenter le volume lorsqu'on les manipule, il se produit à ce moment par suite de la décompression de matériaux de vides partiels, entre les particules plus ou moins grosses et les cailloux .lorsqu'on remet en place les sols remaniés, ils ne représentent par le volume qu'ils occupaient précédemment dans la majorité des cas .le foisonnement des matériaux est très variable

Suivant la nature du sol, on a pris le coefficient de foisonnement pour les terres qui seront transportées égale à 20%

### **XII.4.3 Moment de transport :**

C'est le produit du volume transporté par la distance de transport  $M = v \times d$

Avec  $v$  : volume transporté

$d$  : distance de transport

le but de l'étude des mouvement des terres est de trouver la distance moyenne minimale de transport pour minimale le prix de ce dernier.

**XII.4.4 Distance moyenne de transport :**

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n v_i \cdot d_i}{\sum_{i=1}^n v_i}$$

**XII.4.5 Epure de LALANNE :**

Elle consiste à rechercher les transports des terres des plus économiques entre les déblais réutilisables, les dépôts, le remblai et les emprunts.

Dans le cas de profil mixtes (remblai et déblai), on ne prendra en compte que la cube de terre restant après compensation dans les profils.

Le but de l'épure consiste à obtenir la somme minimum des moments de transports qui dépend de la ligne horizontale dite de répartition choisie

**XII.4.6 Principe de l'épure de LALANNE :**

Il s'agit maintenant de déterminer le détail des transports des terres d'un profil à un autre et d'un ou plusieurs lieux d'emprunts à des profils ou depuis des profils vers des emprunts dans le cas d'un excès de remblai. C'est pour cela qu'on établit l'épure de LALANNE.

**XII.4.7 Etablissement de l'épure de LALANNE :**

L'épure de LALANNE est un moyen de représentation graphique des terrassements effectués, et s'établit de la façon suivante :

- On représente les volumes par des lignes verticales dont la longueur est proportionnelle aux cubes représentés
- On trace une ligne horizontale initiale appelée ligne des terres sur laquelle on porte l'échelle choisie l'emplacement des profils en travers.
- On porte les déblais de bas en haut et les remblais de haut en bas sautant d'un profil à un autre par un échelon horizontal en cumulant les cubes à chaque profil et comptant les déblais comme positif et les remblais comme négatif.

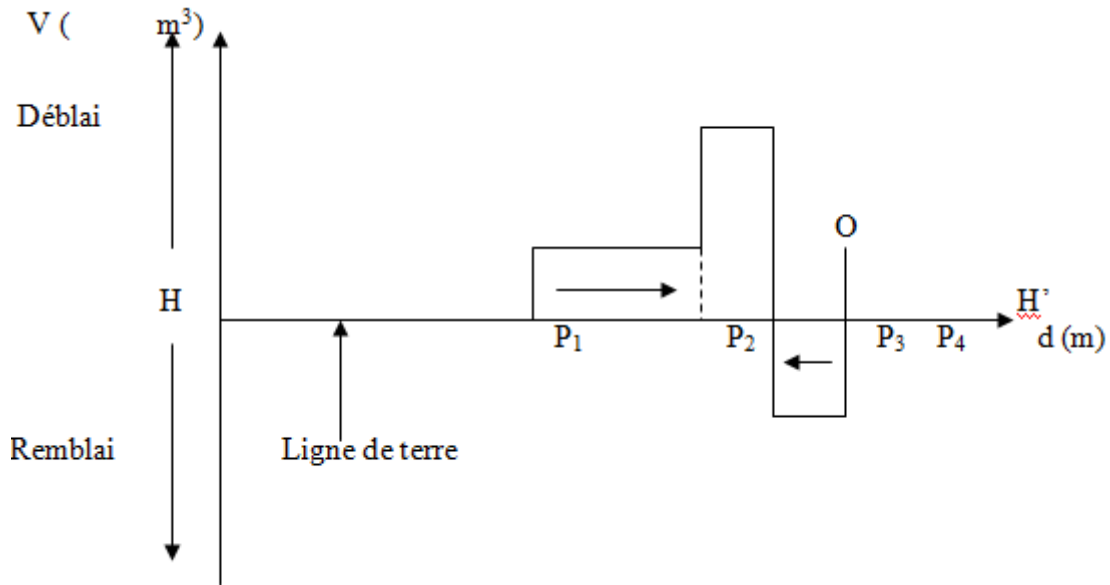


Figure XII.1 : L'épure de LALANNE

#### XII.4.8 Ligne de répartition des sens de transport :

On cherche à partager cette épure dans sa hauteur par une ligne horizontale qui pourra être différente ou non de l'horizontal ( $H$ ,  $H'$ ), et qui suivra la ligne de répartition, (LR) de la direction des transports ; ce ci devra se faire de gauche à droite pour les volumes situés au Dessus de cette ligne et de droite à gauche pour les volumes situés au dessous de cette ligne.

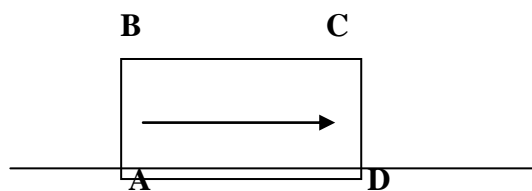


Figure XII.2 : Sens de transport

La flèche indique qu'il conviendra de transporter le déblai AB pour combler le remblai CD, situé à la distance AD, le rectangle ABCD a pour surface le produit AB par la distance AD ; cette surface est appelée moment de transport.

**CHAPITRE XIII : DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF**

N <sup>o</sup>	Désignation des travaux	Unité	Prix U DA	Quantité	Mentant
<b>TERRASSEMENT</b>					
1	Travaux de décapage sur 30cm d'épaisseur	M <sup>2</sup>	100 .00	38367.62	3836762.00
2	Déblais mis en dépôt	M <sup>3</sup>	700 .00	117069.12	81948384.00
3	Remblais d'emprunt.	M <sup>3</sup>	800.00	4421.95	3537560.00
<b>Sous Total (Terrassement) En HT</b>					<b>89322706.00</b>
<b>CORPS DE CHAUSSEE</b>					
4	Couche de fondation en tvo sur un épaisseur de 30 cm .	M <sup>3</sup>	800.000	9924	7939200.00
5	Sous Couche en grave concasse GC sur un épaisseur de 25 cm .	M <sup>3</sup>	2000.00	6285.2	12570400.00
6	Couche de d'imprégnation 1.00 kg/m <sup>2</sup>	M <sup>2</sup>	150.00	38042	5706300.00
7	Couche de Sol support Sable sur une épaisseur de 25 cm	M <sup>3</sup>	1000.00	9510.5	9510500.00
8	Fourniture et mise en œuvre d'une couche de roulement en béton bitumineux ép. De 16 cm.	M <sup>3</sup>	6000.00	4022.52	55510886.00
9	Fourniture et mise en œuvre d'une couche d'accrochage en émulsion cationique 65% dosée à 0.3 kg/m <sup>2</sup> .	M <sup>2</sup>	150.00	38042	5706300.00
<b>Sous Total (corps de chaussée) En HT</b>					<b>91943586.00</b>
<b>TPC</b>					
10	Barrière de sécurité en béton (GBA)	MI	6500.00	3308	21502000.00
11	Un palmier tous les 30 m	U	150 000.00	50	7500000.00
12	Candélabres photovoltaïque tous les 50 m Durée d'allumage 8h	U	200000.00	32	6400000.00
13	Terre Végétale D'une épaisseur De 70cm	M <sup>3</sup>	150.00	3473.4	521010.00
<b>Sous Total(TPC) En HT</b>					<b>35923010.00</b>
<b>TRAVAUX DE FINITION</b>					
14	Rechargement des accotements en tuf sur 1,5m de largeur et 33cm d'épaisseur.	M <sup>3</sup>	1000.00	1309.968	<b>1309968.00</b>
<b>SIGNALISATION</b>					

Signalisation horizontale -					
Ligne continue					
<b>15</b>	Modale de largeur de 15 cm	m	66.00	1654	109164.00
<b>16</b>	Modale de largeur de 22.5cm	m	73.00	3308	241484.00
Ligne discontinue					
<b>17</b>	Modale de largeur de 15 cm	m	66.00	1654	109164.00
<b>18</b>	Modale de largeur de 22.5cm	m	82.00	3308	271256.00
Signalisation verticale					
19	Panneau de signalisation	U	30000.00	16	480000.00
20	Les flèches de sélection	ML	660.00	40	26400.00
<b>Sous Total (signalisation) En HT</b>					<b>1237468.00</b>
IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT					
21	Moyens de collecte des déchets (Caissons de collecte de 770	Unité	100000.00	1	100000.00
22	Equipements de protection individuelle (EPI) pour les travailleurs	Unité	500000.00	1	500000.00
<b>Sous Total (impact) En HT</b>					<b>600000.00</b>
Assainissement					
23	Fossés trapézoïdaux en béton légèrement armé	ML	2500.00	412	<b>1030000.00</b>
<b>PRIX HT</b>					<b>221366738.0</b>
<b>TVA 19 %</b>					<b>42059680.22</b>
<b>PRIX TTC</b>					<b>2634426418.6</b>

## **CHAPITRE XIV : D'impact sur l'environnement**

### **XIV.1 Introduction :**

L'étude d'impact permet d'apprécier les effets naturel et humain. Elle s'inscrit dans l'enquête publique du projet. Sa réalisation et son contenu sont imposés par le code de l'environnement.

Cette étude porte sur l'évaluation environnementale de la réalisation d'un deuxième boulevard périphérique de Mostaganem, Ce tronçon d'environ 28 km prend son origine de la Commune de Stidia (RN 11), en traversant un important cordon dunaire de caractère forestier (forêt de Stidia).

Le projet passe ensuite par la commune d'Ain Nouissi, Hassi Mamache, et se termine au niveau des limites administratives de la commune de Sayada avec celles de Mostaganem.

Cette zone est caractérisée par sa vocation agricole, une richesse écologique importante (terrains agricoles, reboisements fruitiers, cultures céréalières, maraichères,).

### **XIV.2 Objectifs d'une étude d'impact sur l'environnement :**

l'objectif de l'étude d'impact est de retracer la démarche d'évaluation environnementale, qui intègre l'environnement dès le début et tout au long du processus d'élaboration et de décision du projet, afin d'informer le

public et d'éclairer l'autorité compétente pour autoriser le projet sur la prise en compte de l'environnement dans le projet.

L'étude d'impact doit donc appréhender l'environnement dans sa globalité, être proportionnée aux enjeux

environnementaux du projet et du territoire, justifier le projet, ses choix, son implantation, au regard de critères

environnementaux, rendre compte des effets prévisibles du projet y compris lors de la phase chantier et proposer

des mesures permettant d'éviter, réduire ou compenser les impacts potentiels, et indiquer de quelle manière ces

mesures et leurs effets seront suivis après réalisation du projet.

Elle a pour objectifs :

- assurer l'intégration des contraintes et des opportunités inhérentes au milieu dans la démarche de conception de la nouvelle infrastructure;
- Identifier et évaluer l'importance des impacts appréhendés du projet sur le milieu physique, biologique et humain, ainsi que sur le climat sonore et le paysage;

- Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.
- Les mesures envisagées pour réduire, compenser les conséquences dommageables du projet

### XIV.3 Contexte D'impacte Sur L'environnement :

#### ❖ Contexte climatique régionale :

Le climat de la région d'étude est pratiquement du type méditerranéen comme tout le Nord-Ouest Algérien qui est caractérisé par :

- La concentration de pluies pendant la période froide (maximum de 60 mm au mois de Novembre et décembre).
- Une sécheresse apparente pendant les mois les plus chauds (de 01 à 05 mm entre Juin et Aout).
- L'utilisation du quotient pluvio-thermique d'EMBERGER dont l'application est propre aux régions méditerranéennes permet de classer la région d'étude dans l'étage bioclimatique Semi-aride à hiver chaud. Cette classification repose sur une moyenne d'environ 10 ans, condition de temps nécessaire et suffisante pour une caractérisation fiable du climat de la région

#### ❖ Contexte biologique

- ✓ **La Faune** : De par la variété de ses biotopes, la région renferme un potentiel cynégétique important. Cette conservation tant aussi à protéger l'habitat de la faune sauvage commune qui existe dans la région.
- ✓ **La Flore** : La région de Mostaganem comme tout le littoral algérien est caractérisée par une végétation typiquement méditerranéenne, dépendant des conditions du milieu où elle vie.  
Dans une étude intitulée « Taxons végétaux du littoral occidental et oriental algérien menacés de disparition » S. Belgat et R. Loisel ont classé la végétation herbacée du littoral algérien en 4 classes :
  - Classe 1 : Les espèces en danger de disparition
  - Classe 2 : Les espèces endémiques
  - Classe 3 : Les espèces très rares
  - Classe 4 : Les espèces rares

**❖ Contexte socioculturel :**

- ✓ **Population :** La zone d'étude compte une population estimée à 310 509 Habitant selon le (RGPH 2013), soit 38,44 % de la population totale de la Wilaya, avec une densité moyenne de 999 hab/km<sup>2</sup>.
- ✓ **Agriculture :** La région de Mostaganem est connue par sa vocation agricole, elle dispose d'une superficie agricole totale de 177 310 ha. Dont 132 268 ha de superficie agricole utile (SAU), et 32 960 ha de terres irriguées répartis à travers 24 535 exploitations agricoles.

**XIV.4 Evaluation Des Impacts Du Projet Sur L'environnement**

Les impacts induits par le projet sont de nature à provoquer un dérangement de la population locale en phase de construction, dont des émanations atmosphériques (poussières, gaz à effets de serre).

- Les déchets solides rejetés dans la nature en phase de construction auront des impacts important, de par leurs caractères non biodégradables pour la quasi-totalité des déchets de ce type de chantiers.
- Des effets de coupure traduits par des gênes à la circulation notamment le déplacement de la population locale, les accès aux propriétés (terres Agricoles, serres, fermes...), les déplacements des troupeaux, etc.
- Les niveaux de bruit seront élevés dans la zone de projet, une pollution sonore de plus de 90 dB sera enregistrée en construction, ceci sera due par les engins de construction, et les camions de transport.

**XIV.5 Mesures de compensation des effets dommageables sur l'environnement :**

- La circulation des engins doit être limitée à l'intérieur des emprises du projet et des pistes d'accès, dans des horaires bien définis pour éviter les effets de coupure, ainsi que les niveaux de bruit élevés hors les heures de travail.
- Des signalisations claires des chantiers et pistes d'accès doivent être mises en place afin de limiter les risques d'accident.
- 
- Durant le transport de matériaux, seront couvertes les caisses pour éviter l'envol des poussières et des particules fines, qui, en suspension, polluant les alentours du chantier et de la route.
- Le nettoyage du matériel de chantier doit être effectué loin des lits d'Oueds ou cours d'eaux.
- L'approvisionnement des camions et engins de chantier en carburants doit être effectué dans les stations de services.
- Le stockage des produits dangereux doit faire l'objet de dispositifs strictes et particulièrement spécifiques.
- Les terres végétales découpées lors des terrassements doivent être exploitées le maximum de part et d'autre de la chaussée ; ou dans des travaux d'aménagement des espaces verts et des zones touristiques.

- Eviter le maximum les zones riches en végétation (reboisements fruitiers, forêts, prairies, zones Humides...).
- Pour ce type de projets à caractère autoroutiers, une des exigences est la recherche de l'équilibre des déblais et des remblais.
- Les matériaux non réutilisés provenant de déblais devront être immédiatement évacués en dehors de la zone de travaux (au moins 200 m de la zone des terrassements).
- La partie des matériaux jugés propre à réemployer en remblai sur le chantier pourra être stockée sur place ou mis en remblai immédiatement selon l'accord du Maître d'ouvrage.

#### **XIV.6 Impacte négative de projet sur l'environnement :**

##### **❖ Pendant la phase de travaux :**

- ✓ Etant donné que les travaux s'effectueront dans un couloir occupé essentiellement par des surfaces agricoles de haute fertilité, situés en milieu rural
- ✓ La pollution liée aux produits utilisés sur le chantier et aux eaux usées, qui pourra affecter les ressources en eaux superficielles et souterraines (nappe phréatique).

##### **❖ Pendant la phase d'exploitation :**

- ✓ Des impacts négatifs sur l'agriculture et l'élevage (introduction d'une coupure qui allonge les trajets de certains agriculteurs, détruit le parcellaire et empiète sur les zones de parcours).
- ✓ il est lié exclusivement à la circulation routière qui a pour origine le bruit émis par les moteurs des véhicules, ainsi le bruit dus au contact pneumatique- chaussée.

##### **❖ Pollution atmosphérique :**

- ✓ à ce stade la pollution de l'aire est temporaire due essentiellement aux différents polluants des engins de chantier et des émissions de poussière.
- ✓ une partie importante de la pollution de l'aire est imputable à la circulation routière. Le trafic routier entraîne en général la libération de quantité importante de polluants atmosphériques.

#### **XIV.7 Impacte positive de projet sur l'environnement :**

La réalisation de la nouvelle rocade Sablettes- Mazagan un développement sur le plan sécuritaire, économique, et touristique. Les retombées de cette voie :

- Elle permet de désengorger l'actuelle RN11 qui connaît une saturation constatée aux heures de pointes et tout le temps pendant la saison estivale.
- Le développement du réseau routier de la wilaya Mostaganem.
- Une réponse aux besoins de confort, et de la sécurité dans le déplacement.
- Une contribution au développement touristique de la Mostaganem,
- Le développement et la croissance économiques des régions traversées par le projet.

**XIV.8 Conclusion :**

Le réseau routier connaît et connaîtra un développement dont l'impact sur le paysage et l'environnement s'accroîtra sans cesse. La prise en charge de cette préoccupation passe obligatoirement par la maîtrise des nuisances et des impacts de cette infrastructure, il faut donc étudier les impacts que peut provoquer le projet sur le milieu naturel avant de passer à l'étape de réalisation.

L'implantation de la nouvelle rocade Sablettes- Mazargues, est entreprise dans le but de renforcer et d'améliorer le réseau routier de la wilaya de Mostaganem, malheureusement un projet d'aménagement est susceptible de détruire l'environnement.

La construction de cette nouvelle voie express, va générer inévitablement un certain nombre d'effets préjudiciables sur le milieu naturel pendant la phase de chantier et durant son exploitation.

Les impacts identifiés pendant la phase de réalisation restent temporaire et disparaissent avec son levé, mais les impacts dus à l'utilisation de la route (pollution atmosphérique, bruit, déboisement...) doivent être compensés par le suivi d'un certain nombre de mesures d'atténuation.

Si ces mesures sont rigoureusement respectées, elles peuvent alors réduire efficacement les impacts présentés

## XII.5 Tableau de calcul de cubature APD « variante choisie » :

Profil N°	Abscisse	Longueur D'app	Déblai		Remblai		Volume déblai foisonné (m <sup>3</sup> )	Volume remblai avant tassement (m <sup>3</sup> )	Excès déblai (m <sup>3</sup> )	Excès remblai (m <sup>3</sup> )
			Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )				
P1	0.00	5.00	12.22	61.09	1.40	7.00	73.3027273	8.231999	65.070727	
P2	10.00	10.00	19.83	198.27	0.00	0.00	237.918762	0	237.91876	
P3	20.00	10.00	25.00	249.96	0.00	0.00	299.946611	0	299.94661	
P4	30.00	10.00	26.95	269.47	0.00	0.00	323.360538	0	323.36053	
P5	40.00	10.00	30.45	304.47	0.00	0.00	365.358473	0	365.35847	
P6	50.00	10.00	35.03	350.35	0.00	0.00	420.418797	0	420.41879	
P7	60.00	10.00	39.55	395.53	0.00	0.00	474.641972	0	474.64197	
P8	70.00	10.00	43.83	438.33	0.00	0.00	525.998131	0	525.99813	
P9	80.00	10.00	46.31	463.09	0.00	0.00	555.713267	0	555.71326	
P10	90.00	10.00	45.43	454.31	0.00	0.00	545.169467	0	545.16946	
P11	100.00	10.00	44.40	443.99	0.00	0.00	532.788723	0	532.78872	
P12	110.00	10.00	43.79	437.87	0.00	0.00	525.448918	0	525.44891	
P13	120.00	10.00	39.25	392.51	0.00	0.00	471.011010	0	471.01101	
P14	130.00	10.00	36.13	361.29	0.00	0.00	433.547528	0	433.54752	
P15	140.00	10.00	35.34	353.39	0.00	0.00	424.073960	0	424.07396	
P16	150.00	10.00	36.34	363.39	0.00	0.00	436.067755	0	436.06775	
P17	160.00	10.00	36.89	368.92	0.00	0.00	442.704415	0	442.70441	
P18	170.00	10.00	37.64	376.37	0.00	0.00	451.649410	0	451.64941	
P19	180.00	10.00	38.33	383.31	0.00	0.00	459.975679	0	459.97567	
P20	190.00	10.00	35.81	358.11	0.00	0.00	429.733897	0	429.73389	
P21	200.00	10.00	37.23	372.29	0.00	0.00	446.746708	0	446.74670	
P22	210.00	10.00	40.13	401.31	0.00	0.00	481.577402	0	481.57740	
P23	220.00	10.00	42.56	425.56	0.00	0.00	510.674815	0	510.67481	
P24	230.00	10.00	44.36	443.64	0.00	0.00	532.362173	0	532.36217	
P25	240.00	9.33	45.50	424.45	0.00	0.00	509.335484	0	509.33548	
P26	248.65	5.00	46.38	231.91	0.00	0.00	278.287590	0	278.28759	
P27	250.00	5.67	46.51	263.81	0.00	0.00	316.575647	0	316.57564	
P28	260.00	10.00	48.56	485.62	0.00	0.00	582.747978	0	582.74797	
P29	270.00	10.00	52.22	522.19	0.00	0.00	626.625275	0	626.62527	
P30	280.00	10.00	55.80	557.98	0.00	0.00	669.581337	0	669.58133	
P31	290.00	10.00	59.25	592.55	0.00	0.00	711.054547	0	711.05454	
P32	300.00	10.00	61.83	618.29	0.00	0.00	741.950581	0	741.95058	
P33	310.00	10.00	61.44	614.43	0.00	0.00	737.321497	0	737.32149	
P34	320.00	10.00	56.34	563.42	0.00	0.00	676.106754	0	676.10675	
P35	330.00	10.00	55.54	555.41	0.00	0.00	666.493523	0	666.49352	
P36	340.00	10.00	57.62	576.16	0.00	0.00	691.386802	0	691.38680	
P37	350.00	10.00	60.31	603.06	0.00	0.00	723.677571	0	723.67757	
P38	360.00	10.00	64.06	640.58	0.00	0.00	768.698977	0	768.69897	
P39	370.00	9.85	67.51	664.93	0.00	0.00	797.914677	0	797.91467	
P40	379.70	5.00	67.29	336.46	0.00	0.00	403.749928	0	403.74992	
P41	380.00	5.15	67.25	346.35	0.00	0.00	415.624456	0	415.62445	
P42	390.00	10.00	67.03	670.27	0.00	0.00	804.32045	0	804.32045	
P43	400.00	10.00	68.32	683.24	0.00	0.00	819.884928	0	819.88492	
P44	410.00	10.00	69.88	698.76	0.00	0.00	838.507369	0	838.50736	
P45	420.00	10.00	71.67	716.69	0.00	0.00	860.033493	0	860.03349	
P46	430.00	10.00	72.70	727.02	0.00	0.00	872.421207	0	872.42120	
P47	440.00	10.00	72.11	721.07	0.00	0.00	865.288996	0	865.28899	
P48	450.00	10.00	70.94	709.38	0.00	0.00	851.257960	0	851.25796	
P49	460.00	10.00	69.56	695.63	0.00	0.00	834.759023	0	834.75902	

P50	470.00	10.00	68.18	681.82	0.00	0.00	818.189406	0	818.18940	
P51	480.00	10.00	67.67	676.69	0.00	0.00	812.030018	0	812.03001	
P52	490.00	10.00	66.46	664.62	0.00	0.00	797.546880	0	797.54688	
P53	500.00	10.00	65.12	651.18	0.00	0.00	781.416763	0	781.41676	
P54	510.00	10.00	64.81	648.09	0.00	0.00	777.708875	0	777.70887	
P55	520.00	10.00	64.30	643.00	0.00	0.00	771.599353	0	771.59935	
P56	530.00	10.00	63.80	638.01	0.00	0.00	765.608409	0	765.60840	
P57	540.00	10.00	65.24	652.41	0.00	0.00	782.891709	0	782.89170	
P58	550.00	10.00	67.84	678.44	0.00	0.00	814.129861	0	814.12986	
P59	560.00	10.00	71.21	712.10	0.00	0.00	854.522111	0	854.52211	
P60	570.00	10.00	72.83	728.33	0.00	0.00	873.991024	0	873.99102	
P61	580.00	10.00	72.95	729.48	0.00	0.00	875.381005	0	875.38100	
P62	590.00	10.00	73.39	733.87	0.00	0.00	880.643201	0	880.64320	
P63	600.00	10.00	73.95	739.54	0.00	0.00	887.452816	0	887.45281	
P64	610.00	10.00	74.66	746.56	0.00	0.00	895.876704	0	895.87670	
P65	620.00	10.00	74.94	749.44	0.00	0.00	899.325785	0	899.32578	
P66	630.00	10.00	72.79	727.92	0.00	0.00	873.502930	0	873.50293	
P67	640.00	10.00	73.03	730.29	0.00	0.00	876.353012	0	876.35301	
P68	650.00	10.00	76.50	765.01	0.00	0.00	918.013532	0	918.01353	
P69	660.00	10.00	82.41	824.09	0.00	0.00	988.903063	0	988.90306	
P70	670.00	10.00	88.16	881.60	0.00	0.00	1057.91677	0	1057.9167	
P71	680.00	10.00	94.22	942.15	0.00	0.00	1130.58565	0	1130.5856	
P72	690.00	10.00	100.38	1003.80	0.00	0.00	1204.55580	0	1204.5558	
P73	700.00	10.00	106.41	1064.08	0.00	0.00	1276.89970	0	1276.8997	
P74	710.00	10.00	113.06	1130.61	0.00	0.00	1356.73137	0	1356.7313	
P75	720.00	10.00	127.75	1277.46	0.00	0.00	1532.94633	0	1532.9463	
P76	730.00	10.00	141.04	1410.45	0.00	0.00	1692.53714	0	1692.5371	
P77	740.00	10.00	154.52	1545.15	0.00	0.00	1854.18311	0	1854.1831	
P78	750.00	10.00	171.75	1717.49	0.00	0.00	2060.99116	0	2060.9911	
P79	760.00	10.00	184.84	1848.35	0.00	0.00	2218.02405	0	2218.0240	
P80	770.00	10.00	192.07	1920.71	0.00	0.00	2304.85305	0	2304.8530	
P81	780.00	10.00	199.69	1996.91	0.00	0.00	2396.28628	0	2396.2862	
P82	790.00	10.00	199.76	1997.58	0.00	0.00	2397.09519	0	2397.0951	
P83	800.00	10.00	193.96	1939.60	0.00	0.00	2327.51454	0	2327.5145	
P84	810.00	10.00	181.13	1811.28	0.00	0.00	2173.53592	0	2173.5359	
P85	820.00	10.00	144.42	1444.18	0.00	0.00	1733.01657	0	1733.0165	
P86	830.00	10.00	105.43	1054.32	0.00	0.00	1265.18969	0	1265.1896	
P87	840.00	10.00	64.26	642.65	0.00	0.00	771.178357	0	771.17835	
P88	850.00	10.00	16.98	169.78	1.20	12.01	203.730281	14.12111	189.60917	
P89	860.00	10.00	0.02	0.25	33.48	334.79	0.29945845	393.7111		393.4116
P92	870.00	10.00	0.00	0.00	82.30	822.97	0	967.8162		967.8162
P93	880.00	10.00	0.00	0.00	110.00	1100.03	0	1293.635		1293.635
P94	890.00	10.00	0.00	0.00	132.41	1324.09	0	1557.134		1557.134
P95	900.00	5.83	0.00	0.00	154.79	902.86	0	1061.769		1061.769
P96	901.67	5.00	0.00	0.00	158.52	792.59	0	932.0853		932.0853
P97	910.00	9.17	0.00	0.00	175.14	1605.56	0	1888.139		1888.139
P98	920.00	10.00	0.00	0.00	188.51	1885.08	0	2216.856		2216.856
P99	930.00	10.00	0.00	0.00	203.14	2031.38	0	2388.90		2388.901
P100	940.00	10.00	0.00	0.00	218.60	2186.01	0	2570.749		2570.749
P101	950.00	10.00	0.00	0.00	229.65	2296.53	0	2700.724		2700.724
P102	960.00	10.00	0.00	0.00	237.89	2378.85	0	2797.528		2797.528
P103	970.00	10.00	0.00	0.00	244.47	2444.72	0	2874.986		2874.986
P104	980.00	10.00	0.00	0.00	250.51	2505.09	0	2945.987		2945.987
P105	990.00	10.00	0.00	0.00	249.05	2490.48	0	2928.808		2928.808
P106	1000.00	10.00	0.00	0.00	244.08	2440.85	0	2870.436		2870.436
P107	1010.00	10.00	0.00	0.00	238.98	2389.77	0	2810.305		2810.370
P108	1020.00	10.00	0.00	0.00	233.71	2337.08	0	2748.410		2748.410
P109	1030.00	6.35	0.00	0.00	230.01	1461.61	0	1718.852		1718.852
P110	1032.71	5.00	0.00	0.00	229.09	1145.45	0	1347.044		1347.044
P111	1040.00	8.65	0.00	0.00	226.61	1959.12	0	2303.920		2303.920

P112	1050.00	10.00	0.00	0.00	223.18	2231.79	0	2624.589		2624.589
P113	1060.00	10.00	0.00	0.00	219.71	2197.14	0	2583.836		2583.836
P114	1070.00	10.00	0.00	0.00	212.36	2123.60	0	2497.350		2497.350
P115	1080.00	10.00	0.00	0.00	203.15	2031.48	0	2389.021		2389.021
P116	1090.00	10.00	0.00	0.00	194.45	1944.54	0	2286.783		2286.783
P117	1100.00	10.00	0.00	0.00	186.52	1865.23	0	2193.515		2193.515
P118	1110.00	10.00	0.00	0.00	178.47	1784.71	0	2098.818		2098.818
P119	1120.00	10.00	0.00	0.00	170.72	1707.22	0	2007.691		2007.691
P120	1130.00	10.00	0.00	0.00	165.12	1651.24	0	1941.863		1941.863
P121	1140.00	10.00	0.00	0.00	159.56	1595.56	0	1876.383		1876.383
P122	1150.00	10.00	0.00	0.00	154.01	1540.08	0	1811.128		1811.128
P123	1160.00	10.00	0.00	0.00	147.29	1472.91	0	1732.140		1732.140
P124	1170.00	10.00	0.00	0.00	139.29	1392.86	0	1638.002		1638.002
P125	1180.00	10.00	0.00	0.00	131.29	1312.90	0	1543.967		1543.967
P126	1190.00	10.00	0.00	0.00	122.57	1225.69	0	1441.408		1441.408
P127	1200.00	10.00	0.00	0.00	112.08	1120.85	0	1318.115		1318.115
P128	1210.00	10.00	0.00	0.00	101.77	1017.75	0	1196.868		1196.868
P129	1220.00	10.00	0.00	0.00	92.27	922.71	0	1085.104		1085.104
P130	1230.00	10.00	0.00	0.00	83.88	838.80	0	986.4341		986.4341
P131	1240.00	10.00	0.00	0.00	80.98	809.82	0	952.3530		952.3530
P132	1250.00	10.00	0.00	0.00	73.80	738.01	0	867.9055		867.9055
P133	1260.00	10.00	0.00	0.00	77.60	775.99	0	912.5695		912.5695
P134	1270.00	10.00	0.00	0.00	75.55	755.53	0	888.4988		888.4988
P135	1280.00	10.00	0.00	0.00	78.10	781.03	0	918.4903		918.4903
P136	1290.00	10.00	0.00	0.00	85.09	850.90	0	1000.663		1000.663
P137	1300.00	10.00	0.00	0.00	92.54	925.42	0	1088.293		1088.293
P138	1310.00	10.00	0.00	0.00	99.81	998.06	0	1173.718		1173.718
P139	1320.00	10.00	0.00	0.00	106.89	1068.87	0	1256.996		1256.996
P140	1330.00	10.00	0.00	0.00	113.84	1138.42	0	1338.785		1338.785
P141	1340.00	10.00	0.00	0.00	121.44	1214.42	0	1428.153		1428.153
P142	1350.00	10.00	0.00	0.00	129.10	1290.99	0	1518.200		1518.200
P143	1360.00	10.00	0.00	0.00	136.49	1364.86	0	1605.076		1605.076
P144	1370.00	10.00	0.00	0.00	140.27	1402.66	0	1649.528		1649.528
P145	1380.00	10.00	0.00	0.00	144.74	1447.39	0	1702.132		1702.132
P146	1390.00	10.00	0.00	0.00	150.10	1500.95	0	1765.117		1765.117
P147	1400.00	10.00	0.00	0.00	155.44	1554.45	0	1828.032		1828.032
P148	1410.00	10.00	0.00	0.00	156.74	1567.40	0	1843.263		1843.263
P149	1420.00	10.00	0.00	0.00	158.04	1580.40	0	1858.551		1858.551
P150	1430.00	10.00	0.00	0.00	156.44	1564.42	0	1839.757		1839.757
P151	1440.00	10.00	0.00	0.00	147.37	1473.73	0	1733.110		1733.110
P152	1450.00	10.00	0.00	0.00	138.34	1383.41	0	1626.891		1626.891
P153	1460.00	10.00	0.00	0.00	129.70	1297.04	0	1525.320		1525.320
P154	1470.00	10.00	0.00	0.00	121.45	1214.50	0	1428.256		1428.256
P155	1480.00	10.00	0.00	0.00	111.50	1114.96	0	1311.190		1311.190
P156	1490.00	10.00	0.00	0.00	94.94	949.44	0	1116.537		1116.537
P157	1500.00	10.00	0.00	0.00	77.49	774.95	0	911.3356		911.3356
P158	1510.00	10.00	0.00	0.00	59.15	591.48	0	695.5851		695.5851
P159	1520.00	10.00	0.00	0.00	40.38	403.76	0	474.8189		474.8189
P160	1530.00	10.00	1.74	17.39	22.13	221.32	20.8652683	260.2749		239.4096
P161	1540.00	10.00	9.12	91.21	9.14	91.38	109.449001	107.4685	1.9804973	
P162	1550.00	10.00	18.15	181.45	0.63	6.34	217.745714	7.451766	210.29394	
P163	1560.00	10.00	32.16	321.57	0.00	0.00	385.878695	0	385.87869	
P164	1570.00	10.00	45.76	457.63	0.00	0.00	549.151466	0	549.15146	
P165	1580.00	10.00	50.05	500.52	0.00	0.00	600.621520	0	600.62152	
P166	1590.00	10.00	47.29	472.85	0.00	0.00	567.420505	0	567.42050	
P167	1600.00	10.00	43.92	439.19	0.00	0.00	527.031296	0	527.03129	
P168	1610.00	10.00	40.49	404.93	0.00	0.00	485.910666	0	485.91066	
P169	1620.00	10.00	34.19	341.93	0.00	0.00	410.321117	0	410.32111	
P170	1630.00	10.00	26.87	268.70	0.00	0.00	322.443539	0	322.44353	
P171	1640.00	10.00	19.69	196.93	0.05	0.50	236.317529	0.585404	235.73212	

Tableau XII.1 : cubature APD « variante choisi »

Volume déblais (m<sup>3</sup>) : 79936.12083

Volume remblais (m<sup>3</sup>) : 117239.0009

Volume excès remblais (m<sup>3</sup>) : -37302.8801

❖ Distance minimale

$$D_{\min} = \frac{\sum v \cdot d_i}{v}$$

$$D_{\min} = \frac{23504118.1}{12191.07}$$

$$D_{\min} = 193.46 \text{ m} \quad \Longrightarrow \quad \text{scraper}$$

## CHAPITRE IV : PROFILE EN LONG

### **IV.1 Définition :**

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développé et

Représentée sur un plan à une échelle. Ou bien c'est une élévation verticale dans le sens de l'axe de la route de l'ensemble des points constituant celui-ci.

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

Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

L'altitude du terrain naturelle

L'altitude du projet

La déclivité du projet ... etc.

### **IV.2 La ligne de projet (ligne rouge) :**

Le profil en long donne une idée sur la forme du terrain naturel qui nous permis choisir la ligne du projet de façons a tenir en compte :

- Equilibrer les surfaces remblais et déblais et d'éviter les grands terrassements.
- Assurer une bonne visibilité
- Assurer un confort dynamique.
- Permettre l'évacuation des eaux en prenant des déclivités supérieurs ou égale 0.5%.

### **IV.3 Règles À Respecter Dans Le Tracé Du Profil En Long:**

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

- Eviter les angles entrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer Leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des devers nuls dans Une pente du profil en long.
- Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des

Déblais dans la partie de tracé neuve.

- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la

combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règle notamment.

➤ Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.

- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

#### **IV.4 Les éléments de composition du profil en long :**

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

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

##### **A- Les alignements :**

Les alignements sont des segments droits caractérisés par leurs déclivités

##### **B- Déclivité :**

On appelle déclivité d'une route, la tangente des segments de profil en long avec l'horizontal .Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

##### **• Déclivité minimale :**

Dans les tronçons de route absolument horizontaux ou le palier, pour la raison d'écoulement des eaux pluviales car la pente transversale seule ne suffit pas, donc les eaux vont s'évacuent longitudinalement à l'aide des canalisations ayant des déclivités suffisantes leur minimum vaut 0.5% et de préférence 1%.

##### **• Déclivité maximale :**

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

- La réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe Max).
- l'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).
- Condition d'adhérence entre pneus et chaussée qui concerne tout les véhicules.
- Vitesse minimale du poids lourd.

Et selon (B40) elle doit être inférieure à une valeur maximale associée à la vitesse de base.

$V_R$ (Km/h)	40	60	80	100	120	140
Déclivité max (%)	8	7	6	5	4	4

**Tableau IV.1: Valeur de déclivité maximale**

**Remarque :**

L'augmentation excessive des rampes provoque ce qui suit :

- Effort de traction est considérable.
- Consommation excessive de carburant
- Faibles vitesses.
- Gène des véhicules.

**IV.5 Coordination Du Tracé En Plan Et Profil En Long :**

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

- D'avoir une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.
- De envisager de loin l'évolution du tracé.
- De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, échangeurs, etc.) pour éviter les défauts résultants d'une mauvaise coordination tracé en plan et profil en long, les règles suivantes sont à suivre:
- D'augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan si le profil en long est convexe.
- D'amorcer la courbe en plan avant un point haut.
- Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.

- De faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à **6 fois** au moins le rayon en plan).

#### IV.6 Raccordements En Profil En Long :

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

##### IV.6.1 - Raccordements Convexes (Angle Saillant) :

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

##### a)- 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 :

$g/40$  pour cat.1-2

$$Vr^2/Rv < g/40$$

Pour  $g=10m/s$

$$Rv \text{ min} = \begin{cases} 0.3 Vr^2 \text{ pour cat. 1-2} \\ 0.23 Vr^2 \text{ pour cat. 3-4-5} \end{cases}$$

Dans notre cas  $Rv \text{ min} = 0.3 Vr^2$

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

**Vr** : vitesse référence (Km/h).

##### b)- Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme conditions supplémentaires à celle de confort.

Il faut que deux véhicules circulent en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt au minimum

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_V = \frac{D_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})}$$

$D_1$  : distance d'arrêt (m)

$h_0$  : hauteur de l'œil (m)

$h_1$  : hauteur de l'obstacle (m)

– dans le cas d'une route unidirectionnelle « bretelles » :

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

On trouve :

$$R_V m = a \times d_1^2$$

**Avec :**

$a = 0.24$  pour les catégories 1 et 2.

$a = 0.22$  pour les catégories 3, 4 et 5.

- Les valeurs retenues pour les rayons minimaux absolus ( d'après le B40) sont récapitulées dans le tableau suivant :

CAT	$V_r$ (Km/h)	40	60	80	100	120
	Rayons (m)					
1-2	$R_V$ 'M	300	1000	2500	6000	12000
	$R_V$ 'N	1000	2500	6000	12000	18000
3-4-5	$R_V$ 'M	450	1300	3500	8000	16000
	$R_V$ 'N	1300	3500	8000	16000	16000

**Tableau IV.2 : Rayon convexes (angle saillant)**

#### IV.6. 2 - Raccordements Concaves (Angle Rentrant) :

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

Cette condition s'exprime par la relation :

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

Avec :  $R_v'$  : rayon minimum du cercle de raccordement.

$d_1$  : distance d'arrêt.

❖  $\frac{g}{40}$  pour la CAT 1-2.

a. Rayon minimal absolu :

$$\frac{V_r^2}{RVM'} = \frac{g}{40} \Rightarrow RVM' = 0.30V_r^2.$$

$$Rvm = \frac{d_1^2}{0.035d_1 + 1.5}$$

$$Rvm_{(V_r)} = 0.3V_r^2 = 0.3 \times 100^2 = 3000m$$

b. Rayon minimal normal :

Les rayons verticaux minimaux normaux en angle rentrant sont obtenus par application de la formule suivante :

$$RVN' = RVM'(v_r + 20).$$

$$Rvn = Rvm_{(V_r+20)}$$

$$Rvn = 0.3 \times 120^2 = 4320m$$

❖  $\frac{g}{30}$  Pour la CAT 3-4-5 :

a. Rayon minimal absolu :

$$\Rightarrow \frac{V_r^2}{RVM'} = \frac{g}{30} \Rightarrow RVM' = 0.23V_r^2.$$

## b. Rayon minimal normal :

$$\Rightarrow RVN' = RVM'(vr + 20).$$

CAT	$V_r$ (Km/h)	40	60	80	100	120
	Rayons (m)					
1-2	$R_V'M$	500	1200	1400	3000	4200
	$R_V'N$	1200	2400	3000	4200	6000
3-4-5	$R_V'M$	500	1100	1600	2400	3500
	$R_V'N$	1100	1600	2400	3500	4500

TableauIV.3 : Rayon convexes (angle rentrant)

- Condition esthétique :

Il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et ( $b > 50$ ) pour des devers  $d < 10\%$  (spécial échangeur).

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

Avec :  $d$  : changement des devers.

$R_{v_{\min}}$  : rayon vertical minimal.

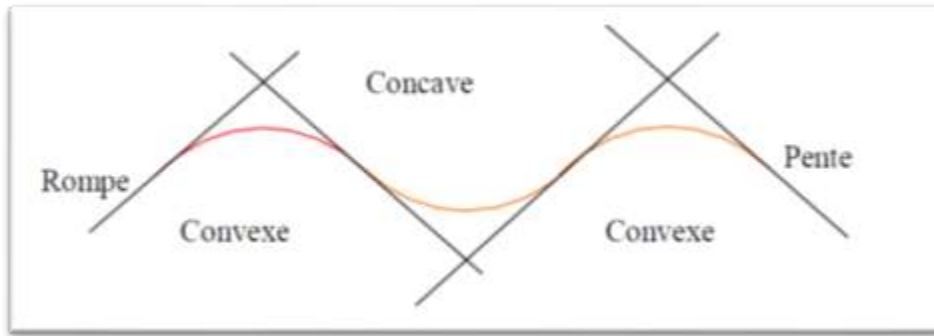


Figure IV.2: raccordement en Profil en long

#### IV.7 Calcul du raccordement parabolique:

##### 7.1 -La tangente :

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 positionner les pentes de tangentes **B** et **C**.

L'équation de la parabole est:

D'ou  $\alpha_1, \alpha_2 = 0 = p \cdot \cos \alpha_1$

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \left( \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \right)$$

$\operatorname{tg} \alpha_1 \quad \alpha_1 = p_1, \quad \operatorname{tg} \alpha_2 \quad \alpha_2 = p_2$

$$T = R \cdot \left( \frac{p_1 + p_2}{2} \right)$$

$$\text{finalement : } T = R \cdot \left| \frac{\Delta p}{2} \right|$$

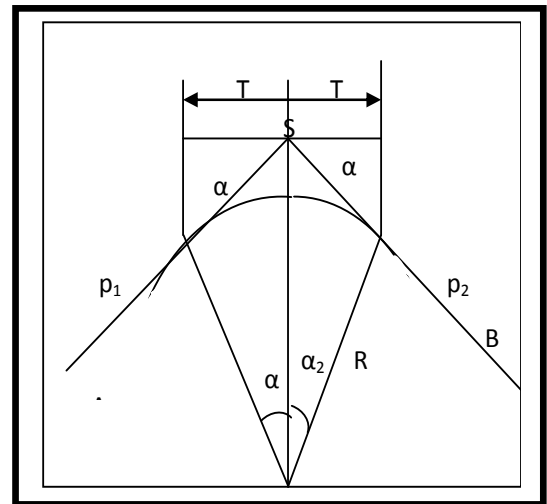


Figure IV.3 : la tangente.

##### 8.2 -la flèche :

$$F' = \frac{R}{2} \left( \frac{p \pm p'}{2} \right)^2$$

## IV.8 Application de projet :

<b>Catégorie</b>		C <sub>1</sub>
<b>Environnement</b>		E <sub>1</sub>
<b>Vitesses de base (Km/h)</b>		100
<b>Rayon en angle saillant R<sub>V</sub></b>	Route unidirectionnelle : (2x2 voies)	
	R <sub>Vm1</sub> (minimal absolu) en m	6000
	R <sub>Vn1</sub> (minimal normal) en m	12000
<b>Rayon en angle rentrant R<sub>V</sub></b>	Route unidirectionnelle : (2x2 voies)	
	R <sub>Vm1</sub> (minimal absolu) en m	3000
	R <sub>Vn1</sub> (minimal normal) en m	4200

Tableau IV.4 : La rayons convexes (angle saillant) et (angle rentrant) de La Variante Choisie.

## 1. Calcul des tangentes :

➤ Dans le cas où les déclivités sont de sens contraire :

$$\Rightarrow a = a' = \frac{R}{2}(p + p')$$

➤ Dans le cas où les déclivités sont de même sens :

$$\Rightarrow a = a' = \frac{R}{2}(p - p')$$

$$\left\{ \begin{array}{l} P_1 = -1.049\% \\ P_2 = -0.729\% \end{array} \right. \quad R_1 = 4200.000\text{m}$$

$$\Rightarrow a = \frac{4200|-0.01049 + 0.00729|}{2} = 37.34\text{m}$$

## 2. calcul de la flèche :

$$\Rightarrow f = \frac{a^2}{2R_V} = \frac{(37.34)^2}{2 \times 4200} = 0.166\text{ m}$$

❖ **Tableau récapitulatif :**

<b>P<sub>1</sub> % P<sub>2</sub> %</b>	<b>Rayon (m)</b>	<b>Tangente (m)</b>	<b>Flèche (m)</b>
-1.049 -0.729	4200	240,000	0,192
-0.729 -4.547	12000	114,541	1,093
-4.547 3.284	400	2 ,526	0,079
3.284 -2.618	40	1,180	0,017
-2.618 2.302	400	9,840	0,121
2.302 3.619	4200	71,610	0,233

**TableauIV.5 : les valeurs de tangente et la flèche**

---

## CONCLUSION GENERALE

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour mettre en application et améliorer nos connaissances théoriques acquises pendant le cycle de notre formation dans le domaine de route.

Cette étude nous a permis de tirer profit de l'expérience de personnes du domaine et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics.

Cette étude concerne un tronçon d'environ près de **1 km 600**, du deuxième rocade de Mostaganem qui relie, **sablettes , Mazagran**.

Nous avons respecté toutes les normes routières B40 qu'on ne peut pas négliger en évitant les contraintes rencontrées sur le terrain et on a pris en considération , le confort , la sécurité des usagers des ainsi bien que l'économie et l'environnement , car toute négligence peut être fatale .

Encore une fois, ce travail nous a poussé à mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels de calcul et de dessin notamment **L'EXCEL, COVADIS** et **AUTOUCAD**, vu leur traitement rapide et précision de leurs résultats.

Nous espérons acquérir plus dans notre vie professionnelle et toucher les grands projets et surtout voir tout cela de près c'est -a-dire sur terrain.

## ETUDE GEOTECHNIQUE

### **1- Introduction :**

La qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation, pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométrique mais aussi de bonnes caractéristiques mécanique lui permettant de résister à toutes ces charges pendant toute sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussée joue, à ce titre, un rôle primordiale celle-ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser.

### **2- Définition :**

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

La géotechnique est une science empirique qui se fait en partie sur les données recueillies lors d'essais en laboratoire et sur le terrain, en pratique, la géotechnique est étroitement associée à la géologie.

### **3- Objectifs principaux d'une étude géotechnique :**

- Au stade des études, de bien définir le projet : optimisation du mouvement Des terres, dimensionnement du corps de chaussée, choix des matériaux, etc.
- Au stade de l'exécution, de réaliser les travaux avec le minimum d'aléas

Possibles : choix des moyens et des matériels adaptés à la nature des sols rencontrés, méthode d'exécution.

### **4- Différent essais en laboratoire :**

Les essais réalisés en laboratoire sont :

#### **4-1 Essais physiques :**

- 4-1-1 Teneur en eau naturelle W (NF P 94-050) .
- 4-1-2 Masse volumique des particules solides des sols (NF P 94-054).
- 4-1-3 Masse volumique des sols fins (NF P 94-053).
- 4-1-4 Limites d'Atterberg (WL) (NF P 94-051 ou NF P 94-052-1).

- 4-1-5 Analyse granulométrique (tamisage à sec) (NF P 94-056).
- 4-1-6 Analyse granulométrique (par sédimentométrie) (NF P 94-057).
- 4-1-7 Teneur en carbonates (CaCO<sub>3</sub>) (NF P 94-048 ).
- 4-1-8 Équivalent de sable (ES)( NF P 18-598).
- 4-1-9 Essai au bleu de méthylène (VBS) (NF P 94-068 ).

#### **4-1-1 Teneur en eau naturelle W( NF P 94-050) :**

##### **a) Définition :**

On désigne par teneur en eau la quantité d'eau contenue dans un échantillon de matière, par exemple un échantillon de sol, de roche, de céramique ou de bois, la quantité étant évaluée par un rapport de poids humides sur poids secs

##### **b) But de l'essai :**

Détermination de la quantité d'eau contenue dans un sol.

##### **c) Domaine d'application de la teneur en eau**

Travaux de terrassement de compactage.

##### **d) Appareillage pour calculer la teneur en eau**

- Etuve sèche
- Des récipients
- Balances :
  - balance sensible à 0,01g près pour les sols fins
  - balance sensible à 0,1g près pour les sols sableux
  - balance sensible au gramme près pour les sols grossiers.

##### **e) Durée de l'essai 15 à 16 heures.**

##### **f) Mode opératoire :**

**N.B :** l'essai doit se faire sur deux prises pour en fin prendre la moyenne.

- rendre un récipient propre, sec et taré, y placer un échantillon de sol humide d'un poids minimum de :

30g pour les sols fins

300g pour les sols moyens

3000g pour les sols grossiers

On les place à l'étuve après 15 heures on prend le poids. En principe entre les deux pesées, de la différence est inférieure à 0,1%.

- **Calculs de la teneur en eau**

Soit  $M$  le poids humide de l'échantillon et  $m$  le poids sec de l'échantillon

$$W = \frac{m}{M} \times 100$$



Figure 1 : Matériels d'essai teneur en eau

#### 4-1-2 Masse volumique des particules solides des sols :

##### a) Définition :

La **masse volumique** d'un liquide ou d'un solide est la masse de matériau par unité de volume. Elle est notée  $\mu$  (« mû ») ou  $\rho$  (« rhô ») et est déterminée par la relation :  $\rho = mv$ .

• L'unité de  $\rho$  dépend des unités choisies pour la masse  $m$  et le volume  $V$  :

- $m$  en kilogramme et  $V$  en litre :  $\rho$  en kg/L .
- $m$  en gramme et  $V$  en millilitre :  $\rho$  en g/mL.

##### b) But de l'essai :

L'essai détermine la masse volumique moyenne d'un échantillon, parfois de nature différente.

La masse volumique d'un sol est utilisée pour connaître l'indice des vides, le degré de saturation et la porosité.

##### c) Principe de la détermination de la masse volumique des grains solides :

La masse des grains solides est obtenue par pesage. Le volume est mesuré au pycnomètre.

**d) Méthode de détermination de la masse volumique des grains solides :**

L'échantillon de sol est séché à l'étuve puis pesé. Le volume des grains est déduit par pesée à l'aide d'un pycnomètre en substituant de l'eau de masse volumique connue aux particules solides.

**e) Appareillage :**

Le matériel suivant est nécessaire :

- Une balance dont les portées minimale et maximale sont compatibles avec les masses à peser et telle que les pesées sont effectuées avec une incertitude de  $\pm 1/1000$  de la valeur mesurée.
- Un tamis à maille carrée de 2mm d'ouverture.
- Des éprouvettes de volume 250cm<sup>3</sup> munis de bouchons.
- Une réserve d'eau distillée.
- Un échantillon (sable).

**f) Préparation de l'échantillon et de matériel :**

Tout d'abord, il faut s'assurer de la provenance et de la nature géologique du sol et procéder à une identification visuelle sommaire afin de savoir si les sols sont gypsifères, latéritique ou s'ils contiennent, de plus, des matières organiques. Les sols énumérés sont, en effet, sensibles à la chaleur. En cas de doute le sol est traité comme s'il était sensible à la chaleur.

Une prise d'essai d'environ 25g est prélevée sur le tamisat de l'échantillon de le sol au tamis de 2mm, puis est placée dans une coupelle de masse connue (m). L'ensemble est introduit dans une étuve dont le température est :

- 105°C si les sols sont insensibles à la chaleur.
- 50°C si les sols sont sensibles à la chaleur, La durée du séchage est alors variable entre 1 et 8 jours.

Le séchage est terminé si la masse (ms) de l'échantillon ne varie de plus de 2/1000 entre deux pesées effectuées, immédiatement après la sortie de l'étuve, à au moins 4h d'intervalle.

Les agglomérats de particules de la prise d'essai sont ensuite séparés au pilon dans le mortier.

Le pycnomètre et son bouchon sont pesés ( $m_1$ ) après s'être assuré qu'ils étaient propres et secs.

**i) Conduite de l'essai :**

- peser l'éprouvette vide ( $m_1$ ).
- Remplir l'éprouvette avec un volume ( $V_1$ ) d'eau.
- Peser un échantillon sec et l'introduire dans l'éprouvette en prenant soin d'éliminer toutes les bulles d'air.
- peser le pycnomètre contenant le sol ( $m_2$ ).
- Le liquide monte dans l'éprouvette. Lire le niveau volume ( $V_2$ ).
- peser l'éprouvette, du sol + l'eau ( $m_3$ ).

**4-1-3 Masse volumique des sols fins :**

**a) But de l'essai:**

Déterminer la masse volumique de sol fin par la méthode des pesées hydrostatiques

**b) Principe d'essai:**

L'essai consiste à mesurer successivement les paramètres masse et volume qui caractérisent un même échantillon de sol.

Le volume est déduit de pesées dont l'une est faite après immersion de l'échantillon dans l'eau.

**C) Matériel utilisé :**



**Figure 2 : Matériel d'essai Masse volumique des sols fins**

Une balance munie d'un étrier et d'un panier, pour les pesées hydrostatiques, dont les portées maximale et minimal sont compatibles avec les masses à peser et telle que les pesées sont effectuées avec une incertitude de  $\pm 1/1000$  de la valeur mesurée.

- Un bac de paraffine avec son système de chauffage.
- Un fil à découper de diamètre inférieur à 1mm.
- Un récipient rempli d'eau déminéralisée ou de qualité équivalente pour immerger le panier suspendu à l'étrier de la balance.
- Un thermomètre de contrôle placé dans la salle d'essai.

**d) L'étape de travail:**

1. Prendre un échantillon de sol et le peser
2. Allumer la résistance pour faire fondre la paraffine.
3. Enduire l'échantillon de paraffine (On fera attention à ce que tout l'échantillon soit recouvert de paraffine).
4. Peser l'échantillon paraffiné .
5. Vérifier que la balance est en équilibre (le poids de la Corbeille doit être équilibré avant la pesée dans l'eau).
6. Placer l'échantillon paraffiné dans la corbeille prévue pour la pesée.
7. Peser l'échantillon paraffiné dans l'eau

Pour calculer:

- volume de la paraffine:

$$V_p = \frac{m_p - m}{\rho_p}$$

- Volume de l'échantillon paraffiné:

$$V_{(ep)} = \frac{m_p - m_p^*}{\rho_w}$$

- La masse volumique de l'échantillon:

$$\rho = \frac{m}{V_{\epsilon}} = \frac{m}{(V_{ep} - V_p)}$$

#### 4-1-4 Limites d'Atterberg (WL) :

a) **But de l'essai**

Identification et classification des sols

b) **Domaine d'application**

Travaux de terrassement – de compactage

c) **matériel :**

- Appareil de casagrande
- Balance de 5kg (précision 1g)
- Etuve ventilé
- Planche à roulets
- Capsules en verre
- Spatules
- Mortier et pilon en porcelaine

d) **Durée de l'essai :** 03 jours

e) **Mode opératoire**

**N.B :** Cet essai est réalisé sur la partie granulométrique appelée mortier inférieur à 0,4mm

- On malaxe rigoureusement la totalité de l'échantillon afin de bien homogénéiser
- On remplit la coupelle au tiers
- On trace le milieu de l'échantillon à l'aide d'un outil à rainurer et l'essai comme immédiatement
- La coupelle fixée à l'appareil est soumise à une série de chocs réguliers jusqu'à ce que les deux lèvres se ferment (le nombre de coups de fermeture doit être compris entre 15 et 35)
- Pour confirmer le nombre de chocs, il faut recommencer immédiatement l'essai, si les deux essais successif ne diffèrent pas plus d'un choc, on prélève à l'aide d'une spatule deux échantillon de chaque côté des lèvres et on détermine la teneur en eau.

e) **Calculs**

$W_L$  : la limite de liquidité est la teneur en eau correspondant à la fermeture à 25 coups.

- *Détermination de la limite de plasticité  $W_p$*

Pour déterminer  $W_p$ , on prend une partie du mélange et on essaye de faire des petits rouleaux sur une plaquette jusqu'à obtenir un diamètre de 3mm .

Après on soulève le rouleau à 1 ou 2cm au dessus du plancher, quand il se fissure et rompt. On prélève sur chaque morceau des échantillons pour déterminer la teneur en eau qui sera la valeur de  $W_p$

Et il en vient l'indice de plasticité

$$IP = W_L - W_P$$



Figure 3 : Matériel d'essai Limites d'Atterberg

#### 4-1-5 Analyse granulométrique (tamisage à sec) :

a) **But d'essai :**

Déterminer les proportions des particules solides de différentes tailles qui constituent le sol.

b) **Principe d'essai :**

Le principe de cette manipulation consiste à prendre un échantillon de sol séché au préalable et de le verser dans une colonne de tamis dont les tamis sont classés dans l'ordre croissant des ouvertures de bas en haut. La pesée des refus des tamis permet de tracer la courbe granulométrique.

c) **Mode opératoire**

• Commencer par dresser la colonne des tamis. Les ouvertures des tamis doivent être croissantes de bas en haut. Les tamis à prendre en compte sont en mm :

5 – 3.15 – 2 – 1.25 – 0.5 – 0.25 – 0.125 – 0.08

- Prendre 1 kg de sol.
- Verser le sol sur le tamis supérieur.
- Procéder à l'agitation mécanique pendant environ 5 min.

- Procéder à la pesée cumulée des refus des tamis en commençant par le tamis supérieur.



Figure 4 : Matériel d'essai Analyse granulométrique (tamisage à sec) :

### c) Calcul

Pour le calcul des pourcentages et le tracé de la courbe granulométrique, le procédé est le suivant:  
M est la masse totale de l'échantillon.

N° Tamis	Ouverture des tamis (mm)	Refus partiel (g)	Refus cumulé (g)	Refus cumulé (%)	Tamisa cumulé (%)
1	....	$m_1$	$m_1$	$R_1 = 100 \times \frac{m_1}{M}$	$T_1 = 100 - R_1$
2	....	$m_2$	$m_1 + m_2$	$R_2 = 100 \times \frac{m_1 + m_2}{M}$	$T_2 = 100 - R_2$
3	....	$m_3$	$m_1 + m_2 + m_3$	$R_3 = 100 \times \frac{m_1 + m_2 + m_3}{M}$	$T_3 = 100 - R_3$

d) **Compte rendu** : Il vous est demandé de

- Compléter le tableau des calculs.
- Tracer la courbe granulométrique.
- Déterminer les différents diamètres (D10, D30 et D60) et les deux coefficients  $C_u$

(coefficient d'uniformité) et  $C_c$  (coefficient de courbure), en sachant que :

(**D10, D30 et D60**) : étant respectivement les diamètres correspondant à 10%, 30% et 60% d'éléments de dimension inférieure.

- Le coefficient d'uniformité ou de Hazen :

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

- Le coefficient de courbure :

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$

- Nommer ce sol selon la classification LCPC.
- Commenter vos résultats.

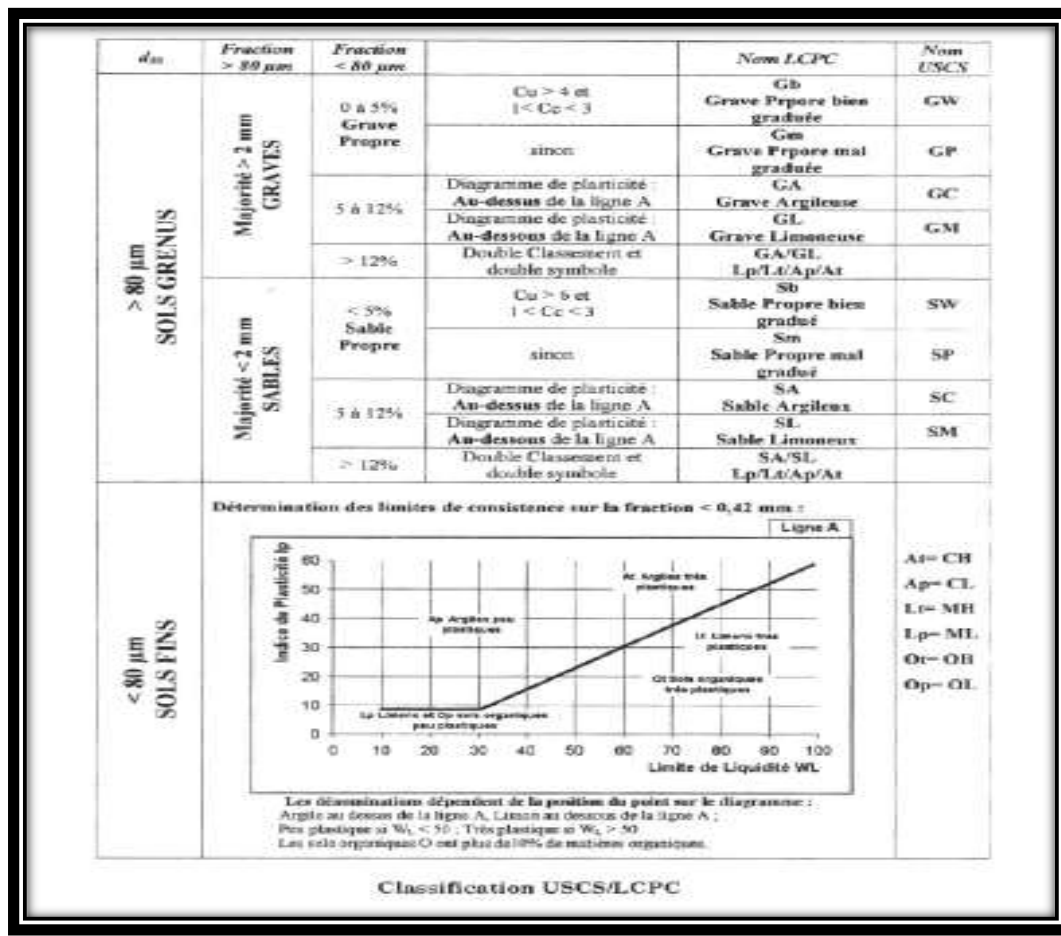


Figure 5 : classification USCS/LCPC

4-1-6 Analyse granulométrique (par sédimentométrie) :

- But :** La sédimentométrie complète l'analyse granulométrique par tamisage, elle donne la répartition des grains de diamètre inférieur à 80 µm.
- Mode opératoire :**
  - Prendre deux éprouvettes à essais de 1 litre de contenance.
  - Prendre **60 cm<sup>3</sup>** de défloculant et ajouter **440 cm<sup>3</sup>** d'eau distillée pour obtenir une solution de **500 cm<sup>3</sup>**.
  - Diviser la solution obtenue (500 cm<sup>3</sup>) entre les deux éprouvettes à raison de **250 cm<sup>3</sup>** chacune.

- Prendre l'une des deux éprouvettes et la compléter avec de l'eau distillée jusqu'à 1 litre.

Cette éprouvette sera appelée dorénavant **l'éprouvette B** (l'autre éprouvette sera nommée **l'éprouvette A**).

- Prendre 20 g de sol.
- Verser ces 20 g dans le récipient de l'agitateur mécanique et verser dessus une

certaine quantité de la solution de **l'éprouvette A**.

- Procéder à l'agitation mécanique pendant environ 3 min.
- Verser la suspension dans **l'éprouvette A** (bien rincer le récipient et les ailettes pour

ne pas perdre le matériau).

- Compléter **l'éprouvette A** avec de l'eau distillée jusqu'à 1 litre.
- Procéder à une homogénéisation de la suspension à l'aide de l'agitateur manuel.
- Introduire le densimètre dans la suspension et procéder aux lectures (On les

appellera **Rt**).

**Les temps de lecture sont : 30'' ; 1 min ; 2 min ; 5 min ; 10 min ; 30 min ; 60 min.**

### c) Calculs

Lors de la décantation de grains solides en suspension dans l'eau, les grains les plus gros chutent plus rapidement que les plus petits. La vitesse de chute est directement liée à leur diamètre (loi de Stokes). Cette relation s'écrit:

$$V = g \cdot \frac{\gamma_s - \gamma_w}{18\eta} \cdot D^2$$

avec :  $V$  = Vitesse de décantation de la particule

$g$  = accélération de la pesanteur

$\gamma_s$  = poids spécifique de la particule (valeur moyenne : 26.5 kN/m<sup>3</sup>)

$\gamma_w$  = poids spécifique de l'eau ( $\gamma_w = 10$  kN/m<sup>3</sup>).

$\eta$  = viscosité du liquide de décantation [poise]

$D$  = diamètre de la particule.

### 4-1-7 Teneur en carbonates (CaCO<sub>3</sub>) (NF P 94-048) :

#### a. Définition :

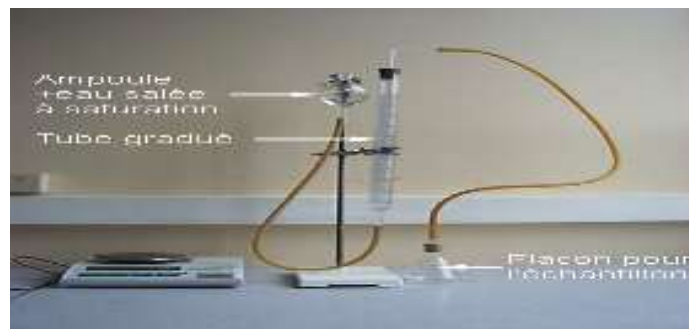
L'essai de carbonate (CaCO<sub>3</sub>) c'est la méthode de détermination de la teneur en carbonate dans des échantillons de sols (y compris les sédiments), de matières utilisées sur ou dans les sols et de déchets. Cette détermination est systématique sur les matières amendâtes mais pas sur les sols.

**b. But de l'essai :**

Un calcimètre permet de mesurer le volume de  $\text{CO}_2$  dégagé par action de l'acide chlorhydrique ( $\text{HCl}$ ) sur le carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) d'un échantillon de sol ou de roche.

**c. Matériel utilisé :**

- Fiole.
- Tamis de 0.200 mm.
- Solution d'acide chlorhydrique.
- Calcimètre. (Voir la figure ci-dessus)
- Balance.



**Figure 6 : Appareillage d'un essai Teneur en carbonates**

**d. Préparation de l'échantillon :**

- Prélever une masse  $m=50\text{g}$  de l'échantillon.
- Tamiser l'échantillon au tamis 0.2mm.
- Peser une masse  $m_1$  à partir de la masse  $m$ . (Voir figure7 )



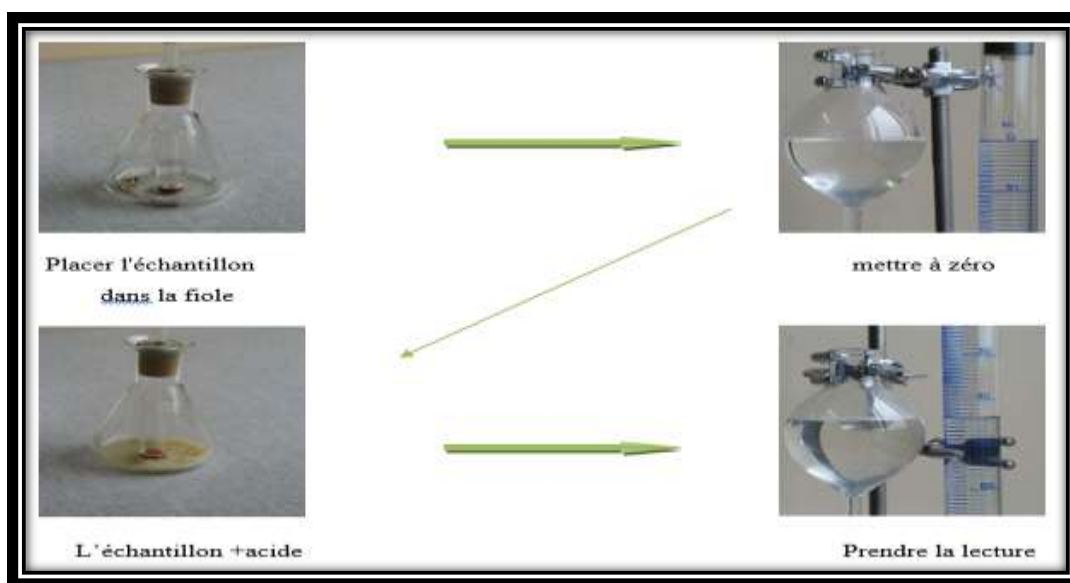
**Figure 7: Tamisage et Pesé l'échantillon**

**e. Mode opératoire :**

- Verser la prise  $m_1$  dans la fiole.
- Introduire le tube qui contient 10ml de solution d'acide chlorhydrique.
- Relier la fiole au calcimètre.
- Equilibrer les pressions au zéro de la colonne.
- Verser l'acide contenu dans le tube sur la masse  $m_1$ .

- Agiter énergiquement la fiole.
- Suivre et équilibrer en permanence le niveau d'eau de la colonne et celui de l'ampoule jusqu'à la stabilisation de dégagement gazeux.
- Noter le volume V de gaz.
- Répéter l'essai à partir de l'étape de verser la masse dans la fiole mais pour  $m' = 0.050, 0.100, 0.200, 0.300g$ , et calculer  $V'$ .
- Tracer la courbe d'étalonnage.
- Déterminer à partir de la courbe la masse  $m_2$ .

La figure ci-contre représente le mode opératoire de l'essai carbonate :



**Figure 8 : Mode opératoire de l'essai carbonate**

La qualification de l'horizon dépend de la teneur en calcaire totale comme le montre le tableau suivant :

Teneur en calcaire total	Qualificatif de l'horizon
< 1 %	non calcaire
1 à 5%	peu calcaire
5 à 25%	modérément calcaire
25 à 50%	fortement calcaire
60 à 80%	très fortement calcaire
> 80%	excessivement calcaire

**Tableau 1 : Qualification des horizons en fonction de leur teneur en calcaire total selon le GEPPA.**

#### 4-1-8 Équivalent de sable (ES) NF P 18-598 :

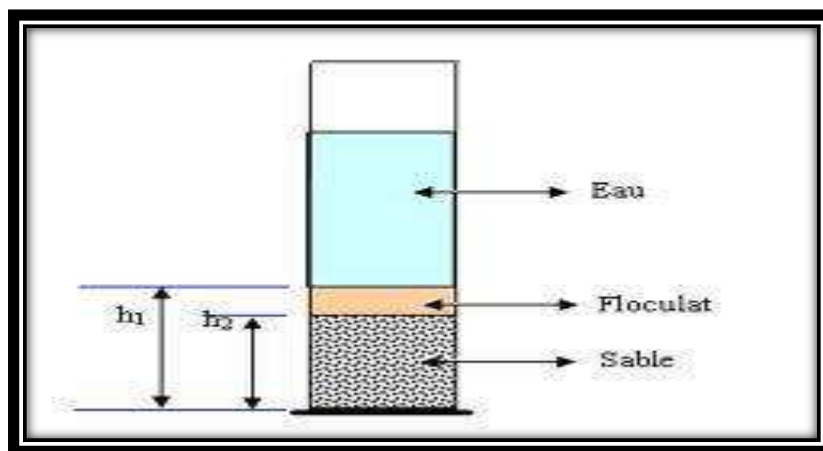
##### a) Objectif

L'équivalent de sable (ES) est un essai qui permet de mesurer la propreté du sable.

Il est destiné aux sols plastiques pour lesquels la mesure de l'indice de plasticité est peu précise.

L'équivalent de sable est donné par la formule.

$$SE = 100 \cdot \frac{h_2}{h_1}$$



##### b) Mode opératoire :

L'essai se déroule sur un échantillon (sable) qui a été passé au tamis afin d'obtenir une fraction de 0-2mm.

- L'éprouvette est remplie d'une solution flocculante normalisée
- Puis, on verse environ 120 g du matériau sec
- Après un petit intervalle d'attente, le mélange est soumis à 90 cycles de 20 cm d'amplitude en 30 secondes (norme).
- Vu qu'on ne dispose pas de l'appareillage nécessaire, l'agitation est entamée manuellement.
- On laisse la solution se décanter. Le sable vrai se dépose dans le fond de la burette jusqu'à un niveau  $h_2$ . Au-dessus du sable, se dépose le flocculat gonflé par la solution. On distingue un deuxième niveau  $h_1$  qui sépare le liquide contenant le flocculat du liquide transparent de solution lavant décantée.
- On calcule par la suite l'équivalent de sable  $\Rightarrow ES = (h_2/h_1) * 100$ .

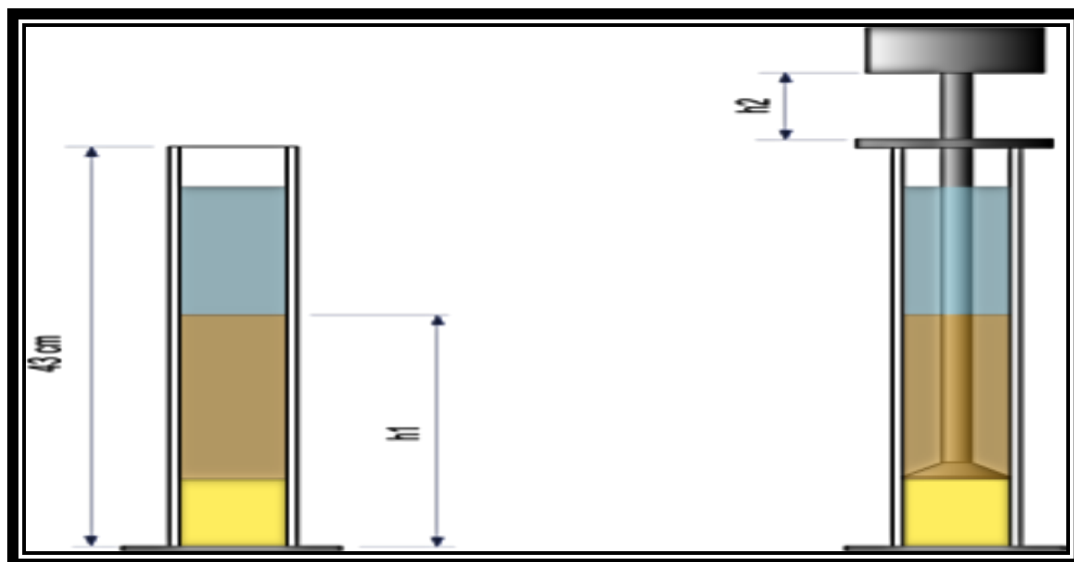


Figure 9 : Appareillage pour l'essai d'équivalent de sable

N°	Equivalent de sable en %	Observation
01	ES <65	Sable argileux; risque de retrait ou de gonflement de béton.
02	65 > ES <75	Sable léguèrent argileux ; de propreté admissible.
03	75 > ES <85	Sable propre ; convenant au béton à haute qualité.
04	ES >85	Sable très propre ; absence de plasticité de béton.

Tableau 2 : classification de sable

#### 4-1-9 Essai au bleu de méthylène (VBS) (NF P 94-068) :

##### a) But:

Mesurer la quantité de bleu de méthylène nécessaire pour saturer un sol. Cette dernière est directement liée à la surface spécifique qui est elle-même reliée à l'activité du sol.

##### b) Principe de la manipulation :

Consiste à doser une prise d'essai mise en suspension avec du bleu de méthylène. A saturation, une goutte de la suspension déposée sur du papier filtre provoque la formation d'une tache avec une auréole.

##### c) Mode opératoire :

- Prendre 10 grammes de sol sec passé au tamis 5mm.
- Mettre la prise d'essai à tremper dans un b cher avec 100 cm d'eau.
- A l'aide de l'agitateur (700 tr/min), dispersée la suspension pendant 5 min.

- A l'aide du dispositif de dosage, introduire 5 cm<sup>3</sup> de bleu etagiter (400 tr/min) pendant 1 min.
- A l'aide d'une baguette, déposer une goutte de la suspension sur du papier filtre (l'essai de la tâche).

- **Test négatif**

- Si le test est négatif (tâche sans auréole), ajouter 5 cm<sup>3</sup> de bleu et refaire l'essai de la tâche (Opération 5) après une minute.

Cette opération sera répétée autant de fois qu'il sera nécessaire jusqu'à ce que le test de la tâche soit positif (tâche avec auréole).

- **Test positif**

- Si le test est positif (tâche avec auréole), procéder à **5 essais successifs** (un test par minute) sans ajouter de bleu.
- Si les 5 essais sont positifs, l'essai est terminé.
- Si au cours de ces tests de la tâche, l'une des tâches deviendra sans auréole, ajouter uniquement **2,5 cm<sup>3</sup>** et reprendre les tests de la tâche jusqu'à ce que les **5 essais soient positifs**.

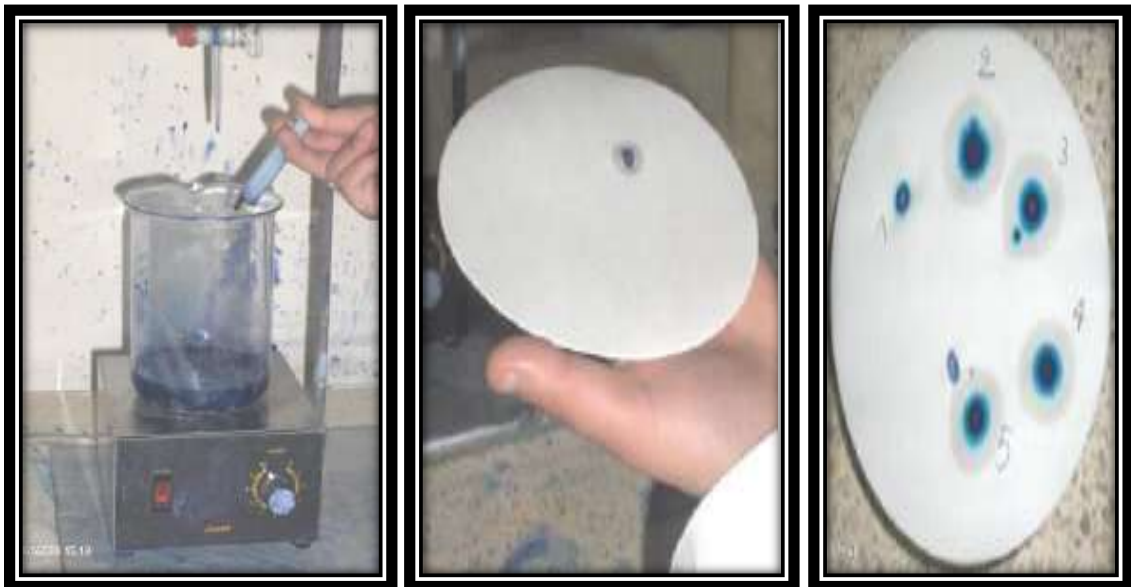


Figure 10 : Mode opératoire d'un essai bleu de méthylène



Figure 11 : Résultat d'un essai bleu de méthylène

**RK) Pendant tout le déroulement de l'essai, l'agitation n'est jamais interrompue.**

**d) Calcul**

La valeur du bleu du sol est (sans unité) :

$$VBS = \frac{V}{m}$$

Avec V : Volume du bleu ajouté en cm<sup>3</sup>.

m : La prise d'essai

**e) Compte rendu :** Il vous est demandé de :

- Déterminer la valeur de V
- Calculer VBS .
- Donner la nature du sol suivant la classification suivante

Valeur du bleu du sol	Nature du sol
< 0,2	Sols sableux
0,2 – 2,5	Sols limoneux
2,5 – 6	Sols limoneux-argileux
6 – 8	Sols argileux
> 8	Sols très argileux

Tableau 3 : classification de sols

**4-2 Essais mécaniques:**

4-2-1 Essai Proctor normal et modifié (NF P 94-093) .

4-2-2 Portance CBR imbibé et immédiat (NF P 94-078).

**4-2-1 Essai Proctor normal et modifié (NF P 94-093) :**

**a) Introduction :**

Les remblais posent à l'ingénieur routier un certain nombre de problèmes, d'où on peut citer :

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

Le « compactage » est le procédé le plus économique toujours utilisé dans la construction des remblais pour améliorer la densité sèche du sol ( gd ).

Le « compactage » est une réduction pratiquement instantanée du volume du sol dû à la réduction des vides d'air. Il ne y'a aucune expulsion d'eau ce qui différencie le compactage de la consolidation.

L'étude du compactage s 'effectue à l'aide d'un damage normalisé connu sous le nom de « l'**essai Proctor** ».

**b) But :**

L'**essai Proctor** a pour but de déterminer, pour un compactage d'intensité donnée, la teneur en eau à laquelle doit être compacté un sol pour obtenir la densité sèche maximum. La teneur en eau ainsi déterminée est appelée « teneur en eau **optimum Proctor** ».

**c) Principe :**

- L'**essai Proctor** consiste à compacter dans un moule standard, à l'aide d'une dame standard et selon un processus bien déterminé, un échantillon du sol à étudier et à déterminer le teneur en eau du sol et sa densité sèche après le compactage.

-L'**essai Proctor** est répété plusieurs fois de suite sur des échantillons portés à des teneurs en eau croissantes (2%, 4% ,6% ,8% ,10%,12% ,14%,16%)On détermine ainsi plusieurs points de la courbe représentative des densités sèches en fonction des teneurs en eau. On trace alors la courbe en interpolant entre les points expérimentaux. Elle représente un maximum dont l'abscisse est « la teneur en eau **optimum Proctor** », et l'ordonnée « la densité sèche maximum **Proctor** ».

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

**d) Essai Proctor normal et Proctor modifié :**

### **1. Essai Proctor normal :**

le compactage n'est que moyennement poussé. Il est généralement utilisé pour les études de remblais en terre (barrages et digues).

Il s'effectue en trois couches avec « la dame Proctor normal », l'énergie de compactage est de :

- 55 coups de dame par couche dans le moule C .B .R.
- 25 coups par couche dans le moule Proctor normal.

### **2. Proctor modifié :**

le compactage est beaucoup plus intense ;il correspond en principe au compactage maximum que l'on peut obtenir sur chantier avec les rouleaux à pieds de mouton ou les rouleaux à pneus lourds modernes. C'est ordinairement par l'essai Proctor modifié que l'on détermine les caractéristiques de compactage (teneur en eau optima, densité sèche maxima) des matériaux destinés à constituer la fondation ou le corps de chaussée des routes et des pistes d'aérodromes.

Le compactage dans ce cas la s'effectue en cinq couches successives avec « la dame Proctor modifié » l'énergie de compactage est de :

- 55 coups de dame par couche dans le moule C.B.R.
- 25 coups par couche dans le moule Proctor.

#### **e) APPAREILLAGE Essai Proctor:**

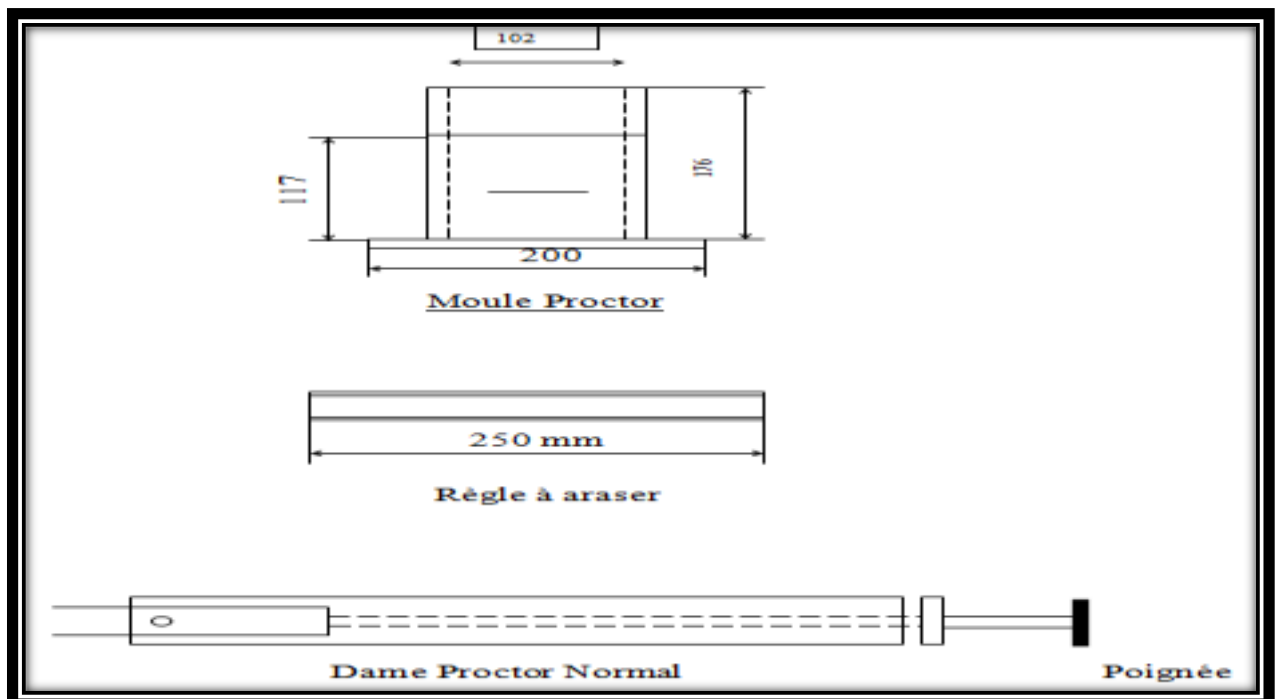
Il comprend :

- Le moule Proctor constitué par un tube cylindrique métallique inoxydable de 10,15 cm de diamètre intérieur et 11,7 cm de hauteur, pourvu d'un fond et d'une hausse métallique amovibles.
- La dame Proctor normal qui est constitué par un mouton de 2,49 kg (cylindrique de 5,1 cm de diamètre) dont la hauteur de chute est de 30,4 cm.
- Du sable.
- Une étuve.
- Une règle à araser d'environ 250 mm.
- Truelles pour le malaxage.

- Des maillets, burins, couteaux, etc. pour le démoulage, ou mieux un appareil à démouler.
- Une balance sensible au gramme d'une portée maxima au moins égale à 20 kg .
- Une éprouvette graduée.
- De l'eau.
- Un bac.

#### **f) MODE OPERATOIRE Essai Proctor**

- On prend 2,5 kg de sable préalablement préparé qu'on verse dans un bac.
- On ajoute une certaine quantité d'eau (\*) proportionnelle au poids du sable utilisé.
- A l'aide de la truelle on malaxe bien le sable.
- On remplit le **moule Proctor** normalisé en trois couches puis après avoir versé chaque couche on compacte l'aide de la **dame Proctor normal** en 25 coups en respectant la hauteur de chute et en assurant une répartition équitable des coups sur la surface à compacter. On procède de la même manière après la mise en
- place de la 2eme et 3eme couche.



**Figure 12 : Matériel pour l'essai Proctor normal**

Une fois le moule rempli, on arase le sable avec une règle à araser, on comble les vides laissés à la surface.

- On prélève ensuite un échantillon d'environ 100 g à la surface du moule, puis on retire la base de ce dernier afin de prendre un 2eme échantillon d'a peu près du même poids.
- A la balance, on évalue les masses des deux prélèvements puis on les fait passer à l'étuve au moins pendant 24h.au termes des quelles on va reposer les échantillons.

Les résultats obtenus sont inscrits dans le tableau suivant.

(\*) : L'essai est répété plusieurs fois de suite sur des échantillons portés à des teneurs en eau croissantes (2%, 4% ,6% ,8% ,10%,12% ,14%,16%)

### **i) CONCLUSION sur l'Essai Proctor**

Sur les chantiers de stabilisation, on exige, en général, des densités sèches égales à 90 % ou à 95 % de la densité sèche maximum Déterminée à l'essai **Proctor** ; d'où l'importance d'avoir au moment du Compactage une teneur en eau très voisine de la teneur en eau optimum.

Cette Condition est souvent difficile à remplir, ce qui limite les possibilités de stabilisation des sols : en périodes de pluie, la teneur en eau du sol naturel est généralement supérieure à la teneur optimum, il faut aérer le sol pour le faire sécher ou attendre une période plus sèche. En période sèche les apports d'eau sont importants (la teneur en eau optimum varie entre 6 et 12% selon la nature du sol et l'engin de compactage utilisé.).

#### **4-2-2 Portance CBR imbibé et immédiat (NF P 94-078) :**

##### **a) Introduction :**

La portance du sol est sa résistance à la rupture déterminée par l'essai CBR, le Californien Bearing Ration (norme NF P 94-078).Cet essai donne une mesure de la portance relative des sols par rapport a un sol type de référence. Il permet d'observer le comportement du matériau vis-à-vis sa densification ainsi qu'une idée de sa résistance à l'eau.

L'indice de portance CBR immergé (I CBR après 4 jours d'immersion), et indice portant immédiat IPI, se calculent ainsi par le rapport entre la pression d'enfoncement du sol et celle d'un matériau type référence (en %) :

$$\frac{\text{effort de pénétration à 2,5 mm d'enfoncement(en kn)}}{13,35} \times 100$$

$$\frac{\text{effort de pénétration à 5 mm d'enfoncement(en kn)}}{19,93} \times 100$$

L'indice recherché est par convention la plus grande de ces deux valeurs.

**b) Principe d'essai :**

L'essai consiste à poinçonner 1 échantillon de matériau compacté par pénétration d'un poinçon cylindrique à vitesse constante (1,27 mm/min). On relève les valeurs des forces correspondant à des enfoncements de 2,5 et 5 mm. On rapporte ces valeurs à celles obtenues sur un matériau de référence pour en déduire la valeur de l'indice portant recherché.

**c) Type d'essais :**

- **L'indice Portant Immédiat (IPI) :** mesure la résistance au poinçonnement d'un sol compacté à sa teneur en eau naturelle ou dans la plage de teneur en eau dans lequel il est susceptible d'évoluer. Il caractérise l'aptitude du sol à permettre la circulation des engins en phase chantier. Le matériau est compacté à l'énergie Proctor normal dans le cas d'un sol et à l'énergie Proctor modifier dans le cas d'un matériau d'assise de chaussée.
- **L'essai CBR immédiat (I.CBR immédiat) :** mesure la résistance au poinçonnement d'un sol compacté généralement à l'énergie Proctor modifier à sa teneur en eau à l'optimum Proctor ( $w_{opt}$ ). En plus, dans la mesure où le matériau est support ou constituant d'une structure de chaussée, l'éprouvette de sol testé sera surchargée en tête par des disques annulaires représentant l'équivalent de la contrainte imposée par la chaussée sur la plate-forme.

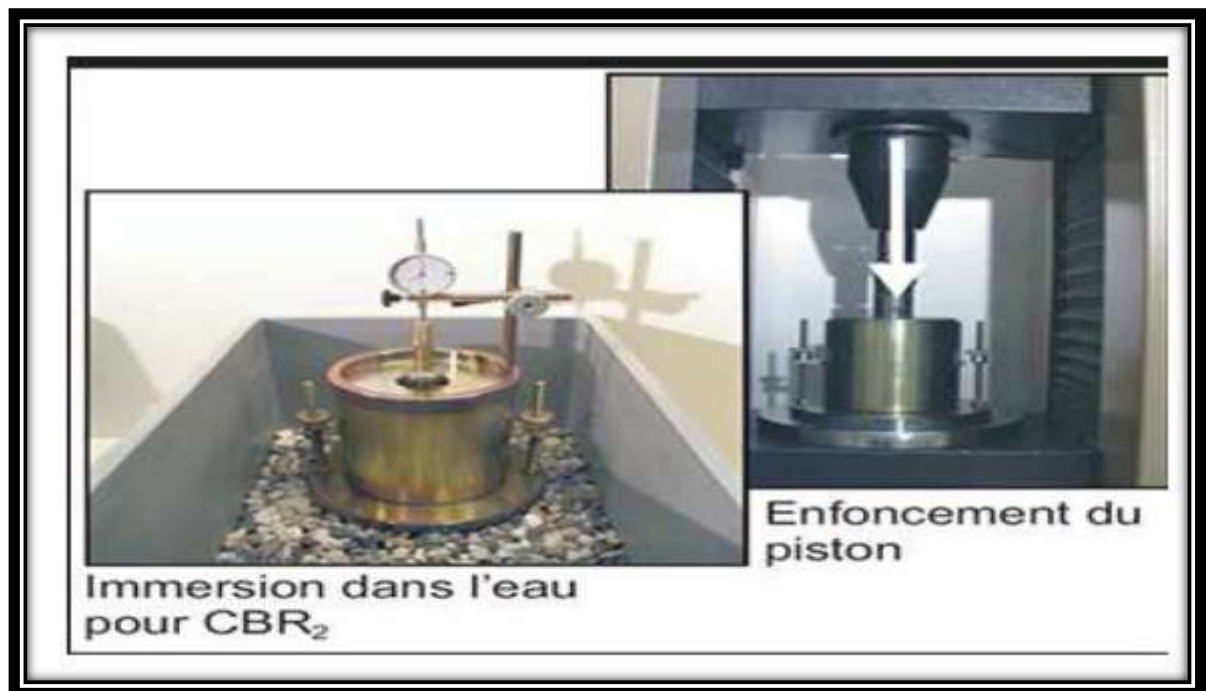


Figure 13: Matériels d'essai CBR.

**d) Principe de l'essai :**

L'essai consiste à mesurer les forces à appliquer sur un poinçon cylindrique pour le faire pénétrer à vitesse constante (1.27 mm/min) dans une éprouvette de matériau, les valeurs particulières des deux forces ayant provoqué deux enfoncements (2.5 et 5.0 mm) conventionnels sont respectivement

rapportées aux valeurs des forces observées sur un rapportées aux valeurs des forces observées sur un matériau de référence pour les mêmes enfoncements. [18]

L'indice portant immédiat (IPI) est obtenu lorsqu'on effectue l'essai de poinçonnement, sans surcharge, aussitôt après la confection de l'éprouvette.

L'indice CBR immersion (I.CBRi) est mesuré après 4 jours d'immersion dans l'eau, dans ce cas, l'éprouvette est recouverte de surcharges permettant de frotter la surface de l'échantillon et l'on mesure le gonflement linéaire de l'éprouvette.

**e) Mode opératoire :**

Il est nécessaire d'effectuer au préalable un essai Proctor modifié afin de déterminer la teneur en eau optimal de compactage de l'échantillon, cette teneur étant connue on prépare le nombre d'éprouvette voulue pour moule CBR, la même énergie de compactage sera adoptée que pour le moule Proctor modifié. Avant compactage un disque est disposé au fond du moule et après compactage le moule est arasé pesé puis remis sur l'embase on y dispose alors le plateau de gonflement, l'anneau de surcharge, le compactage, le comparateur que l'on règle à zéro, le moule est ensuite mis à imbiber pendant 4 jours au cours desquels on mesure à l'aide du comparateur les gonflements éventuels de l'échantillon, l'imbibition terminée la phase de poinçonnement commence le moule est disposé sur le plateau de la presse le piston est au contact du sol à l'aide de l'indicateur de cadence le poinçonnement s'effectue à vitesse constante de 1.27 mm/min au cours de l'essai la pression correspondante aux enfoncements /0.625 / 1.25 / 2.00 / 2.5 / 5 / 7.5 / 10mm est noté en fin de l'essai l'échantillon est prélevé et sa teneur en eau est déterminée.

**f) Facteurs influents de l'essai :**

**1) Teneur en eau :**

Pour avoir un meilleur remblai on utilise le sol dont la courbe Proctor est aplati c'est-à-dire le sable, par contre il faut éviter les sols dont la courbe présente un maximum marqué.

**2) L'énergie de compactage :**

La courbe Proctor varie si l'énergie de compactage varie, si la densité augmente W diminue.

✓ Remarque :

On mesure trois types d'indices en fonction du but :

- L'indice caractérisant l'aptitude du sol à permettre la circulation des engins de chantier directement sur sa surface lors des travaux : indice portant immédiat (IPE)
- L'indice caractérisant l'évolution de la portance d'un sol support compacté à différentes teneurs en eau : CBR immédiat

- L'indice caractérisant l'évolution de la portance d'un sol support compacté à différentes teneurs en eau et soumis à des de régime hydrique : CBR APRES IMMERSION.

#### 5- Résultats :

Après avoir prélever des échantillons (Puit au Pk 3+250 et au Pk 4+850), et faire les différents essais cités ci-dessous sur notre projet, les résultats sont récapitulés dans les tableaux suivants :

%Fines < 80 $\mu$	WNAT (%)	WOPM (%)	ES (%)	Ip (%)	WL (%)	$\gamma_d$ OPM t/m <sup>3</sup>	CBR à 100% imbibé	CBR à 100% immédiat	VBS (gr/100gr)
<b>23</b>	<b>20.3</b>	<b>6.80</b>	<b>14.40</b>	<b>NM</b>	<b>14.9</b>	<b>1.99</b>	<b>10.00</b>	<b>58.10</b>	<b>0.30</b>

**Tableau 4 : Récapitulatif des résultats**

#### ❖ Interprétations des résultats :

- ✓ Ces sables fins testés sont de plasticité non mesurable,
- ✓ ES = 14.40 % < 65% (Sable argileux; risque de retrait ou de gonflement de béton)
- ✓ Ils sont majoritairement de classification B-B2, selon le **GTR** [guide technique, réalisation des remblais et des couches de forme, **fascicule II**, annexes techniques (**Juillet 2000, 2eme Edition**)].
- ✓ Ils présentent une valeur de teneur en eau naturelle moyenne supérieure à celle de l'OPM d'environ quatorze (14) points.
- ✓ La valeur de densité sèche OPM est bonne (1.99 T/m<sup>3</sup>).
- ✓ Les sols a cet emplacement présentent une portance faible en particulier a l'état imbibe. Ils **sont de** classe de portance S3 (CBR imbibe=10.00), selon le Catalogue de dimensionnement.
- ✓ des chaussées neuves « C.T.T.P », Fascicule I.
- ✓ Le matériau testé (Argile limoneuse brun rougeâtre) est de plasticité moyenne (**WL** = 14.9%, **Ip** = NM). Il présente une valeur de teneur en eau naturelle forte supérieure à celle de l'OPM d'environ vingt-sept (27) points.
- ✓ VBS (gr/100gr) = 0.30  $\implies$  2.5 < VBS=0.3 < 6 sols limoneux argileux