

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

People's Democratic Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research

جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم

University Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculty of Sciences and Technology

قسم الهندسة المدنية

Civil engineering department



N° d'ordre : M...../GC/2022

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

**Filière :** Travaux Publics

**Spécialité :** Voies et Ouvrages d'Arts (VOA)

### *Thème*

ETUDE LA PENETRANTE DE RELIZANE SUR  
SUR 70 KM  
LOT N°03: DU  
(PK 12+000 AU PK 18+000)

**Présenté par :**

- Mr BENDJEBBOUR AMAR
- MS MOUFFOK NESSRINE

*Soutenu le 23 /06/ 2022 devant le jury composé de :*

<b>Président :</b>	Mr MEBROUKI Abdelkader	Professeur	UMAB Mostaganem
<b>Examineur :</b>	Mr TALIA Ahmed	MAA	UMAB Mostaganem
<b>Invité :</b>	Mr BOUARFA Zohir	MAA	UMAB Mostaganem
<b>Encadrant :</b>	Mr ROUAM SERIK MOHAMED	MAA	UMAB Mostaganem

*Année Universitaire : 2021 / 2022*

# Remerciement

Tout notre remerciement à ALLAH qui nous a donné le courage, la détermination, la volonté et la persévérance d'aller jusqu'au bout.

C'est avec une profonde et particulière reconnaissance que nous remercions notre encadreur Mr ROUAM SERIK MOHAMED pour son aide, ses conseils et ses remarques qui nous ont permet

D'accomplir notre travail de fin d'étude.

Nos remerciements s'adressent aux membres de jury qui ont accepté de juger ce modeste travail.

# Dédicace

Je dédie ce mémoire A mes chers parents ma mère et mon père

Pour leur patience, leur amour,  
leur soutien et leurs encouragements.

A ma chère sœur et mon frère.

A tout ma grande famille et toute qu'a une relation avec elle  
soit proche ou lointain.

A mes amies et les collègues de la classe.

Sans oublier tous les enseignants qui ont contribué à mon soutien  
scolaire.

BENDJEBBOUR AMAR

# Dédicace

Je dédie ce mémoire A mes chers A mes frères qui mon toujours aidé

et qui ont été ma première source  
d'inspiration et de courage, et à ma très chère sœur.

A toute ma familles oncles, tantes et cousins.

A tous mes amis et amies.

A tous ceux que J'ai côtoyé au cours de mes études, profs et étudiants.

A vous tous.

MOUFOK NESSRINE .

# Liste des figures

<b>Figure n°1</b> : Wilaya de tiaret	03
<b>Figure n°2</b> : Carte réseau de la w. Relizane	04
<b>Figure n°3</b> : Situation de couloire	05
<b>Figure n°4</b> : Distance de freinage	30
<b>Figure n°5</b> : Temps de réactions	32
<b>Figure n°6</b> : Distance d'arrêt.	33
<b>Figure n°7</b> : Espacement entre véhicule.	34
<b>Figure n°8</b> : Élément du tracé en plan	39
<b>Figure n°9</b> : Élément de la Clothoïde	46
<b>Figure n°10</b> : Raccordement convexe et concave	58
<b>Figure n°11</b> : Visibilité	59
<b>Figure n°12</b> : Détermination du profil en long	61
<b>Figure n°13</b> : Éléments du profil en travers	66
<b>Figure n°14</b> : Volume déblai, remblai	72
<b>Figure n°15</b> : Calcul volume déblai, remblai	72
<b>Figure n°16</b> : Les différentes catégories de chaussée	78
<b>Figure n°17</b> : Les couches du corps de chaussée	83
<b>Figure n°18</b> : Matériels d'essai teneur en eau	89
<b>Figure n°19</b> : Analyse granulométrique	90
<b>Figure n°20</b> : Tamisage électrique et manuel	91
<b>Figure n°21</b> : Méthode d'essai	92
<b>Figure n°22</b> : Mode opératoire 01	92
<b>Figure n°23</b> : Mode opératoire 2	93
<b>Figure n°24</b> : Matériels utilisés dans l'essai équivalent de sable	95
<b>Figure n°25</b> : L'essai d'équivalent de sable	96
<b>Figure n°26</b> : Matériels utilisés	98
<b>Figure n°27</b> : Limite de plasticité	99
<b>Figure n°28</b> : Appareillage	100
<b>Figure n°29</b> : Tamisage de l'échantillon	101
<b>Figure n°30</b> : Pesé l'échantillon	101
<b>Figure n°31</b> : Mode opératoire de l'essai carbonate	101
<b>Figure n°32</b> : Modalité d'exécution des essais Proctor modifié	102
<b>Figure n°33</b> : Matériels de l'essai Proctor	103
<b>Figure n°34</b> : Les étapes de l'essai Proctor	104
<b>Figure n°35</b> : Matériels d'essai CBR	104
<b>Figure n°36</b> : Matériels d'essai CBR	106
<b>Figure n°37</b> : L'appareil de compacité (nucléo-densimètre)	108
<b>Figure n°38</b> : Exemple d'un essai de carottage	110

<b>Figure n°39</b> :Flèche de sélection	122
<b>Figure n°40</b> :Marque sur la chaussée	123
<b>Figure n°41</b> :Flèche de rabattement	123
<b>Figure n°42</b> :Schéma de signalisation stop sur chaussée	124
<b>Figure n°43</b> :Schémas de marquage par hachures (sur le nez d'îlot)	124
<b>Figure n°44</b> :Panneaux spéciaux (type A).	127
<b>Figure n°45</b> :Les signaux d'identification des routes (type E)	128
<b>Figure n°46</b> :Paramètres de l'implantation des luminaires	129

# Liste des tableaux

<b>Tableau n°1</b> : Dénivelé de chaque profil	11
<b>Tableau n°2</b> :Détermination de la nature des terrains	19
<b>Tableau n°3</b> :Sinuosité	20
<b>Tableau n°4</b> :Environnement de la route	20
<b>Tableau n°5</b> :Vitesse de référence	22
<b>Tableau n°6</b> :Valeurs du coefficient P	26
<b>Tableau n°7</b> :Valeurs de K1 en fonction de l'environnement	27
<b>Tableau n°8</b> :Valeurs de K2 en fonction de l'environnement	27
<b>Tableau n°9</b> :Valeurs de la capacité théorique	28
<b>Tableau n°10</b> :Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40	31
<b>Tableau n°11</b> :Les valeurs du temps et de perception réaction t en fonction de E, CAT et Vr	32
<b>Tableau n°12</b> :Lois de distance d'arrêt	33
<b>Tableau n°13</b> :Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse	34
<b>Tableau n°14</b> :Devers en fonction de l'environnement	41
<b>Tableau n°15</b> :Dévers [Normes B40]	42
<b>Tableau n°16</b> :Valeur du coefficient $f_t$	43
<b>Tableau n°17</b> :Valeur du coefficient « F'' »	43
<b>Tableau n°18</b> :Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques	43
<b>Tableau n°19</b> :Les rayons en plan selon [Normes B40]	44
<b>Tableau n°20</b> : Coordonnées des points aux sommets	50
<b>Tableau n°21</b> :Valeur de déclivité maximale [Normes B40]	57
<b>Tableau n°22</b> :Rayons convexes (angle saillant) [Normes B40]	60
<b>Tableau n°23</b> :Rayons concaves (angle rentrant)	60
<b>Tableau n°24</b> :Valeurs de la tangente et de la flèche	64
<b>Tableau n°25</b> :Coefficient d'équivalence des matériaux	81
<b>Tableau n°26</b> :Nature du sol en fonction d'E.S	96
<b>Tableau n°27</b> :Qualification des horizons en fonction de leur teneur en calcaire total selon le GEPPA	10
<b>Tableau n°28</b> :Modulation de la ligne continue	123

## 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 présent une étude Géotechnique et géométrique de La pénétrante de Relizane lot 2 du (PK 12+000 au PK 18+000).

Cette étude se compose de deux parties :

- La première partie : étude bibliographique des roades.
- La deuxième partie : étude géométrique et géotechnique.
- Mots clés : pénétrante rélizane ; étude géotechnique ; étude géométrique ; infrastucture

## Summary

Our Project of end of study return 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 penetrating of Relizane (PK 12+000 to PK 18+000).

This study consists of three parts :

- The first part: bibliographical study of ring roads.
- The second part: geometric study and geotechnical.
- key words : the infrastructures of transport ; study geotechnical, study geometrical ; the penetrating of relizane.

## ملخص

يقع مشروع نهاية دراستنا في مجال البنية التحتية للنقل ، ولا سيما الطرق. يعتبر الطريق عنصرا فعالا يربط بين مختلف مناطق الدولة ويساهم في تنميتها من خلال الأنشطة الاقتصادية المختلفة والتجارة.

يقدم هذا المشروع دراسة جيوتقنية وهندسية للطريق السيار غليزان ( النقطة الكيلو مترية 12+000 إلى النقطة الكيلو مترية 18+000 ).

تتكون هذه الدراسة من جزأين :

• الجزء الأول : دراسة بيبليوغرافية. للممر الجانبي

• الجزء الثاني : دراسة هندسية

• الكلمات المفتاحية : البنية التحتية ؛ دراسة جيوتقنية ؛ دراسة هندسية ؛ الطريق السيار غليزان.

## **ABRIVIATIONS:**

**BBME:** Béton bitumineux à module élevé.

**EME 2 :** Enrobé à module élevé classe 2

**GNT :** Grave non traité

**GB :** Grave bitume.

**BB :** Béton bitumineux.

**GBA :** Glissière simple en béton adhérent.

**DBA :** Double béton adhérent.

**AD :** Alignement droit.

**RHm :** rayon horizontal minimal absolu

**RHn :** Rayon minimal normal.

**RHd :** Rayon au devers minimal.

**RHnd :** Rayon minimal non déversé.

**RVm :** Rayon vertical minimal absolu.

**RVn :** Rayon vertical normal.

## Sommaire

<b>Chapitre I Présentation du projet</b>	
I.1. INTRODUCTION	2
I.2. OBJECTIF DU PROJET	2
I.3. DEFINITION DE L'AUTOROUTE EST – OUEST	2
I.4. PRESENTATION DE WILAYA mostaganem & rélizan	3
I.5. Situation de la région d'étude	4
I.6 Description de la zone d'étude	7
I.7 Conclusion	8
<b>Chapitre II Normes géométriques et données de base</b>	
II.1. Généralités	10
II.2. Environnement de la route	10
II.3. Catégorie de la route	21
II.4. La vitesse de référence	21
<b>Chapitre III Etude du trafic</b>	
III.1. Généralités	24
III.2. Différents types de trafics	24
III.3. Analyse du trafic	25
III.4. Calcul de la capacité	25
III.5. Calcul du trafic effectif	26
III.6. Débit de pointe horaire normal	26
III.7. Débit horaire admissible	27
III.8. Application au projet	28
<b>Chapitre IV Paramètre cinématique</b>	
IV.1. Distance de freinage	30
IV.2. Temps de réaction	31
IV.3. Distance d'arrêt	33
IV.4. Manœuvre de dépassement	34
IV.5. Espacement entre deux véhicules	35
IV.6. Application au projet	35
<b>Chapitre V Tracé en plan</b>	
V.1. Introduction	38
V.2. La vitesse de référence (de base)	38
V.3. Paramètres fondamentaux (B40)	38
V.4. Règles et principes du tracé en plan	39
V.5. Les éléments du tracé en plan	39
V.6. Courbes en plan	41
V.7. courbes de raccordements	45
V.8. Exemple de calcul manuel d'axe de la trace en plan	50
<b>Chapitre VI Profil en long</b>	
VI.1. Définition	56
VI.2. Règles à respecter dans le tracé de la ligne rouge	56
VI.3. Eléments de composition du profil en long	56

VI.4. Coordination entre le tracé en plan et le profil en long	57
VI.5. Déclivité	57
VI.6. Les raccordements en profil en long	58
VI.7. Détermination pratique du profil en long	60
VI.8. Exemple de calcul du profil en long	63
<b>Chapitre VII Profil en travers</b>	
VII.1. Généralités	66
VII.2. Les éléments du profil en travers	66
VII.3. Classification du profil en travers	68
VII.4. Application numérique au projet	68
<b>Chapitre VIII Cubature</b>	
VIII.1. Généralités	71
VIII.2. Définition	71
VIII.3. Méthode de calcul des cubatures	71
VIII.4. Application au projet	74
<b>Chapitre IX Dimensionnement de corps de chaussée</b>	
IX.1. Introduction	76
IX.2. La chaussée	77
IX.3. Les différentes catégories de chaussée	78
IX.4. Les principales méthodes de dimensionnement	79
IX.5. Application au projet	81
<b>Chapitre X Etude géotechnique</b>	
X.1 Introduction	85
X.2 Objectif de la géotechnique routière	85
X.3 Moyens de reconnaissance	85
X.4 Réglementation algérienne en géotechnique	86
X.5 Les essais en géotechnique	86
X.5.1 Essais physiques	87
X.5.2 Essais mécaniques	102
X.5.3 Essais chimiques	107
X.5.4 Essais des Enrobées	108
<b>Chapitre XI Assainissement</b>	
XI.1. Généralités	112
XI.2. Objectif de l'assainissement	112
XI.3. Assainissement de la chaussée	113
XI.4. Définitions des termes hydrauliques	114
<b>Chapitre XII Signalisation et éclairage</b>	
XII.1.1 Signalisation	117
XII.1.2 Objectifs de signalisation routière	117
XII.1.3 Critères à respecter pour les signalisations	117
XII.1.4 type de signalisation	117
XII.1.5 Application au projet	122
XII.2.1 Eclairage	128
XII.2.2 Catégorie d'éclairage	128

XII.2.3 Paramètres d'implantation des luminaires	129
XII.2.4 Eclairage d'un point singulier	130
<b>Chapitre XIII Impact sur l'environnement</b>	
XIII.1. Impacts du projet sur l'environnement	132
XIII.2. Mesures d'atténuation	132
XIV. Devis quantitatif et estimatif	133
<b>Conclusion générale</b>	134
<b>Bibliographie</b>	
<b>Annexes</b>	

# **Chapitre I**

## **Présentation du projet**

# **PRÉSENTATION DE PROJET**

### **1. INTRODUCTION :**

Le projet autoroutière reliant l' autoroute Est – Ouest à projet projeté auto-route haute-plateau ville de Tiaret qui s'inscrit dans les grandes orientations du Schéma Directeur du Réseau Routier National, dans le Plan National d'Aménagement du Territoire des wilaya qui concernent ce projet, qui retiennent la nécessité d'une infrastructure moderne Nord – Sud.

### **2. OBJECTIF DU PROJET:**

L'objet de la présente étude est de chercher d'un nouvelle tracé qui commence fin pénétrante mostaganem-l' autoroute Est – Ouest dans le gératoire de Elhmadna vers Tiaret, il reste plus proche de la route RN 23. Et de s'approcher des grandes agglomérations de la région capables d'attirer des volumes de trafic plus importants assurant ainsi une meilleure liaison entre Limite de wilaya de relizane et l' autoroute Est-Ouest.

### **3. L'AUTOROUTE EST – OUEST :**

L'Autoroute Est – Ouest est une infrastructure située dans la partie nord du pays parcourant (depuis sa frontière Marocaine, côté Ouest, jusqu'à celle de la Tunisie, côté Est.) toute la largeur du pays, soit une distance de 1 216 kilomètres. Elle fait partie du programme de relance économique et sociale, à construire en site vierge, qui permet de régler les problèmes de congestion sur le réseau routier existant et de réduire le taux d'accidents. Elle constitue à moyen terme le trait d'union du Maghreb et plus tard, la ceinture rive sud de la méditerranée.

### **4. PESRNTATION DE WILAYA :**

#### **4. 1 WILAYA DE TIARET:**

Tiaret (en arabe : تيارت / تاهرت ; en berbère : Tahert ou Tihert, ⵜⴰⵎⴰⵔⵜ, "Lionne") est une ville importante dans le nord-ouest de l'Algérie qui a donné son nom à l'immense région agricole de la wilaya de Tiaret. La ville et la région se trouvent au sud-est d'Oran et au sud-ouest de la capitale d'Alger, dans la région occidentale des hautes plaines, dans l'Atlas tellien et à environ 150 km de la côte méditerranéenne. Elles sont desservies par l'aéroport Abdelhafid Boussouf Bou Chekif.

## Chapitre I: Présentation du projet

Située à proximité de la cité médiévale de Tahert, la ville va renaître grâce à l'émir Abdelkader qui en a fait l'une de ses capitales dans sa lutte contre les occupants français.



**Fig1.** Wilaya de TIARET

### 4.2 WILAYA DE RELIZANE :

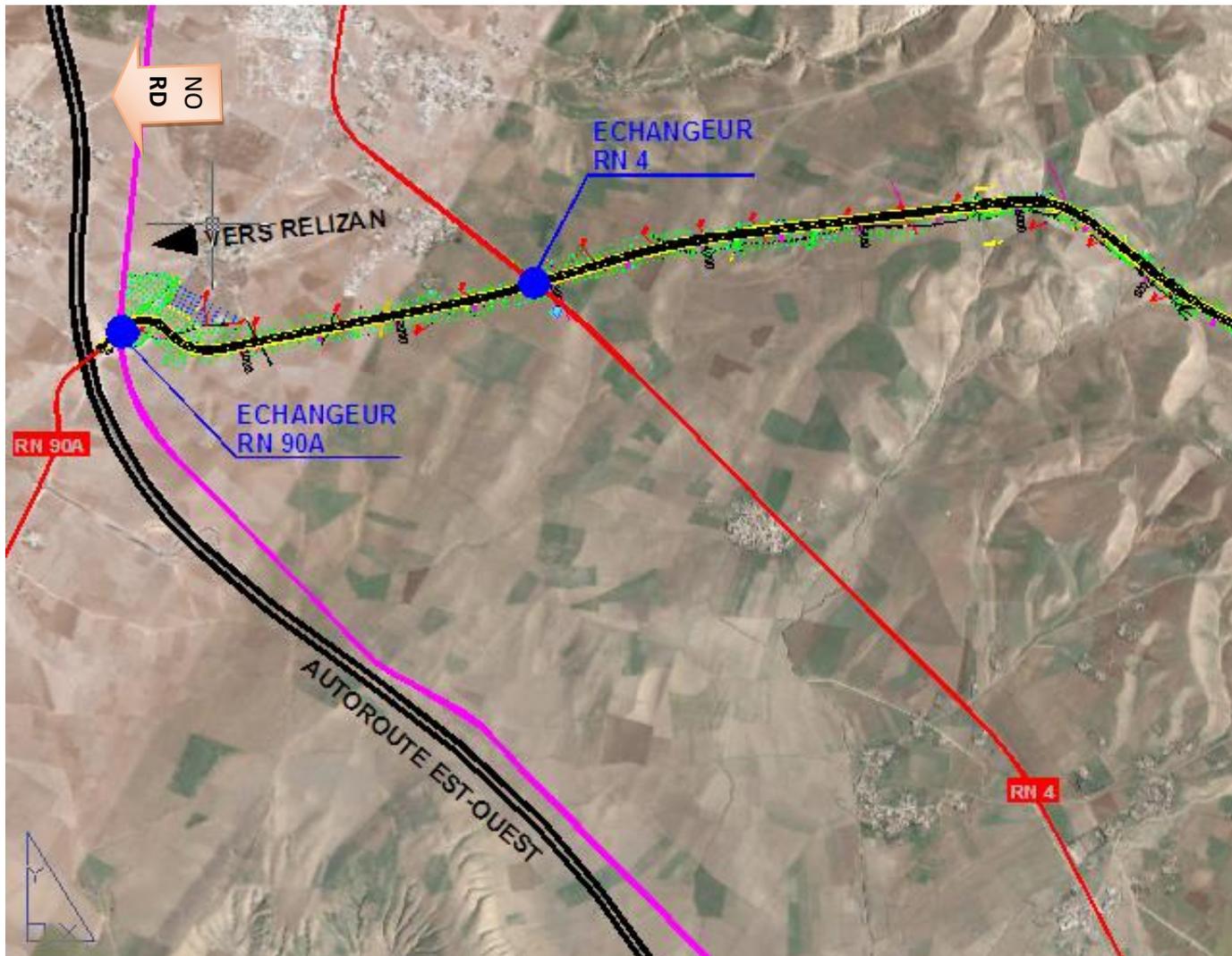
Relizane est située au Nord-Ouest de pays. constituée des wilayas de Mostaganem et chlef, mascara et Tiaret, Tissemsilt.

Relizane Situé dans la zone de plaine bas Chlef et Mina les plus riches, la vocation principale de la région reste agricole.Situé à 280 km à l'ouest d'Alger, au l'est d'Oran à 135 km, au Nord-ouest de Tiaret à 80 km, au Sud de Mascara 70 km.



## Chapitre I: Présentation du projet

Cette partie s'intéresse à la localisation et la description de la zone d'étude, ainsi qu'à l'aspect topographique, climatique géologique, pédologique, hydrologique et hydrogéologique. Cette description est basée sur les informations recueillies sur site et sur la cartographie disponible.



**Fig3.** Situation de couloire

### 6. Description de la zone d'étude :

#### 6.1 Topographie et relief :

La plaine représente environ 30 % de la superficie totale de toute la wilaya. En plus on note l'existence de glacis, de terrasses et de dépressions. La plaine couvre les communes de Sidi Khettab, Sirat, El H'amadna. Elle est traversé par l'oued Chelif et l'oued Mina et se caractérise par la dépression de Sebkhia Benziane.

### 6.2 Climat :

La région de Relizane est une de celle qui a (en Algérie du Nord) le climat le plus aride compte tenu de sa proximité à la mer. Les hauteurs de pluies sont inférieures à 400 m/m dans les plaines (Relizane, 320 m/m). Les moyennes des maxima du mois le plus chaud sont de 38°.

### 6.3 Géologie et pédologie :

Située dans la partie occidentale de l'Algérie, la zone étudiée montre les unités fondamentales du domaine externe de la chaîne alpine en Afrique du Nord. Elle fait partie intégrante du domaine tellien très complexe, qui comporte des reliefs à alignement parallèle au littoral. Ces reliefs sont fragiles, sensibles à l'érosion, en raison de leur lithologie où dominant les sables, les marnes et les argiles.

Plus précisément, notre région d'étude s'intègre paléo géographiquement dans le "Bassin du Bas Chélif. Ce dernier correspond à une cuvette intra-montagneuse développée postérieurement à la phase de structuration majeure du domaine tellien - segment de la chaîne alpine d'Afrique du Nord – et qui constitue un bassin tardiorogénique. Leur remplissage a été assuré par une série sédimentaire matérialisée par une grande diversité de faciès (détritique, carbonaté organique et évaporitique) tant en milieu marin ou continental et mesurant 5000 à 6000m dans les zones les plus subsidentes. Il est étroitement lié à l'orogénèse alpine, ce qui leur confère un caractère intra-montagneux et explique la diversité de leurs dépôts qui reposent généralement en discordance sur un substratum schisto-gréso-calcaire plissé. Le bassin du Bas Chélif occupe une aire de 300Km de long et sur près de 100Km de large entre 1°W et 2°E.

### 6.4 Hydrographie :

Du point de vue hydrographique, la zone d'étude fait partie du sous bassin versant du Bas – Chléf et de la Mina.

- L'oued Chléf qui traverse la wilaya d'Est dans sa partie centrale et continue vers la wilaya de Mostaganem .
- L'oued Mina qui traversant la wilaya du Sud vers le Nord et déversent dans l'oued Chléf.

## Chapitre I: Présentation du projet

---

La wilayas de Relizane disposent de trois barrages d'une capacité globale de 750 Millions de mètres cubes situés respectivement :

- Barrage Essaada situé dans la commune de Sidi M'Hmed Ben Aouda d'une capacité de 250 Millions de m<sup>3</sup>.
- Barrage de Gargar situé dans la commune d'Oued rhiou d'une capacité de 450 Millions de m<sup>3</sup>.
- Merdja situé dans la commune de Merdjet Sidi El Abed d'une capacité de 50 Millions de m<sup>3</sup>.

### 6.5 Hydrogéologie :

En se basant sur la structure géologique, notamment la lithologie on peut citer les zones suivantes comme étant des zones à fortes potentialités. Il s'agit des :

- Affleurements des alluvions de la plaine et les vallées principales et secondaires .
- Affleurement des calcaires, grés et dolomies dans les zones montagneuses.

Totalisant 50 Hm<sup>3</sup>/an produisant 19,27 Hm<sup>3</sup>/an considérés comme étant le minimum exploitable. Pour l'exploitation de ces nappes, en 1998 la wilaya comptait, 86 forages à travers les communes.

### 6.6 Végétation naturelle et forêts:

La couverture forestière dans la wilaya de Relizane est évaluée à 51800 ha les espèces communes dans ces milieux boisés sont le genévrier, le thuya, le pin d'Alep Disposant des mêmes conditions lithologiques, climatiques et orographiques, notamment au nord et sud de la wilaya.

### 6.7 infrastructures :

#### ▪ Le réseau routier :

La zone d'étude enregistre un réseau routier avec des axes de différentes catégories entres routes nationale et chemins wilaya, dont :

la **RN 04** qui traversent le chef-lieu Est au Ouest de la wilaya de Relizane passant par les commune de oued rhiou, Oued Eldjema, Elhmadna, chef-lieu de wilaya, Yellel, Elmatmar,

## Chapitre I: Présentation du projet

---

la **RN 23** traverse les commune de la wilaya de Relizane yellel, Zemmoura, Mendes, Oued Essalam.

la **RN 90 A** traversé les agglomérations de sidi khattab , Elhmadna.

Par ailleurs, ces routes sont reliées aux chefs-lieux des villes et villages par des chemins de Wilaya.

### **7. Conclusion :**

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

La problématique qui est base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant, soit pas défaut, soit pas saturation. Il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes.

D'où l'importance de notre étude, qui consiste à faire l'étude d'un tronçon de 06 KM de la pénétrante autoroutière sud qui reliant la wilaya de Tiaret à l'autoroute Est-Ouest sur 70 KM.

La pénétrante autoroutière rentre dans le cadre des mégas projet initié par l'état Algérien visant à prévoir un aménagement à long terme et dans le but de faire face à une demande de plus en plus croissante. L'objet de projet est de déterminer la faisabilité et l'opportunité d'un aménagement visant à relier la ville de TIARET à l'autoroute Est-ouest sans toucher aux réseaux existant et en évitent toutes les agglomérations.

## **Chapitre II**

### **Normes géométriques**

#### **et données de base**

### Généralités :

L'exécution de chaque projet routier doit être précédée par une reconnaissance du terrain, à ce niveau sa concert le rôle de l'étude géotechnique soit pour prévoir les matériaux et les méthodes adéquats aux travaux de terrassement dans la phase d'exécution. Pour déterminé l'environnement de la route on doit ce referait au norme de la B40.

### Environnement de la route

La B40 (norme technique d'aménagement des routes algériennes) propose trois environnements (E1, E2, E3) chaque classe d'environnement est caractérisée par deux indicateurs à savoir :

La dénivelée cumulée moyenne (H/L=DC).

La sinuosité  $\sigma$

**La dénivelée cumulée moyenne :** c'est la somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées long de l'itinéraire. Le rapport de la dénivelée cumulées totales H à la longueur de l'itinéraire L permet de mesure la longitudinal du relief.

$$D_c = \frac{|\sum_{P_i > 0} P_i L_i + \sum_{P_i < 0} P_i L_i|}{L}$$

P : pente du terrain

L : longueur de l'itinéraire ( $L=L_1+L_2+L_3+ \dots L_n$ ).

### Calcul de la dénivelée cumulée moyenne :

### Tableau :

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

---

<b>PT N°</b>	<b>PK</b>	<b>distance entre profil</b>	<b>Z terrain naturel</b>	<b>DH(m)</b>
<b>PT-503</b>	12000,000	0,000	254,848	0,000
<b>PT-504</b>	12025,000	25,000	256,106	1,258
<b>PT-505</b>	12050,000	25,000	256,668	0,562
<b>PT-506</b>	12075,000	25,000	257,449	0,781
<b>PT-507</b>	12100,000	25,000	257,751	0,302
<b>PT-508</b>	12125,000	25,000	258,255	0,504
<b>PT-509</b>	12150,000	25,000	258,982	0,727
<b>PT-510</b>	12175,000	25,000	259,922	0,940
<b>PT-511</b>	12200,000	25,000	260,942	1,020
<b>PT-512</b>	12225,000	25,000	262,076	1,134
<b>PT-513</b>	12250,000	25,000	263,055	0,979
<b>PT-514</b>	12250,382	0,382	263,004	-0,051
<b>PT-515</b>	12275,000	24,618	264,400	1,396
<b>PT-516</b>	12300,000	25,000	265,617	1,217
<b>PT-517</b>	12325,000	25,000	266,667	1,050
<b>PT-518</b>	12350,000	25,000	267,516	0,849
<b>PT-519</b>	12375,000	25,000	268,056	0,540
<b>PT-520</b>	12382,124	7,124	268,252	0,196
<b>PT-521</b>	12400,000	17,876	269,599	1,347
<b>PT-522</b>	12425,000	25,000	271,374	1,775
<b>PT-523</b>	12450,000	25,000	272,470	1,096
<b>PT-524</b>	12475,000	25,000	272,766	0,296
<b>PT-525</b>	12500,000	25,000	272,294	-0,472
<b>PT-526</b>	12525,000	25,000	271,299	-0,995
<b>PT-527</b>	12550,000	25,000	270,413	-0,886
<b>PT-528</b>	12575,000	25,000	269,715	-0,698
<b>PT-529</b>	12600,000	25,000	269,904	0,189
<b>PT-530</b>	12625,000	25,000	271,023	1,119
<b>PT-531</b>	12650,000	25,000	272,271	1,248
<b>PT-532</b>	12675,000	25,000	273,551	1,280

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

---

<b>PT-533</b>	12700,000	25,000	274,483	0,932
<b>PT-534</b>	12725,000	25,000	276,350	1,867
<b>PT-535</b>	12750,000	25,000	278,176	1,826
<b>PT-536</b>	12775,000	25,000	279,494	1,318
<b>PT-537</b>	12800,000	25,000	280,938	1,444
<b>PT-538</b>	12825,000	25,000	282,672	1,734
<b>PT-539</b>	12850,000	25,000	284,036	1,364
<b>PT-540</b>	12875,000	25,000	284,692	0,656
<b>PT-541</b>	12900,000	25,000	285,354	0,662
<b>PT-542</b>	12925,000	25,000	284,839	-0,515
<b>PT-543</b>	12950,000	25,000	283,831	-1,008
<b>PT-544</b>	12975,000	25,000	282,684	-1,147
<b>PT-545</b>	13000,000	25,000	281,621	-1,063
<b>PT-546</b>	13025,000	25,000	282,029	0,408
<b>PT-547</b>	13050,000	25,000	283,220	1,191
<b>PT-548</b>	13075,000	25,000	284,785	1,565
<b>PT-549</b>	13100,000	25,000	286,636	1,851
<b>PT-550</b>	13125,000	25,000	288,191	1,555
<b>PT-551</b>	13150,000	25,000	289,174	0,983
<b>PT-552</b>	13175,000	25,000	290,048	0,874
<b>PT-553</b>	13200,000	25,000	290,702	0,654
<b>PT-554</b>	13225,000	25,000	290,749	0,047
<b>PT-555</b>	13250,000	25,000	289,985	-0,764
<b>PT-556</b>	13275,000	25,000	289,315	-0,670
<b>PT-557</b>	13300,000	25,000	288,412	-0,903
<b>PT-558</b>	13325,000	25,000	286,894	-1,518
<b>PT-559</b>	13350,000	25,000	285,217	-1,677
<b>PT-560</b>	13375,000	25,000	284,999	-0,218
<b>PT-561</b>	13400,000	25,000	285,450	0,451
<b>PT-562</b>	13425,000	25,000	286,737	1,287
<b>PT-563</b>	13450,000	25,000	288,877	2,140
<b>PT-564</b>	13475,000	25,000	292,016	3,139

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

---

<b>PT-565</b>	13500,000	25,000	294,279	2,263
<b>PT-566</b>	13525,000	25,000	296,302	2,023
<b>PT-567</b>	13550,000	25,000	297,552	1,250
<b>PT-568</b>	13575,000	25,000	298,009	0,457
<b>PT-569</b>	13600,000	25,000	298,042	0,033
<b>PT-570</b>	13625,000	25,000	297,962	-0,080
<b>PT-571</b>	13650,000	25,000	297,814	-0,148
<b>PT-572</b>	13675,000	25,000	297,821	0,007
<b>PT-573</b>	13700,000	25,000	298,053	0,232
<b>PT-574</b>	13725,000	25,000	298,056	0,003
<b>PT-575</b>	13750,000	25,000	298,400	0,344
<b>PT-576</b>	13775,000	25,000	298,706	0,306
<b>PT-577</b>	13800,000	25,000	299,091	0,385
<b>PT-578</b>	13825,000	25,000	299,744	0,653
<b>PT-579</b>	13850,000	25,000	300,577	0,833
<b>PT-580</b>	13875,000	25,000	302,005	1,428
<b>PT-581</b>	13900,000	25,000	302,937	0,932
<b>PT-582</b>	13925,000	25,000	303,013	0,076
<b>PT-583</b>	13950,000	25,000	302,045	-0,968
<b>PT-584</b>	13975,000	25,000	300,192	-1,853
<b>PT-585</b>	14000,000	25,000	297,920	-2,272
<b>PT-586</b>	14005,215	5,215	296,647	-1,273
<b>PT-587</b>	14019,917	14,702	296,881	0,234
<b>PT-588</b>	14025,000	5,083	297,135	0,254
<b>PT-589</b>	14050,000	25,000	298,688	1,553
<b>PT-590</b>	14075,000	25,000	299,743	1,055
<b>PT-591</b>	14100,000	25,000	300,879	1,136
<b>PT-592</b>	14125,000	25,000	303,355	2,476
<b>PT-593</b>	14150,000	25,000	302,604	-0,751
<b>PT-594</b>	14175,000	25,000	300,542	-2,062
<b>PT-595</b>	14200,000	25,000	297,326	-3,216
<b>PT-596</b>	14225,000	25,000	292,651	-4,675

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

---

<b>PT-597</b>	14245,881	20,881	287,800	-4,851
<b>PT-598</b>	14250,000	4,119	289,832	2,032
<b>PT-599</b>	14275,000	25,000	293,791	3,959
<b>PT-600</b>	14300,000	25,000	296,498	2,707
<b>PT-601</b>	14325,000	25,000	297,889	1,391
<b>PT-602</b>	14350,000	25,000	299,280	1,391
<b>PT-603</b>	14375,000	25,000	298,916	-0,364
<b>PT-604</b>	14400,000	25,000	296,834	-2,082
<b>PT-605</b>	14425,000	25,000	293,670	-3,164
<b>PT-606</b>	14425,641	0,641	293,402	-0,268
<b>PT-607</b>	14450,000	24,359	297,383	3,981
<b>PT-608</b>	14475,000	25,000	296,899	-0,484
<b>PT-609</b>	14500,000	25,000	299,846	2,947
<b>PT-610</b>	14525,000	25,000	299,971	0,125
<b>PT-611</b>	14550,000	25,000	294,063	-5,908
<b>PT-612</b>	14575,000	25,000	295,172	1,109
<b>PT-613</b>	14600,000	25,000	295,661	0,489
<b>PT-614</b>	14625,000	25,000	294,277	-1,384
<b>PT-615</b>	14650,000	25,000	292,949	-1,328
<b>PT-616</b>	14675,000	25,000	291,455	-1,494
<b>PT-617</b>	14700,000	25,000	289,880	-1,575
<b>PT-618</b>	14725,000	25,000	287,163	-2,717
<b>PT-619</b>	14750,000	25,000	284,350	-2,813
<b>PT-620</b>	14775,000	25,000	281,847	-2,503
<b>PT-621</b>	14800,000	25,000	280,044	-1,803
<b>PT-622</b>	14825,000	25,000	278,064	-1,980
<b>PT-623</b>	14850,000	25,000	276,213	-1,851
<b>PT-624</b>	14875,000	25,000	274,937	-1,276
<b>PT-625</b>	14900,000	25,000	273,066	-1,871
<b>PT-626</b>	14925,000	25,000	271,740	-1,326
<b>PT-627</b>	14950,000	25,000	270,254	-1,486
<b>PT-628</b>	14975,000	25,000	268,439	-1,815

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

---

<b>PT-629</b>	15000,000	25,000	267,075	-1,364
<b>PT-630</b>	15025,000	25,000	265,349	-1,726
<b>PT-631</b>	15050,000	25,000	263,820	-1,529
<b>PT-632</b>	15075,000	25,000	262,217	-1,603
<b>PT-633</b>	15100,000	25,000	260,893	-1,324
<b>PT-634</b>	15125,000	25,000	259,354	-1,539
<b>PT-635</b>	15150,000	25,000	256,781	-2,573
<b>PT-636</b>	15175,000	25,000	255,326	-1,455
<b>PT-637</b>	15200,000	25,000	253,124	-2,202
<b>PT-638</b>	15225,000	25,000	249,299	-3,825
<b>PT-639</b>	15250,000	25,000	245,411	-3,888
<b>PT-640</b>	15275,000	25,000	242,074	-3,337
<b>PT-641</b>	15297,484	22,484	232,209	-9,865
<b>PT-642</b>	15300,000	2,516	233,565	1,356
<b>PT-643</b>	15325,000	25,000	243,881	10,316
<b>PT-644</b>	15350,000	25,000	246,516	2,635
<b>PT-645</b>	15375,000	25,000	247,807	1,291
<b>PT-646</b>	15400,000	25,000	246,733	-1,074
<b>PT-647</b>	15425,000	25,000	242,151	-4,582
<b>PT-648</b>	15450,000	25,000	237,828	-4,323
<b>PT-649</b>	15475,000	25,000	234,345	-3,483
<b>PT-650</b>	15500,000	25,000	231,744	-2,601
<b>PT-651</b>	15525,000	25,000	230,068	-1,676
<b>PT-652</b>	15550,000	25,000	224,410	-5,658
<b>PT-653</b>	15575,000	25,000	217,187	-7,223
<b>PT-654</b>	15576,524	1,524	216,674	-0,513
<b>PT-655</b>	15600,000	23,476	225,757	9,083
<b>PT-656</b>	15625,000	25,000	228,596	2,839
<b>PT-657</b>	15650,000	25,000	229,142	0,546
<b>PT-658</b>	15675,000	25,000	229,836	0,694
<b>PT-659</b>	15700,000	25,000	229,365	-0,471
<b>PT-660</b>	15715,682	15,682	229,751	0,386

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

---

<b>PT-661</b>	15725,000	9,318	231,638	1,887
<b>PT-662</b>	15750,000	25,000	232,411	0,773
<b>PT-663</b>	15775,000	25,000	232,898	0,487
<b>PT-664</b>	15798,509	23,509	231,925	-0,973
<b>PT-665</b>	15800,000	1,491	232,359	0,434
<b>PT-666</b>	15825,000	25,000	234,453	2,094
<b>PT-667</b>	15850,000	25,000	237,734	3,281
<b>PT-668</b>	15875,000	25,000	242,971	5,237
<b>PT-669</b>	15900,000	25,000	246,078	3,107
<b>PT-670</b>	15925,000	25,000	246,408	0,330
<b>PT-671</b>	15950,000	25,000	247,079	0,671
<b>PT-672</b>	15975,000	25,000	247,941	0,862
<b>PT-673</b>	16000,000	25,000	248,480	0,539
<b>PT-674</b>	16025,000	25,000	249,186	0,706
<b>PT-675</b>	16050,000	25,000	249,767	0,581
<b>PT-676</b>	16075,000	25,000	250,352	0,585
<b>PT-677</b>	16100,000	25,000	245,953	-4,399
<b>PT-678</b>	16125,000	25,000	240,458	-5,495
<b>PT-679</b>	16150,000	25,000	235,315	-5,143
<b>PT-680</b>	16175,000	25,000	228,378	-6,937
<b>PT-681</b>	16200,000	25,000	225,400	-2,978
<b>PT-682</b>	16225,000	25,000	223,096	-2,304
<b>PT-683</b>	16229,489	4,489	220,781	-2,315
<b>PT-684</b>	16250,000	20,511	225,522	4,741
<b>PT-685</b>	16275,000	25,000	231,912	6,390
<b>PT-686</b>	16300,000	25,000	236,712	4,800
<b>PT-687</b>	16325,000	25,000	236,855	0,143
<b>PT-688</b>	16350,000	25,000	236,648	-0,207
<b>PT-689</b>	16375,000	25,000	237,060	0,412
<b>PT-690</b>	16400,000	25,000	237,471	0,411
<b>PT-691</b>	16425,000	25,000	237,993	0,522
<b>PT-692</b>	16450,000	25,000	238,419	0,426

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

---

<b>PT-693</b>	16475,000	25,000	238,980	0,561
<b>PT-694</b>	16500,000	25,000	239,713	0,733
<b>PT-695</b>	16525,000	25,000	240,805	1,092
<b>PT-696</b>	16550,000	25,000	242,346	1,541
<b>PT-697</b>	16575,000	25,000	243,604	1,258
<b>PT-698</b>	16600,000	25,000	245,381	1,777
<b>PT-699</b>	16625,000	25,000	246,882	1,501
<b>PT-700</b>	16650,000	25,000	248,784	1,902
<b>PT-701</b>	16675,000	25,000	251,257	2,473
<b>PT-702</b>	16700,000	25,000	253,878	2,621
<b>PT-703</b>	16725,000	25,000	255,548	1,670
<b>PT-704</b>	16750,000	25,000	257,746	2,198
<b>PT-705</b>	16775,000	25,000	259,690	1,944
<b>PT-706</b>	16800,000	25,000	261,547	1,857
<b>PT-707</b>	16825,000	25,000	263,085	1,538
<b>PT-708</b>	16850,000	25,000	264,252	1,167
<b>PT-709</b>	16875,000	25,000	265,216	0,964
<b>PT-710</b>	16900,000	25,000	266,109	0,893
<b>PT-711</b>	16925,000	25,000	266,702	0,593
<b>PT-712</b>	16950,000	25,000	266,669	-0,033
<b>PT-713</b>	16975,000	25,000	265,954	-0,715
<b>PT-714</b>	17000,000	25,000	263,969	-1,985
<b>PT-715</b>	17025,000	25,000	262,571	-1,398
<b>PT-716</b>	17050,000	25,000	261,661	-0,910
<b>PT-717</b>	17075,000	25,000	261,272	-0,389
<b>PT-718</b>	17100,000	25,000	261,043	-0,229
<b>PT-719</b>	17125,000	25,000	260,837	-0,206
<b>PT-720</b>	17150,000	25,000	260,226	-0,611
<b>PT-721</b>	17175,000	25,000	259,402	-0,824
<b>PT-722</b>	17200,000	25,000	258,805	-0,597
<b>PT-723</b>	17225,000	25,000	257,944	-0,861
<b>PT-724</b>	17250,000	25,000	256,834	-1,110

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

---

<b>PT-725</b>	17275,000	25,000	255,619	-1,215
<b>PT-726</b>	17300,000	25,000	254,040	-1,579
<b>PT-727</b>	17325,000	25,000	253,000	-1,040
<b>PT-728</b>	17337,314	12,314	251,774	-1,226
<b>PT-729</b>	17350,000	12,686	253,329	1,555
<b>PT-730</b>	17375,000	25,000	255,013	1,684
<b>PT-731</b>	17400,000	25,000	256,163	1,150
<b>PT-732</b>	17425,000	25,000	256,236	0,073
<b>PT-733</b>	17450,000	25,000	256,197	-0,039
<b>PT-734</b>	17475,000	25,000	256,647	0,450
<b>PT-735</b>	17500,000	25,000	256,207	-0,440
<b>PT-736</b>	17525,000	25,000	254,832	-1,375
<b>PT-737</b>	17550,000	25,000	253,302	-1,530
<b>PT-738</b>	17575,000	25,000	253,066	-0,236
<b>PT-739</b>	17600,000	25,000	252,909	-0,157
<b>PT-740</b>	17614,838	14,838	251,948	-0,961
<b>PT-741</b>	17625,000	10,162	253,701	1,753
<b>PT-742</b>	17650,000	25,000	255,216	1,515
<b>PT-743</b>	17675,000	25,000	256,429	1,213
<b>PT-744</b>	17700,000	25,000	257,880	1,451
<b>PT-745</b>	17725,000	25,000	259,570	1,690
<b>PT-746</b>	17750,000	25,000	260,590	1,020
<b>PT-747</b>	17775,000	25,000	261,120	0,530
<b>PT-748</b>	17800,000	25,000	260,778	-0,342
<b>PT-749</b>	17825,000	25,000	261,263	0,485
<b>PT-750</b>	17850,000	25,000	261,400	0,137
<b>PT-751</b>	17875,000	25,000	262,571	1,171
<b>PT-752</b>	17900,000	25,000	263,440	0,869
<b>PT-753</b>	17925,000	25,000	264,061	0,621
<b>PT-754</b>	17950,000	25,000	264,430	0,369
<b>PT-755</b>	17975,000	25,000	264,869	0,439
<b>PT-756</b>	18000,000	25,000	265,515	0,646

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

	$\Sigma$	6000,000	$\Sigma$	10,667
--	----------	----------	----------	--------

Tableau n°1 : dénivelé de chaque profil.

Alors

$$H/L = 10.667/6000 = 0.0018$$

$$Dc = 0.18\%$$

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
1	Plat	$Dc < 1.5\%$
2a	Plat mais inondable	$Dc = 1.5\%$
2b	Terrain vallonné	$1.5\% < Dc \leq 4\%$
3	Terrain montagneux	$Dc > 4\%$

Tableau n°2 : Détermination de la nature des terrains.

Ce qui conduit à un terrain plat à partir du (tableau n° 2)

### Sinuosité :

La sinuosité  $\sigma$  d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse L 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.

### Calcul de la sinuosité :

$$\sigma = \frac{LS}{L}$$

Avec :

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

- $L_s$  : la somme des développées des rayons inférieurs ou égale à 200m ( $R \leq 200m$ ).
- $L$  : la longueur totale de la route.
- $L_s=0$  si aucun rayon n'est inférieur à 200m.

N°	Classification	Sinuosité
1	<b>Sinuosité faible</b>	<b><math>\sigma &lt; 0.10</math></b>
2	<b>Sinuosité moyenne</b>	<b><math>0.10 &lt; \sigma &lt; 0.30</math></b>
3	<b>Sinuosité forte</b>	<b><math>\sigma &gt; 0.30</math></b>

Tableau n°03 : Sinuosité.

Dans notre cas :

$L = 4000m$

$L_s = 0$

$\sigma = 0 \implies$  caractéristique d'une sinuosité faible (tableau4).

Sinuosité et relief	Faible	Moyenne	Forte
Plat	<b>E1</b>	<b>E2</b>	/
vallonné	<b>E2</b>	<b>E2</b>	<b>E3</b>
Montagneux	/	<b>E3</b>	<b>E3</b>

Tableau n°04 : Environnement de la route.

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

---

Les trois types d'environnement résultent du croisement des deux paramètres précédents selon le tableau ci-dessous :

Dans notre cas :

**Un terrain Plat /Une Sinuosité Faible /  
L'environnement de la route E1 (tableau 5)**

### II.3. Catégorie de la route :

Selon la B40 (norme technique d'aménagement des routes algériennes) les routes sont classées en Cinq catégories fonctionnelles, correspondants aux finalités économiques et administratives).

Les Cinq catégories de la route sont :

- **CAT 1** : Liaison entre les grands centres économiques.
- **CAT 2** : Liaison entre d'industrie de transformation et d'industrie légère.
- **CAT 3** : Liaison entre des chefs-lieux de wilaya et de daïras non desservie par le réseau de CAT1 et CAT 2.
- **CAT 4** : Liaison des centres de vie non relie au réseau de CAT 1-2-3.
- **CAT 5** : Routes et pistes non comprises dans les CAT précédentes.

**Dans le cas de notre projet, et après l'analyse des données il s'avère que  
La catégorie de notre projet rentre dans la CAT 1**

### II.4. La vitesse de référence :

La vitesse de référence représente la vitesse de circulation des véhicules sur une route à circulation normale et au-dessous de laquelle les véhicules rapides peuvent circuler normalement. Elle est déterminée en fonction de l'importance des liaisons assurées par la section de la route et par les conditions géographiques. La vitesse est donc en fonction de (catégories, environnement).

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

---

<b>Environnement Catégorie</b>	<b>E1</b>	<b>E 2</b>	<b>E3</b>
<b>CAT 1</b>	<b>120-100-80</b>	<b>100-80-60</b>	<b>80-60-40</b>
<b>CAT 2</b>	<b>120-100-80</b>	<b>100-80-60</b>	<b>80-60-40</b>
<b>CAT 3</b>	<b>120-100-80</b>	<b>100-80-60</b>	<b>80-60-40</b>
<b>CAT 4</b>	<b>100-80-60</b>	<b>80-60-40</b>	<b>60-40</b>
<b>CAT 5</b>	<b>80-60-40</b>	<b>60-40</b>	<b>40</b>

**Tableau n°05 : Vitesse de référence.**

Pour notre projet et après analyse des données il s'avère que  **$V_r = 100$  km/h.**

# **Chapitre III**

## **Etude du trafic**

### **III.1) Généralité :**

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

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

Cette conception repose, sur une partie « stratégie, planification », sur la prévision des trafics, sur les réseaux routiers, qui est nécessaire pour :

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

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

### **III.2) Différents types de trafic :**

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

## Chapitre III : Etude du trafic

---

### **III.3) Analyse des trafics existants :**

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.

#### **2.1- Mesure des trafics :**

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires :

✓ **Les acomptages**: permettent de quantifier le trafic.

✓ **Les enquêtes** : permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs.

**2.2- Comptages** : C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage :

✓ Les comptages manuels.

✓ Les comptages automatiques

**a) Comptages manuels** : Ils sont réalisés par les enquêteurs qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports en commun, Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A)

**b) 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.

**2.3 Enquêtes « origine-destination »** : Il est plus souvent opportun de compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, on peut recourir en fonction du besoin, à diverse méthodes, lorsque l'enquête est effectuée sur tous les accès à une zone prédéterminée (une agglomération entière, une ville ou seulement un quartier) on parle d'enquête cordon. Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic inter zonaux.

**III.4) Calcul de la capacité** : La capacité d'une route est le flux horaire maximum des véhicules qui peuvent raisonnablement passer en un point ou s'écouler sur une section de route uniforme (ou deux directions) avec les caractéristiques géométriques et de circulation qui lui sont propres durant une période bien déterminer. La capacité dépend de :

• Des conditions de trafic.

## Chapitre III : Etude du trafic

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

### III.5) Calcul du trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (UVP), en fonction du type de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (UVP). Le trafic effectif est donné par la relation :

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

$T_{\text{eff}}$  : trafic effectif à l'horizon.

$Z$  : pourcentage de poids lourds (%).

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

Routes	E1	E2	E3
2 voies	3	6	12
3 voies	2.5	5	10
4 voies	2	4	8

Tableau n°6 : Valeurs du coefficient P.

**III.6) Débit de pointe horaire normal** : Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon il est exprimé en unité de véhicule particulier (UVP). Il est donné par la formule :

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

Avec :

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

## Chapitre III : Etude du trafic

Q : est exprimé en UVP/h.

**III.7) Débit horaire admissible** : Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par la formule :

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

**Avec :**

**K1** : coefficient lié à l'environnement.

**K2** : coefficient de réduction de capacité.

**C<sub>th</sub>** : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

**Valeur de K1 :**

Env. et CAT	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau n° 7 : Valeurs de K1 en fonction de l'environnement.

**Valeur de K2 :**

Env	E1	E2	E3
K2	0.75	0.85	0.90 à 0.96

Tableau n° 8: Valeurs de K2 en fonction de l'environnement.

**Valeur de C<sub>th</sub>** : Capacité théorique du profil en travers en régime stable.

## Chapitre III : Etude du trafic

Capacité théorique :

Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3.5m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 uvp/h

Tableau n°9 : Valeurs de la capacité théorique.

### III.8) Application au projet :

D'après les résultats du trafic qui nous ont été fournis par la DTP de la wilaya de Relizane et qui sont les suivants :

- Le trafic à l'année 2022  $TMJA_{2022} = 11651$  V/J.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic  $\tau = 4\%$ .
- La vitesse de base sur le tracé  $V_b = 100$  km /h.
- Le pourcentage moyen de poids lourds  $Z = 30\%$ .
- L'année de mise en service sera en 2025.
- Environnement (E1) - Catégorie (CAT1).
- La durée de vie estimée à 20 ans.

Trafic a l'année horizon (2042) pour une durée de vie de 20 ans :

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

$$T_{20} = 11651(1 + 0.04)^{20} = 25529 \text{ v /j}$$

$$T_{20} = 25529 \text{ v/j}$$

# **Chapitre IV**

## **Paramètres Cinématique**

### IV.1) Distance de freinage :

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

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

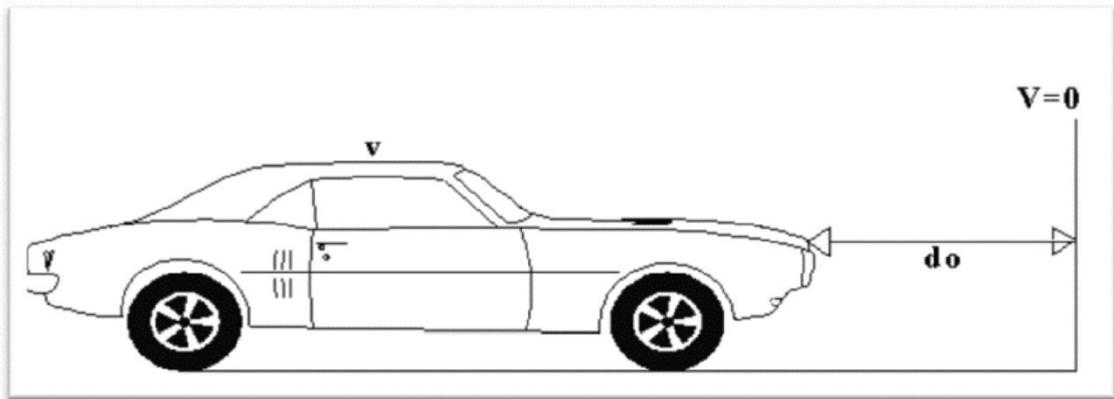


Figure n°04 : Distance de freinage.

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

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v^2}{(fl \pm i)}$$

Dans ce cas la formule  $d_0$  sera :

$$\text{Rampe : } d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{vr^2}{(frl + e)}$$

$$\text{Pente : } d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{vr^2}{(frl - e)}$$

## Chapitre IV: Paramètre cinématique

---

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

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{Vr^2}{(f_{rl})}$$

**Vr** : Vitesse de référence en Km/h.

**e** : Déclivité.

**f<sub>rl</sub>**: Coefficient de frottement longitudinal qui dépend de la vitesse Vr.

Le coefficient de frottement longitudinal f varie avec l'état des pneus de la chaussée

Comme il peut varier avec la vitesse du véhicule.

<b>Vr (Km/h)</b>		<b>40</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>140</b>
f <sub>rl</sub>	<b>Catégorie 1-2</b>	<b>0.45</b>	<b>0.42</b>	<b>0.39</b>	<b>0.36</b>	0.33	<b>0.30</b>
	<b>Catégorie 3-4-5</b>	<b>0.49</b>	<b>0.46</b>	<b>0.43</b>	<b>0.40</b>	<b>0.36</b>	/

**Tableau n°10 : Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40.**

D'après les valeurs du tableau des normes B40 et en ce qui concerne notre projet

On a **f<sub>l</sub> = 0.36**

### **IV.2) Temps de réaction :**

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

## Chapitre IV: Paramètre cinématique

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

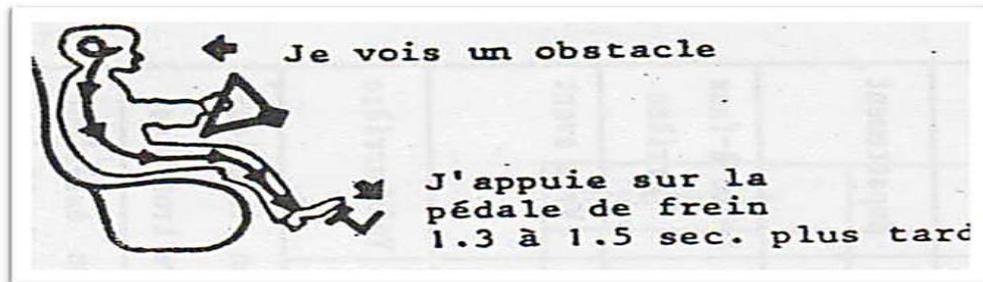


Figure n°05: Temps de réactions

### Dans une attention concentrée :

$t = 1.2 \text{ s}$  pour un obstacle imprévisible

$t = 0.6 \text{ s}$  pour un obstacle prévisible

On prend  $t = 1.8 \text{ s}$  par rapport à la catégorie et la vitesse :

Env	CAT	CAT 1-2		CAT 3-4-5	
	VITESSE	> 80	<80	>60	<60
E1 et E2		1.8s	2s	1.8s	2s
E3		1.8s			

Tableau n°11 : Les valeurs du temps de perception réaction  $t$  en fonction de E, CAT et Vr.

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

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

# Chapitre IV: Paramètre cinématique

## IV.3) Distance d'arrêt :

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

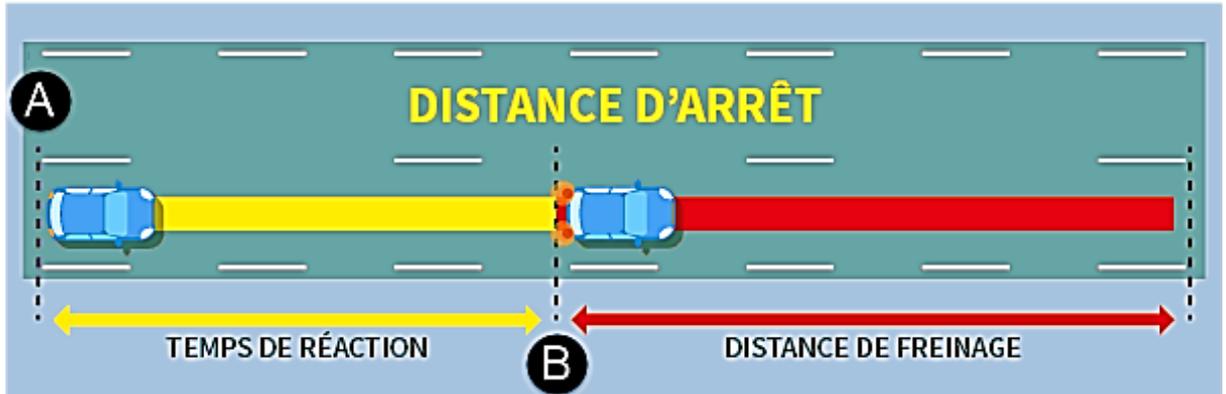


Figure n°06 : Distance d'arrêt.

	Nature de route	Alignement droit	courbe
T(s)			
1.8		$D_1=d_0+0.50v$	$D_1=1.25d_0+0.50v$
2		$D_1=d_0+0.55v$	$D_1=1.25d_0+0.55v$

Tableau n°12 : Lois de distance d'arrêt.

**D1** : distance d'arrêt

**D0** : distance de freinage

**V** : vitesse (km/h)

## Chapitre IV: Paramètre cinématique

---

### IV.4) Manœuvre de dépassement :

**dvdm** : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement moyenne

**dvDN** : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement normale

**dmd** : Distance de visibilité de manœuvre et de dépassement

<b>Vr(Km/h)</b> Distance	<b>40</b>	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>120</b>	<b>140</b>
<b>dvdm</b>	<b>4v</b>	<b>4v</b>	<b>4v</b>	<b>4.2v</b>	<b>4.6v</b>	<b>5v</b>
	<b>160</b>	<b>240</b>	<b>320</b>	<b>420</b>	<b>550</b>	<b>700</b>
<b>dvDN</b>	<b>6v</b>	<b>6v</b>	<b>6v</b>	<b>6.2v</b>	<b>6.6v</b>	<b>7v</b>
	<b>240</b>	<b>360</b>	<b>480</b>	<b>620</b>	<b>790</b>	<b>980</b>
<b>Dmd</b>	<b>70</b>	<b>120</b>	<b>200</b>	<b>300</b>	<b>425</b>	<b>/</b>

**Tableau n°13 : Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse.**

D'après le tableau des normes de laB40, on tire les valeurs de dvdm, dvdn et dmd en fonction de la vitesse.

# Chapitre IV: Paramètre cinématique

## IV.5) Espacement entre deux véhicules :

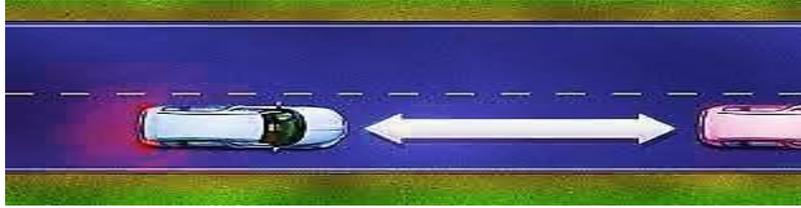


Figure n°07: Espacement entre véhicule.

L'espacement entre deux véhicules : est une notion. Il s'agit de la distance qu'un conducteur doit conserver entre son véhicule et celui qui le précède, celle-ci dépend directement de la vitesse du véhicule. Elle correspond à la distance parcourue pendant deux secondes, durée supérieure au temps de réaction : ainsi si les deux véhicules ont la même capacité de freinage, il n'y aura pas de collision

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

## IV.6) Application au projet :

### Distance de freinage :

Pour notre projet on a  $f_l : 0.36$

- En alignement droit :  $e = 0$  (cas purement théorique)

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v^2}{(f_l \pm i)}$$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{100^2}{(0.36)} = 111,11 \text{ m}$$

- En rampe :  $e = +0.052$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v^2}{(f_l \pm e)}$$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{100^2}{(0.36+0.052)} = 97,09 \text{ m}$$

- En pente :  $e = -0.052$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v^2}{(f_l \pm e)}$$

## Chapitre IV: Paramètre cinématique

---

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{100^2}{(0.36-0.052)} = 187,01 \text{ m}$$

### Distance d'arrêt :

a) En alignement droit :

$$\text{On a } V_r = 100 \text{ km/h} \quad t = 1.8\text{s} \quad \longrightarrow \quad d = d_0 + 0.50V_r$$

➤ En palier :  $d = 111,11 + (0.50 \times 100) = 161,11 \text{ m}$

➤ En rampe :  $d = 97.09 + (0.50 \times 100) = 147,09 \text{ m}$

➤ En pente :  $d = 187,10 + (0.50 \times 100) = 192,10 \text{ m}$

b) En courbe:

$$\text{On a } V_r = 100 \text{ km/h} \quad t = 1.8\text{s} \quad \longrightarrow \quad d = 1.25d_0 + 0.50V_r$$

➤ En palier :  $d = 1,25 \times 111,11 + (0.50 \times 100) = 188,89 \text{ m}$

➤ En rampe :  $d = 1,25 \times 97.09 + (0.50 \times 100) = 171,36 \text{ m}$

➤ En pente :  $d = 1,25 \times 187,10 + (0.50 \times 100) = 238,875 \text{ m}$

$$D_{vdm} = 420 \text{ m}$$

$$d_{vdN} = 620 \text{ m}$$

$$d_{md} = 300 \text{ m}$$

Espacement entre véhicules :

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

$$E = 8 + 0,2(100) + 0,003(100)^2$$

$$E = 5$$

# **Chapitre V**

## **Tracé en Plan**

# Chapitre V: Tracé en Plan

---

## V.1) Introduction

Lors de l'élaboration de tout projet routier l'ingénieur doit commencer par la recherche du couloir de la route dans le site concerné.

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

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

## V.2) La vitesse de référence (de base) :

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

### V.2.1. Choix de la vitesse de référence :

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

- Type de route.
- Importance et genre de trafic.
- Topographie.
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

## V.3) Paramètres fondamentaux (B40) :

Pour le cas de notre projet d'après les normes la route à aménager on opte pour une vitesse de référence de 100 km/h qui correspond à la catégorie L1 selon la norme établie par l'ICTAAL 2000.

# Chapitre V: Tracé en Plan

---

## V.4) Règles et principes du tracé en plan

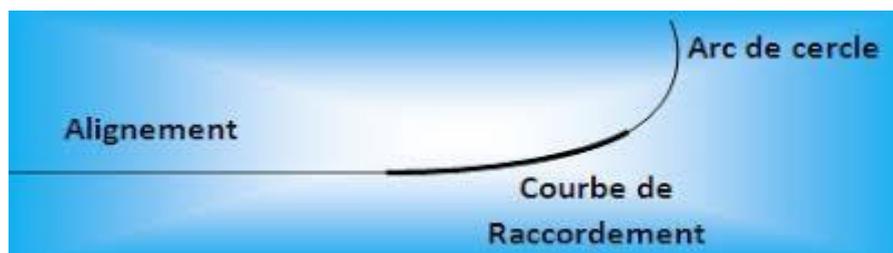
Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans la B40, il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qui nous semblent pertinentes :

- Toutes les courbes horizontales dont le rayon est inférieur à  $RHnd$  (rayon horizontale non déversé) devront être introduites avec des raccordements progressifs.
- Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total du tracé.

## V.5) Les éléments du tracé en plan

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

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



**Figure n°08 : Élément du tracé en plan.**

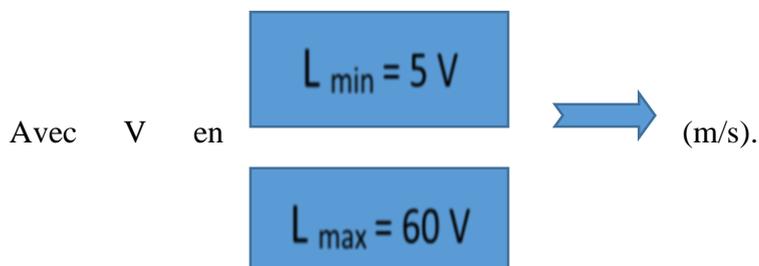
## Chapitre V: Tracé en Plan

---

### V.5.1. Alignements droit

Il existe une longueur minimale d'alignement  $L_{min}$  qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles.

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe en C, Ove, S, ou à sommet. La longueur maximale  $L_{max}$  est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.



Pour des raisons de sécurité de circulation et d'esthétique, on évitera les cas particuliers suivants :

- Réunion de 2 longues courbes par un alignement court

Solution : alignement à supprimer.

- Réunion de 2 longues alignements par une courbe courte s'est à dire de faible rayon

Solution : augmenter le rayon de sa courbe.

### V.5.2. Les arcs de cercle

Trois problèmes se posent :

- Stabilité des véhicules en courbe.
- Visibilité en courbe.

## Chapitre V: Tracé en Plan

---

- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

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

### Remarque

- ❖ Le devers « d » ne doit pas être trop grand (risque de glissement à faible vitesse par temps pluvieux ou verglas)
- ❖ Le devers « d » ne doit pas être trop faible pour assurer un bon écoulement des eaux. Ceci nous conduit à la série de couples (Catégorie, d).
- ❖ Au devers maximum correspond le rayon minimum absolu  $R_{Hm}$  avec :

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>			
- Cat 1-2	7%	7%	7%
- Cat 3-4	8%	8%	7%
- Cat 5	9%	9%	9%

**Tableau n°14 : Devers en fonction de l'environnement.**

### V.6) Courbes en plan :

#### V.6.1. Le rayon minimal absolu $R_{Hm}$ :

C'est le plus petit rayon en plan admissible pour une courbe présentant un dévers maximal et parcourue par la vitesse de référence

$$R_{Hm} = \frac{vr^2(km/h)}{127(d+ft)}$$

# Chapitre V: Tracé en Plan

## V.6.2. Le rayon minimal normal RHN :

Le rayon minimal normal (RHN) doit permettre à des véhicules dépassant  $V_r$  de 20km/h de Rouler en sécurité.

$$RHN = \frac{(V_r + 20)^2}{127(d + ft)}$$

## V.6.3 . Le rayon au devers minimal RHd :

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

$$RHd = \frac{V_r^2}{127(2.dmin)}$$

$dmin = 2.5\%$  en catégorie 1 – 2

$dmin = 3\%$  en catégorie 3– 4

## V.6.4 . Le rayon non déversé RHnd :

C'est le rayon tel que l'accélération centrifuge résiduelle que peut parcourir un véhicule roulant à la vitesse  $V = V_r$  et présente un dévers vers l'extérieur.

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127(F'' - dmin)}$$

	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5
d min	-2.50%	-2.50%	-3%	-3%	-4%
d max	7%	7%	8%	8%	9%

**Tableau n°15 : Dévers.**

## Chapitre V: Tracé en Plan

### V.6.6. Détermination du coefficient transversal $f_t$ :

Vr	40	60	80	100	120	140
Cat 1-2	0.22	0.16	0.13	0.11	0.1	0.1
Cat 3-4-5	0.22	0.18	0.15	0.125	0.11	/

T  
a  
b  
l  
e  
a  
u

tableau n°16: Valeur du coefficient  $f_t$ .

### V.6.7. Détermination du coefficient $F''$ en fonction de la catégorie :

Catégories	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5
$F''$	0.06	0.06	0.07	0.075	0.075

Tableau n°17 : Valeur du coefficient «  $F''$  ».

- Tableau récapitulatif :

Vitesse réf	100km/h
dmax	7 %
dmin	-2,50 %
d=dmax-2%	5 %
$F_t$	0,11
$f''$	0,06

Tableau n°18 : Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques.

# Chapitre V: Tracé en Plan

## V.6.8. Rayons en plan d'après les normes B40 :

<b>RHm =</b>	<b>450,00 m</b>	<b>RHN =</b>	<b>650,00 m</b>	<b>RHd =</b>	<b>1600,00 m</b>	<b>RHnd =</b>	<b>2200,00 m</b>
<b>d(RHm)=</b>	<b>7,0%</b>	<b>d(RHN)=</b>	<b>5,0%</b>	<b>d(RHd) =</b>	<b>2,5%</b>	<b>d(RHnd) =</b>	<b>-2,5%</b>

**Tableau n°19 : Les rayons en plan selon B40.**

$$R_{hm} = \frac{Vr^2(Km/h)}{127(d+ft)} \quad \Rightarrow \quad R_{hm} = \frac{100^2}{127(0.11+0.07)} = 437,44 \text{ m}$$

$$R_{HN} = \frac{(Vr+20)^2(Km/h)}{127(d+ft)} \quad \Rightarrow \quad R_{HN} = \frac{(100+20)^2}{127(0.11+0.07)} = 629,92 \text{ m}$$

$$R_{Hd} = \frac{Vr^2(Km/h)}{127 \times 2 \times d} \quad \Rightarrow \quad R_{Hd} = \frac{100^2}{127 \times 2 \times 0.025} = 1574,80 \text{ m}$$

$$R_{Hnd} = \frac{Vr^2(Km/h)}{127(F''-dmin)} \quad \Rightarrow \quad R_{Hnd} = \frac{100^2}{127(0.06-0.025)} = 2249,72 \text{ m}$$

On remarque que les valeurs calculées correspondent réellement aux valeurs du tableau N°20 (normes B40).

### V.6.4. Visibilité en courbe

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

## Chapitre V: Tracé en Plan

---

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

### V.6.4. Sur largeur

Un long véhicule à deux (2) essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit. Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement égale à :

$$S = 50 / R \quad / \quad R : \text{rayon de l'axe de la route.}$$

### V.7) courbes de raccordements

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

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

#### V.7.1. Clothoïde

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine ou à l'infini jusqu'au point asymptotique où il s'annule, la courbure de la Clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc. Parcourue à vitesse constante, la Clothoïde

# Chapitre V: Tracé en Plan

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

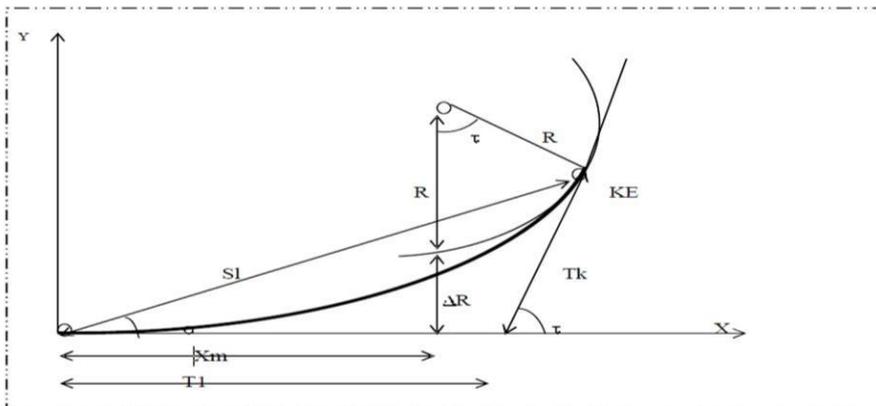
## V.7.2. Expression mathématique de la Clothoïde

La Courbure K linéairement proportionnellement à la longueur curviligne.

$$K = C.L$$

On pose:  $1/C = A^2 \Rightarrow L.R = A^2$

## V.7.3. Élément de la Clothoïde



**Figure n°09 : Élément de la Clothoïde**

R : rayon du cercle.

KA : origine de la Clothoïde.

KE : extrémité de la Clothoïde.

$\Delta R$  : ripage :  $\Delta R = L^2 / 24 * R$

$\tau$  : angle des tangentes :

$$\tau = L / 2 * R$$

Tc : tangente courte.

# Chapitre V: Tracé en Plan

---

$T_L$  : tangente longue

$\sigma$  : angle polaire.

SL : corde KE KA.

M : centre du cercle d'abscisse  $X_m$ .

$X_m$  : abscisse du centre du cercle M à partir de KA.

$Y_m$  : ordonnée du centre du cercle M à partir de KA.

X : abscisse de KE

Y : ordonnée de KE

## V.7.4. Longueur de Clothoïde

La longueur de la Clothoïde doit satisfaire les trois conditions suivantes :

### Condition d'optique :

Pour la condition d'optique, on adoptera les conditions suivantes :

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

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

$$\boxed{R/3 \leq A \leq R}$$

### Règle générale (B40) :

$$\begin{array}{l} \color{blue}{\oplus} R \leq 1500m \quad \Delta R = 1m \quad (\text{éventuellement } 0.5m) \\ \color{blue}{\oplus} 1500 < R \leq 5000m \\ \color{blue}{\oplus} R > 5000m \quad \Delta R = 2.5 m \end{array}$$

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

$$\boxed{L \geq R/9}$$

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

## Chapitre V: Tracé en Plan

---

### Condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation de devers, 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.

### Condition de confort dynamique :

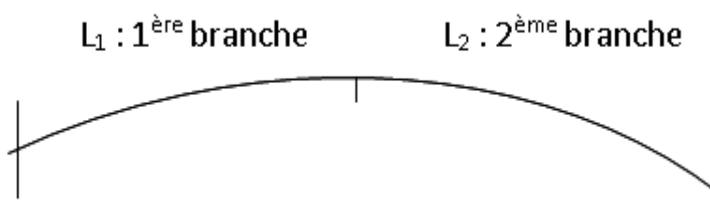
Cette condition consiste à limiter le temps de parcours  $t$  du raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule.

$$L_3 \geq \frac{Vr^2}{18} \left[ \frac{Vr^2}{127 R} - \Delta d \right]$$

Finalement, la longueur de la Clothoïde sera le Max entre les  $L$  des 3 conditions.

### V.7.5- Vérification de non chevauchement :

1<sup>er</sup> cas :  $\tau < \frac{Y}{2}$ : Les deux alignements droits sont raccordés par les 2 branches de Clothoïde donc non chevauchement.

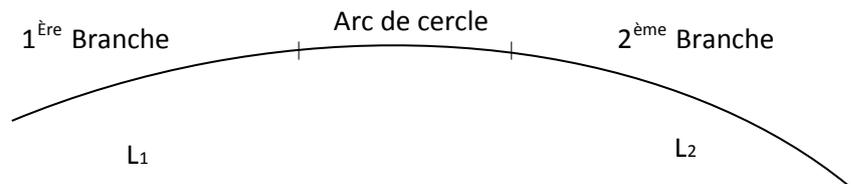


# Chapitre V: Tracé en Plan

---

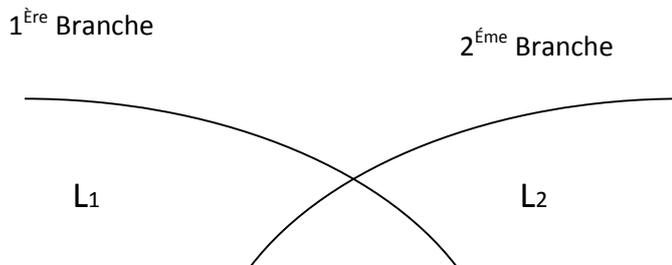
## Clothoïde sans arc de cercle :

2<sup>ème</sup> cas :  $\tau = \frac{Y}{2}$ : les 2 alignements droits sont raccordés par les 2 branches de Clothoïde sans arc de cercle.



## Clothoïde avec arc de cercle :

3<sup>ème</sup> cas :  $\tau > \frac{Y}{2}$ : la construction de la Clothoïde est impossible == chevauchement.



### **Clothilde impossible.**

Pour résoudre le problème, il faut jouer avec les 2 inconnues L et R et comme L est limitée par les 3 conditions précédentes (condition d'optique, de gauchissement et de confort dynamique).

La seule solution est d'augmenter le rayon R.

# Chapitre V: Tracé en Plan

Pour notre projet on a :

## - Coordonnées des points aux sommets :

	X	Y	Rayons
A	286 456,394	3 949 309,681	R1=800
S1	286 737,426	3 949 310,495	
S2	287 238,946	3 949 071,639	
S3	288 009,288	3 949 252,990	R2=800
S4	289 073,936	3 948 301,880	R3=800
S5	290 828,239	3 948 123,101	R4=1000
S6	291 351,546	3 947 710,421	R5=800
B	292 023,950	3 947 798,216	R6=800

Tableau n°20 : Coordonnées des points aux sommets

**Dmax=7%    dmin=2.5%    Δd=9.5%    ΔR=1    R=1000m**  
**Vr=100 km/h    l=10.5m**

### 1- Condition de confort dynamique :

$$L1 \geq Vr^2/18 (Vr^2/127R - \Delta d)$$

$$L1 \geq 100^2/18(100^2/127 \times 1000 - 0.095)$$

$$L1 \geq 43.89m$$

### 2- Condition optique :

$$L2 \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} =$$

$$L2 \geq \sqrt{24 \times 1000 \times 1} = \sqrt{24000m}$$

$$L2 \geq 154.92m$$

### 3-condition gauchissement

$$L3 \geq l \times \Delta d \times Vr$$

$$L3 \geq 10.5 \times 0.095 \times 100$$

$$L3 \geq 99.75$$

# Chapitre V: Tracé en Plan

$$L_{\max}(L1, L2, L3) \rightarrow L2 = 155m$$

## 4-paramètre de clothoid

$$A/R \rightarrow A = \sqrt{R \times L} = \sqrt{1000 \times 155} = 393.70m$$

$$A/R = 393.70/1000 = 0.393$$

Condition vérifier (B40)

$$R = 1000,00 \text{ m} ; \text{ et } A > \frac{R}{3} = 333,333 \text{ on prendre } A = 393.70$$

$$L = \frac{A^2}{R} = 155 \text{ m} ; \frac{L}{R} = 0.155$$

## - Calcul des gisements :

$$|\Delta x_{S4S5}| = |x_5 - x_4| = 1754.30 \text{ m}$$

$$|\Delta y_{4S5}| = |y_5 - y_4| = 178.78 \text{ m}$$

$$G_{S4}^{S5} = 100 - \text{Arctg}\left(\frac{\Delta y}{\Delta x}\right) = 106.47 \text{ grade}$$

$$D = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 1763.381m$$

$$|\Delta x_{S5S6}| = |x_{S6} - x_{S5}| = 523.31 \text{ m}$$

$$|\Delta y_{S5S6}| = |y_{S6} - y_{S5}| = 412.68 \text{ m}$$

$$G_{S1}^{S2} = \text{Arctg}\left(\frac{\Delta x}{\Delta y}\right) = 142.51 \text{ grade}$$

$$D = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 666.45 \text{ m}$$

Tapez une équation ici.  $\beta = |G_{S5}^{S6} - G_{S4}^{S5}| = 142.51 - 106.47 = 36.049 \text{ grade}$

## 5-Angle des alignment droit

$$\alpha = 200 - \beta = 200 - 36.049$$

$$\alpha = 163.951 \text{ grad}$$

## 6-Angle des tangent

$$\tau = \frac{L}{2R}$$

$$\tau = \tan^{-1} \frac{155}{2 \times 1000} = 4.9 \leftrightarrow \tau = 5 \text{ grad}$$

## Chapitre V: Tracé en Plan

---

$$\beta/2 = \frac{36.049}{2} = 18.02 \text{ grd}$$

$$\tau < \beta/2$$

Les deux alignements droits sont raccordés par les 2 branches de Clothoïde donc non chevauchement.

**7-angle au centre {partie circulaire}**

$$\gamma = 200 - \alpha - 2\tau$$

$$\gamma = 200 - 163.951 - 2 \times 5$$

$$\gamma = 26.049 \text{ grd}$$

**8-largeur de partie circulaire**

$$D = \pi \times R \times \gamma / 200$$

$$D = \pi \times 1000 \times 26.049$$

$$D = 409.10 \text{ m}$$

**-Calcul de distance :**

$$\overline{S4S5} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 1763.38 \text{ m}$$

$$\overline{S5S6} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 666.45 \text{ m}$$

**8- \*Abscisse de l'extrémité de la clothoïde**

$$XKE = L - \frac{L^3}{40 \times R^4}$$

$$XKE = 155 - \frac{155^3}{40 \times 1000^4} = 154.99 \text{ m}$$

**\*Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde**

$$YKE = \frac{L^3}{6 \times R}$$

$$YKE = \frac{155^2}{6 \times 1000} = 4.004 \text{ m}$$

**9-angle polaire**

$$\sigma = \tan^{-1} \frac{YKE}{XKE}$$

$$\sigma = \tan^{-1} \frac{4.004}{154.99} = 1.644 \text{ grd}$$

## Chapitre V: Tracé en Plan

Calcule de l'abscisse du centre du cercle :

$$X_0 = \frac{A^2}{2R} \cong \frac{L}{2}$$

$$X_0 = 77.50m$$

- Calcul des coordonnées SL:

$$SL = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2} = \sqrt{(154.99)^2 + (4.004)^2} =$$

155.04m

- Calcul de la longueur de la section tangente de la clothoïde « t » :

$$t = (R + \Delta R) \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = (1000+1) \operatorname{tg} \left( \frac{36.049}{2} \right)$$

$$t = 291.24m$$

- Calcul de la grande tangente T :

$$T = X_0 + t = 77.50 + 291.24$$

$$T = 368.74m$$

- Calcul de la Bissectrices Biss:

$$\text{Biss} = \frac{R + \Delta R}{\cos \frac{\beta}{2}} - R = \frac{1000+1}{\cos \frac{36.049}{2}} - 1000$$

$$\text{Biss} = 42.51m$$

- Calcul de l'arc de cercle Lc (KE1-K)

$$\gamma = \beta - 2\tau = 36.049 - 2 \times (5)$$

26.049gr

$$Lc = \frac{\gamma \cdot R \cdot \pi}{200} = \frac{26.049 \cdot 1000 \cdot \pi}{200}$$

409.18m

- Calcul de la développée total Dt :

$$Dt = Lc + 2L = 60,295 + 2(28) = 116.295 m$$

- Calcul des coordonnées des points singuliers ( KA,KE) :

$$X_{K_{S4S5}} = X_A - (S4S5 - T) \sin GS4S5 = 287\,686.48 m$$

$$Y_{K_{S4S5}} = Y_A - (S4S5 - T) \cos GS4S5 = 3\,948\,443.2m$$

$$X_{K_{E1}} = X_{K_{S4S5}} + SL \cdot \sin (GS4S5 - \sigma) = 287\,841.08 m$$

$$Y_{K_{E1}} = Y_{K_{S4S5}} + SL \cdot \cos (GS4S5 - \sigma) = 3\,948\,431.478 m$$

$$X_{K_{S5S6}} = X_{S5} + T \cdot (\sin GS5S6) = 291\,117.78 m$$

## Chapitre V: Tracé en Plan

---

$$Y_{k_{S1S2}} = Y_{S5} + T \cdot (\cos GS5S6) = 3\,947\,894.766 \text{ m}$$

$$X_{kE2} = X_{K_{S5S6}} - SL \sin (GS5S6 - \sigma) = 290\,993.60 \text{ m}$$

$$Y_{kE2} = Y_{K_{S5S6}} - SL \cos (GS5S6 - \sigma) = 3\,947\,987.596 \text{ m}$$

# **Chapitre VI**

## **Profil en long**

# Chapitre VI : Profil en Long

---

## **VI.1. Définition :**

Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive, donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne. Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers. Le profil en long est toujours composé d'éléments de lignes droites raccordés par des paraboles.

## **VI.2. Règles à respecter dans le tracé de la ligne rouge :**

Le tracé de la ligne rouge qui constitue la ligne projet retenue n'est pas arbitraire, mais elle doit répondre à certaines conditions concernant le confort, la visibilité, la sécurité et l'évacuation des eaux pluviales. Parmi ces conditions il y a lieu :

- D'adapter au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux. De rechercher l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais
- De ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les règlements.
- D'éviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance.
- D'éviter les hauteurs excessives de remblais.
- Prévoir le raccordement avec les réseaux existants.
- Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.
- D'assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

## **VI.3. Eléments de composition du profil en long :**

Le profil en long est constitué d'une succession de segment 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 de la ligne du projet
- La déclivité de la ligne du projet

## Chapitre VI : Profil en Long

---

### **VI.4. Coordination entre le tracé en plan et le profil en long :**

La coordination du tracé en plan et du profil en long doit faire l'objet d'une étude d'ensemble, afin d'assurer une bonne insertion dans le site, respecter les règles de visibilité et autant que possible, un certain confort visuel ; ces objectifs incitent à :

Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :

$R_{\text{vertical}} > 6 \times R_{\text{horizontal}}$ , pour éviter un défaut d'inflexion.

Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible.

### **VI.5. Déclivité :**

La construction du profil en long doit tenir compte de plusieurs contraintes. La pente doit être limitée pour des raisons de sécurité (freinage en descente) et de confort (Puissance des véhicules en rampe). Autrement dit la déclivité est la tangente de l'angle que fait la ligne rouge du profil en long avec l'horizontal. Elle prend le nom de pente pour les descentes et rampe pour les montées.

#### **VI.5.1. Déclivité minimum :**

Les tronçons de route absolument horizontaux, dits « en palier » sont si possibles à éviter, pour la raison de l'écoulement des eaux pluviales. la pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante. Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieure à 0.5 %, pour éviter la stagnation des eaux.

#### **VI.5.2. Déclivité maximum :**

Du point de vue technique, la déclivité maximale dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée (ce phénomène concerne tous les véhicules), ainsi de la réduction des vitesses qu'elle provoque ou les camions (poids lourds) sont déterminants car la plupart des véhicules légers ont une grande puissance. Donc Il est conseillé d'éviter les pentes supérieures à 8%.

<b>Vr (km/h).</b>	40	60	80	100	120	140
<b>Imax</b>	8	7	6	5	4	4

**Tableau n°21 : Valeur de déclivité maximale [NormesB40]**

# Chapitre VI : Profil en Long

## VI.6. Les 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 doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort. On distingue deux types de raccordements

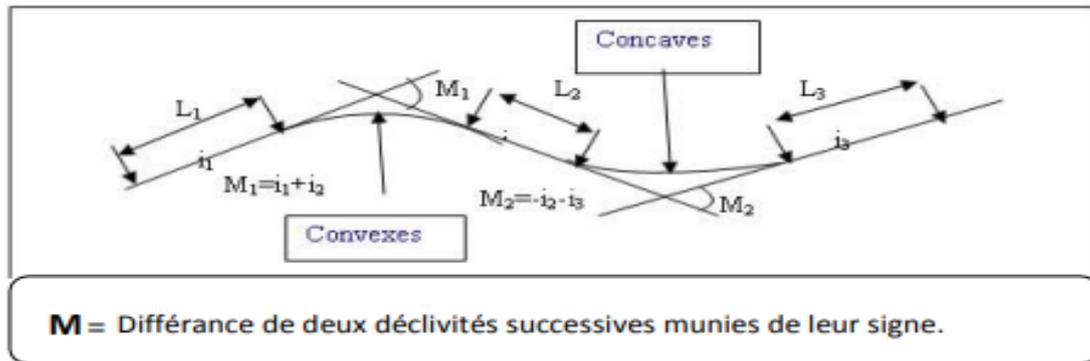


Figure n°20 : Raccordement convexe et concave.

### VI.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'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité. Leur conception doit satisfaire au deux conditions suivantes :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

#### VI.6.1.1. Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à :

«  $g/40$  (cat 1-2) et  $g/30$  (Cat 3-4-5) », Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$v^2 / Rv < g / 40 \quad \text{avec} \quad g = 10 \text{ (m/s}^2\text{)} \quad \text{et} \quad v = V/3,6$$

**D'où :**

$$Rv_{\min} \geq 0,30 V^2 \text{ (cat 1-2).}$$

$$Rv_{\min} \geq 0,23 V^2 \text{ (cat 3-4-5).}$$

Tel que :

## Chapitre VI : Profil en Long

$R_v$  : c'est le rayon vertical (m)

et  $V$  : vitesse de référence (km/h).

### VI.6.1.2. Condition de visibilité :

Elle intervient seulement dans les raccords des points hauts comme condition supplémentaire à celle de la condition de confort.

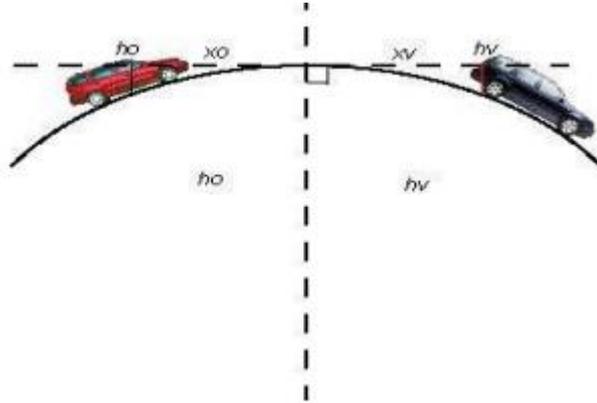


Figure n°11 : Visibilité.

Il faut que deux véhicules qui circulent en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt minimum. Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v \geq \frac{d^2}{2.(h_0 + h_1 + 2\sqrt{h_0 \cdot h_1})} \approx 0.27D^2$$

$d$  : 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 :

$h_0 = 1,1$  m,  $h_1 = 0,15$  m

On trouve :  $R_v = a d_1^2$   $a = 0,24$

Pour Cat 1-2  $R_v = 0,24 d_1^2$

## Chapitre VI : Profil en Long

Les rayons assurant ces deux conditions sont donnés par les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnelle et pour une vitesse de base  $Vb=100$  (Km/h) et pour la catégorie 1-2 on a :

		Vitesse (km /h)					
		40	60	80	100	120	140
CHAUSSEE BIDIRECTIONNELLE 2 ou 3 VOIES	RVm2	500	1500	4500	10000	20000	//
	RVN2	1500	4500	10000	20000	20000	//
	RVD	2500	6000	11000	20000	30000	//

**Tableau n°22 : Rayons convexes (angle saillant) [B40]**

### VI.6.2. Raccordements concaves (angle rentrant) :

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

$$R'v = \frac{d1^2}{1.5+0.035 \times d1}$$

Dans notre cas :

Catégorie	Vitesse (km/h)					
	40	60	80	100	120	
C-1-2	Rvm	500	1200	2400	3000	4200
	RVN	1200	2400	3000	4200	6000

**Tableau n°23 : Rayons concaves (angle rentrant).**

### VI.7. Détermination pratique du profil en long :

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

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

À l'équation de la parabole

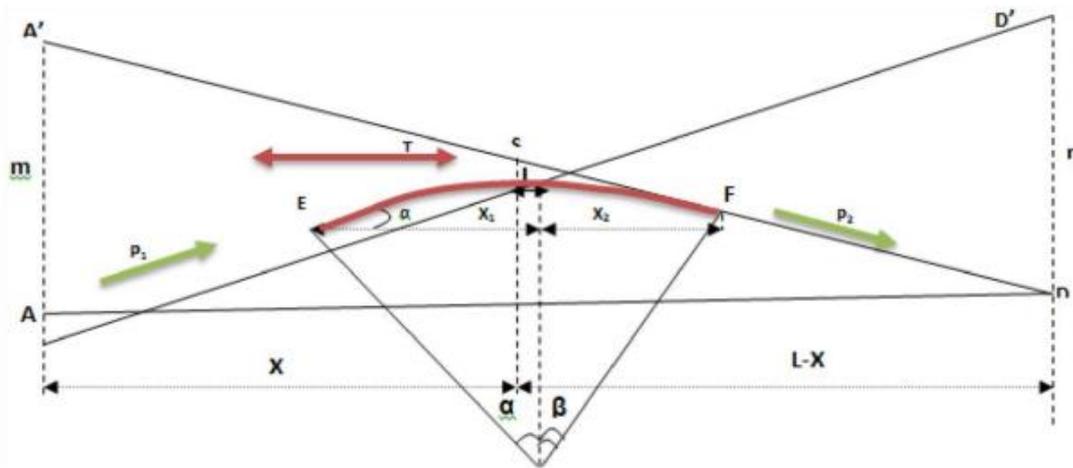
$$X^2 - 2RY = 0 \rightarrow Y = \frac{X^2}{2R}$$

## Chapitre VI : Profil en Long

---

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

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) des points A et D.
- Donnée La pente  $P_1$  de la droite (AS).
- Donnée la pente  $P_2$  de la droite (DS).
- Donnée le rayon  $R$ .



**Figure n°12 : Détermination du profil en long.**

### VI.7.1. Détermination de La position du point de rencontre (S) :

On a :

$$Z_{D'} = Z_A + L.P_2 \quad ; \quad m = Z_{A'} - Z_A$$

$$Z_{A'} = Z_D + L.P_1 \quad ; \quad n = Z_{D'} - Z_D$$

Les deux triangles SAA' et SDD' sont semblables donc :

$$\frac{m}{n} = \frac{x}{L-x} \quad \quad x = \frac{mL}{m+n}$$

$$S \quad X_S = X + X_A.$$

$$Z_S = P_1.X + Z_A.$$

### VI.7.2. Calculs de La tangente :

$$T = \frac{R}{2} |P_1 - P_2|$$

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 E e

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

### VI.7.3. Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR = 2T$$

### VI.7.4. Calcul de la flèche :

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

### VI.7.5. Calcul de la flèche Et de l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

$$M \left\{ \begin{array}{l} H_x = x^2 / 2R \\ Z_M = Z_B + X_{p1} - X^2 / 2R \end{array} \right.$$

### VI.7.6. Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T) :

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

$$X_1 = R \cdot P_1 ; X_2 = R \cdot P_2$$

$$X_J = X_E + R \cdot P_1$$

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

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

### VI.8. Exemple de calcul de profil en long Rentrant :

#### Calcul de la tangente :

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

$$T = \frac{Rv}{200} |P_1 + P_2|$$

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

$$T = \frac{Rv}{200} |P_1 - P_2|$$

$$Rv = 20000 \text{ m.}$$

$$T = \frac{20000}{200} |2.94 - 0.42|$$

$$T = 252 \text{ m}$$

#### **La longueur L du raccordement verticale :**

$$L = 2 \times T$$

$$L = 2 \times 252$$

$$L = 504 \text{ m}$$

## Chapitre VI : Profil en Long

---

**La flèche F :**

$$F = \frac{T^2}{2RV}$$

$$F = \frac{252^2}{2(20000)}$$

$$F = 1.60 \text{ m}$$

Le tableau suivant donne les différentes valeurs relatives à notre projet :

<b>Elément</b>	<b>P1</b>	<b>Nature</b>	<b>Sens</b>	<b>Les</b>	<b>T</b>	<b>L</b>	<b>F</b>
<b>Sommet</b>	<b>P2</b>	<b>du</b>	<b>des</b>	<b>rayons</b>			
		<b>rayon</b>	<b>pent</b>				
<b>S1</b>	2.94	Saillant	Même	20000	<b>252</b>	<b>504</b>	<b>1.60</b>
	0.42		sens				
<b>S2</b>	0.42	saillant	Sens	7000	<b>84.7</b>	<b>169.4</b>	<b>0.51</b>
	0		contraire				
<b>S3</b>	0	rentrant	Sens	20000	<b>222</b>	<b>444</b>	<b>1.23</b>
	2.22		contraire				

**Tableau n°24 : Valeurs de la tangente et de la flèche**

# ***Chapitre VII***

## ***Profil en travers***

## Chapitre VII: Profil en travers

### VII.1. Généralités :

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée. Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers type » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc....).

### VII.2. Les éléments du profil en travers :

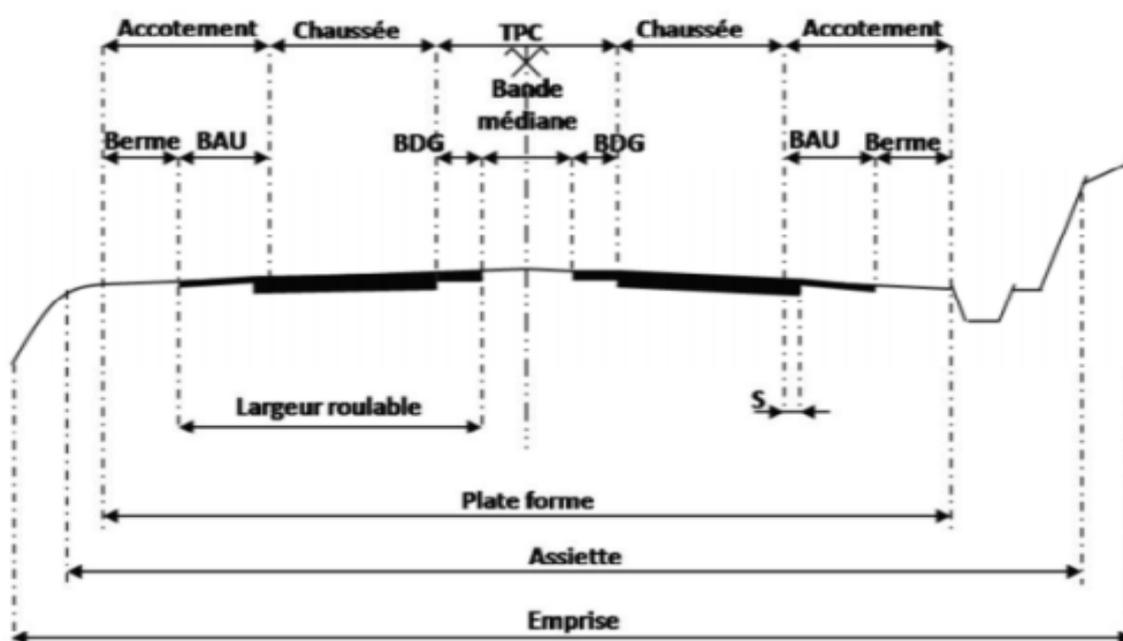


Figure n°13 : Eléments du profil en travers.

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

#### **a- La chaussée :**

C'est la partie renforcée et affectée à la circulation des véhicules. Pour subir directement les actions des véhicules et les facteurs naturels, sa largeur dépend essentiellement de considération de débit, elle est divisée en voies de circulations.

#### **b- Les accotements :**

## Chapitre VII: Profil en travers

---

Les accotements se trouvent aux cotés de la chaussée, ils étaient utilisés auparavant soit pour le dépôt des matériaux soit pour les piétons, maintenant, ils sont utilisés pour stationnement. Sur les routes importantes la largeur des accotements est de 2 à 2.5m utilisés comme bande d'arrêt, mais dans notre cas sa largeur est de 1.5m.

**c- Plate-forme :**

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

**d- L'assiette :**

C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.

**e- L'emprise :**

C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (Talus, exutoires, etc....) limitée par le domaine public.

**f- Le talus :**

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

A : la base du talus.

B : hauteur du talus.

**g- Le fossé :**

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

**h- Le terre-plein central T.P.C :**

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

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

## Chapitre VII: Profil en travers

---

### i- La largeur roulable :

Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt.

### VII.3. Classification du profil en travers

Ils existent deux types de profil :

- Profil en travers type.
- Profil en travers courant.

#### 1-Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou d'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 côte du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

#### 2- Le profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distances régulières (10, 15, 20,25m..). Qui servent à calculer les cubatures.

### VII.4. Application numérique au projet :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour la pénétrante sera composé d'une chaussée unidirectionnelle. Les éléments du profil en travers types sont comme suit :

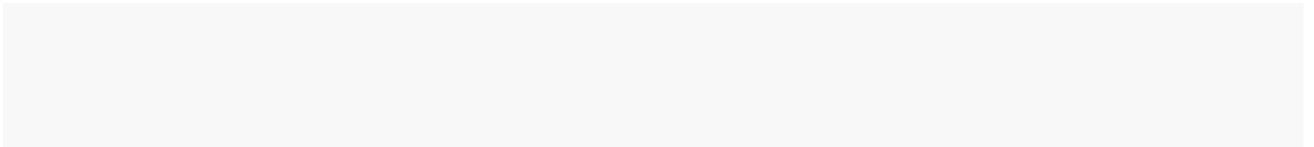
-Chaussée	: $2 \times (3 \times 3,5) = 21,00 \text{ m.}$
-Bandes de guidage(B.G)	: $2 \times 0,50 = 1,00 \text{ m.}$
-Terre plein centrale(t.p.c)	: $2 \times 1,00 = 2,00 \text{ m.}$
- Bande d'arrêt d'urgence (B.A.V)	: $2 \times 2,5 = 5,00 \text{ m.}$
-Bermes	: $2 \times 1,50 = 3,00 \text{ m.}$
-Plate forme	: $2 \times 16,00 = 32,00 \text{ m}$

## Chapitre VII: Profil en travers

---

Il est à signaler que le profil en travers type de l' autoroute sera maintenu pour les ouvrages d'art afin d'éviter le changement des caractéristiques géométriques de l'autoroute , ainsi qu'au droit des ouvrages d'art courants, les voies de circulation, les bandes d'arrêt d'urgence et les bandes déversées conservent la même largeur qu'en section courante .

**Chapitre VIII**  
**Cubatures**



### **VIII.1) Généralités :**

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont un 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 il s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième il s'agit d'enlever des terres (déblai).

Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle **les cubatures des terrassements**.

### **VIII.1) 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.

### **VIII.3) Méthode de calcul des cubatures :**

Les cubatures sont les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul.

Le travail consiste a calculé les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

## Chapitre VII: Cubature

On utilise la méthode SARRAUS, c'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

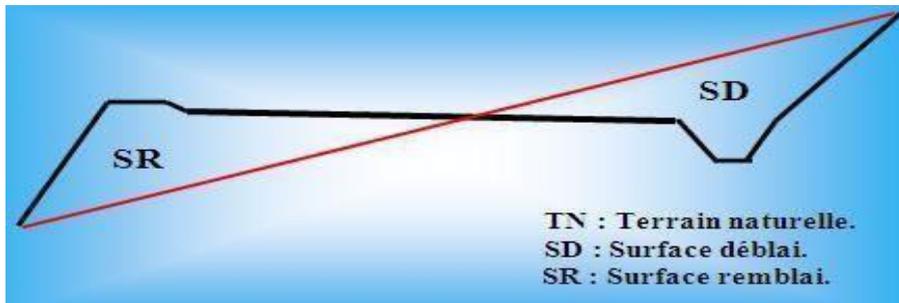


Figure n°14 : Volume déblai, remblai.

### VIII.3.1. Formule de Mr SARRAUS :

Cette méthode « formule des trois niveaux » consiste à calculer le volume déblai ou remblai des tronçons compris entre deux profils en travers successifs

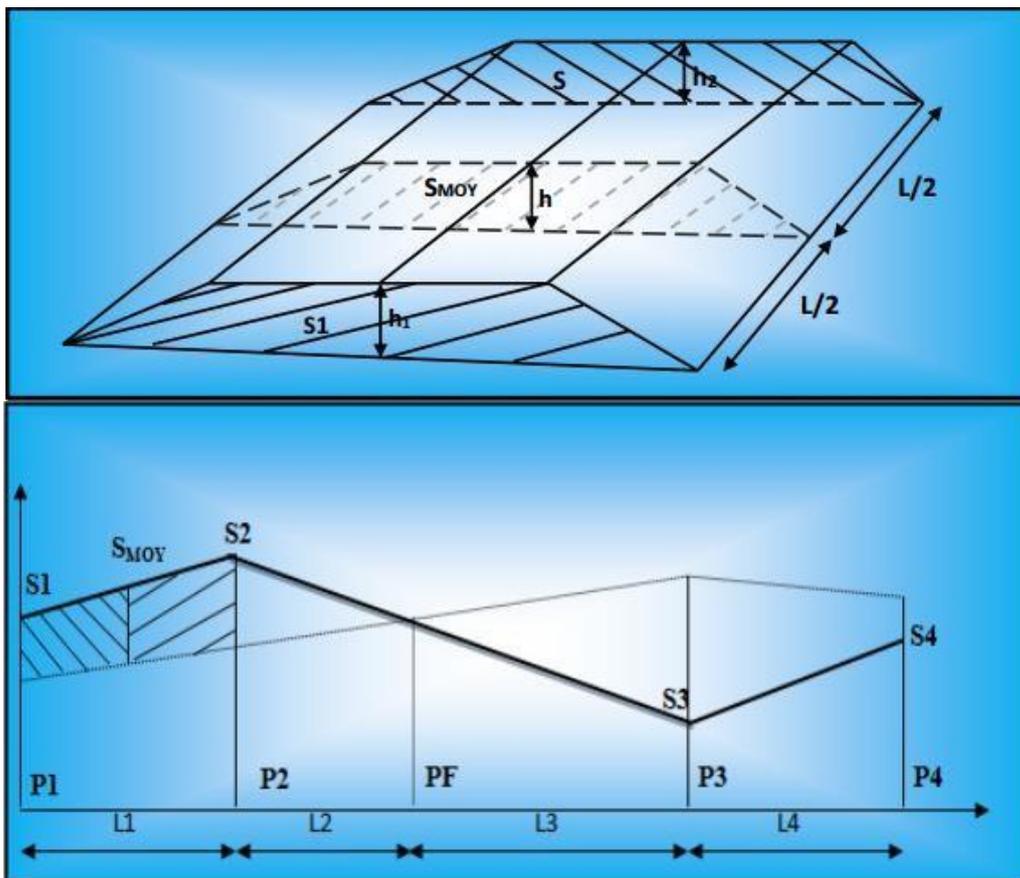


Figure n°15 : Calcul volume déblai Remblai.

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

**PF** : profil fictive, surface nulle.

- ✓ **Si** : surface de profil en travers Pi.
- ✓ **Li** : distance entre ces deux profils.
- ✓ **SMOY** : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions **SMOY** et  $(S_1+S_2) / 2$  ; Ceci donne :

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

Donc les volumes seront :

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

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

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

$$\text{Entre P3 et P4 : } V_4 = \frac{L_4}{2} \times (S_3 + S_4)$$

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

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

### **VIII.3.2. Méthode de GULDEN :**

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

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée. Si on utilise la méthode de GULDEN, la quantité (longueur d'application) n'a plus de sens.

### VIII.3.3. Méthode linéaire :

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

### VIII.3. Application au projet

Dans notre projet, le calcul est fait par logiciel Covadis. Les résultats détaillés sont en annexe.

L'objectif fixé est de réduire au maximum la différence entre les volumes de déblais et remblais.

Volume total de décapage = **149.783,9 m<sup>3</sup>**

Volume des déblais :  $V_D = 492.193,10 \text{ m}^3$

Volume des remblais :  $V_R = 621.897,90 \text{ m}^3$

Différence de volume :  $V_R - V_D = 129.704,80 \text{ m}^3$

**Exé de remblais = 129.704,80 m<sup>3</sup>**

**Chapitre IX :**

**Dimensionnement Du Corps de**  
**chaussée**

## IX.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 conditions 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

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**

La charge maximale autorisée sur un jumelage isolé est de 65 KN (6,5 tonnes) soit un essieu standard de 130 KN (13 T).

Il arrive également que cette charge maximale dépassée à cause de phénomène de surcharge.

## Chapitre IX Dimensionnement du corps de chaussée

---

- **Des intempéries**

Les variations de la température peuvent engendrer dans les solides élastiques des champs de contrainte et engendrer aussi : les effets du gel, les efforts de l'ensoleillement sur la déformation des mélanges bitumineux, et sur le vieillissement du bitume.

- **Des efforts tangentiels**

Lorsqu'un véhicule est en mouvement apparaissent des efforts horizontaux du fait :

- De la transmission de l'effort moteur ou du freinage.
- De la mise en rotation des roues non motrice.
- De la résistance aux efforts transversaux.

Toutes ces actions tangentielles s'accompagnent de frottement dans lesquels se dissipent de l'énergie et qui usent les pneumatiques et les chaussées.

### **IX.2. La chaussée :**

- **Définition :**

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

- Au sens structurel : c'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges :

- ❖ **Couche de surface :**

Elle est composée de la couche de roulement et la couche de liaison et elle est en contact direct avec le pneumatique de véhicule et la charge extérieure. Son rôle est de :

- Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
- Imperméabiliser la surface de la chaussée.
- Assurer la sécurité (adhérence) et le confort (bruit et uni.)
- Assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides.

## Chapitre IX Dimensionnement du corps de chaussée

---

### ❖ Couche de base

Elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

### ❖ Couche de fondation

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

### ❖ Couche de forme

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

- Sur un sol rocheux : elle joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.
- Sur un sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée) : Elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

Actuellement, on tient de plus en plus compte du rôle de portance à long terme apporté par la couche de forme dans le dimensionnement et l'optimisation des structures de chaussées.

### IX.3. Les différentes catégories de chaussée

Il existe deux catégories de chaussées :

- Les chaussées classiques (souples et rigides)
- Les chaussées inverses (mixtes ou semi-rigides)

#### Structures de chaussée

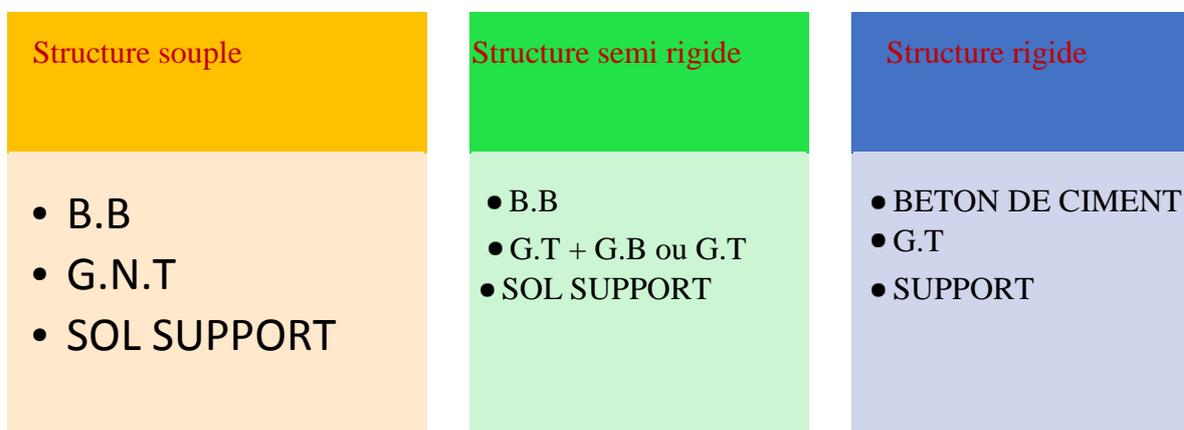


Figure n°16 : Les différentes catégories de chaussée.

## Chapitre IX Dimensionnement du corps de chaussée

---

BB : béton bitumineux

GB : grave bitume

GT : grave traité

G.N.T : grave non trait.

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

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

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

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

### **IX.4. Les principales méthodes de dimensionnement**

On distingue deux familles des méthodes :

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

Pour cela on passera en revue les méthodes empiriques les plus utilisées.

- **Method C.B.R (California – Bearing – Ratio)**

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

## Chapitre IX Dimensionnement du corps de chaussée

---

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

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

Avec :

e : épaisseur équivalente.

I : 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 :

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

$a_1 \times e_1$  : couche de roulement

$a_2 \times e_2$  : couche de base

$a_3 \times e_3$  : couche de fondation

Où :

$a_1, a_2, a_3$  : coefficients d'équivalence.

$e_1, e_2, e_3$  : épaisseurs réelles des couches.

## Chapitre IX Dimensionnement du corps de chaussée

### 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	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.75-0.00

Tableau n°25 : Coefficient d'équivalence des matériaux.

Lorsque le corps de chaussée est composé par des différents matériaux, on utilise le coefficient d'équivalence de chaque matériau :

$$e = \sum_{i=0}^n a_i \cdot e_i$$

### IX.5. Application au projet

#### Méthode de l'indice CBR :

##### 1) Données de l'étude :

- Le trafic à l'année 2022  $TMJA_{2022} = 11651$  V/J.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté  $\tau = 4\%$
- La vitesse de base sur le tracé  $V_b = 100$  km/h
- Le pourcentage moyen de poids lourds  $Z = 30\%$
- L'année de mise en service sera en 2025
- Environnement(E1) – Catégorie (CAT1)
- La durée de vie estimée de 20 ans
- $ICBR = 5.2$  (terrain Agricole)

## Chapitre IX Dimensionnement du corps de chaussée

---

Calcul du trafic du VPL a l'année de mise en service :

$$N1 = TMJA2022 \times \%PL$$

$$N1 = 11651 \times 0.3 = 3495.3 \text{ VPL/J}$$

Calcul du trafic du VPL a l'année horizon :

$$Nn = N1 (1+\tau)^n$$

$$N_{20} = 3495.3 (1+0.04)^{20} = 7658.63 \text{ VPL/J}$$

### 2) Calcul d'épaisseur théorique :

On a C.B.R = 5.2

$$E = \frac{100 + \sqrt{6.5} \times (75 + 50 \times \log \frac{4308}{10})}{5.2 + 5}$$

$E \approx 62 \text{ cm.}$

### ❖ Epaisseur équivalente :

$$E_{\text{équivalente}} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3.$$

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée, il nous faut résoudre l'équation suivante :  $a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 = 62 \text{ cm.}$

### Couche de roulement « Béton bitumineux BB »

D'après le tableau ci-dessous

$$a_1 = 2.00$$

$$e_1 = 2 \times 7 = 14 \text{ cm}$$

### Couche de Base « Grave Bitume GB » :

$$a_2 \times e_2 = 15 \times 1.5 = 22.50 \text{ cm}$$

### Couche de Fondation « Grave Non Traité GNT »:

$$a_3 = 1$$

## Chapitre IX Dimensionnement du corps de chaussée

### Épaisseur équivalente :

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

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

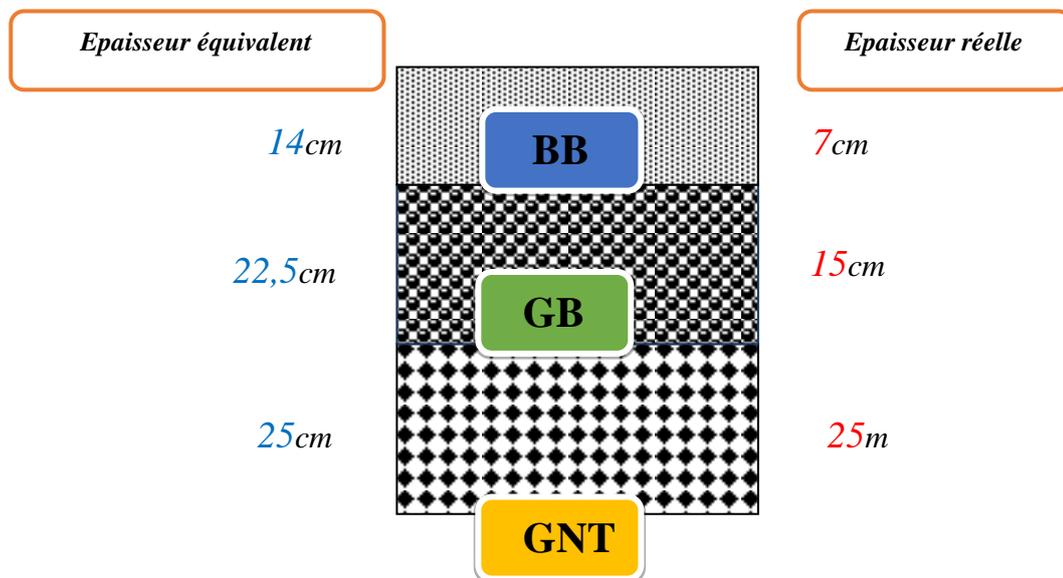
$$e = 7 \times 2 + 15 \times 1,5 + e_3 \times 1 = \mathbf{62 \text{ cm}}$$

$$e_3 = [62 - (7 \times 2 + 15 \times 1,5)] / 1 = \mathbf{25,5 \text{ cm} \approx 25 \text{ cm}}$$

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

Donc l'épaisseur réelle est de

$$\mathbf{7(BB) + 15(GB) + 25(GNT)}$$



**1. Conclusion :** la méthode CBR nous donne le corps de chaussée le plus économique et tout en sachant que cette méthode est la plus utilisée en Algérie, donc on choisit les résultats de la méthode CBR.

$$\mathbf{7BB + 15GB + 25GNT}$$

# **Chapitre X**

## **Etude Géotechnique**

# Chapitre X: Etude géotechnique

---

## **X.1 Introduction :**

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques, chimique et mécaniques des roches et des sols qui vont jouer le rôle d'assise pour la structure de chaussée. Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Cette étude doit d'abord permettre de localiser les différentes couches et donner les renseignements de chaque couche et les caractéristiques mécaniques et physiques de ce sol.

L'exécution d'un projet routier nécessite une bonne connaissance des terrains traversés et qui exige des reconnaissances géotechniques.

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

La géotechnique routière est la branche de la géotechnique qui traite des problèmes intéressant la route, dans toutes ses parties. Elle étudie notamment : les remblais, les fondations de chaussée et la construction des diverses couches de la chaussée.

## **X.2 Objectif de la géotechnique routière :**

- Définir les caractéristiques des sols qui serviront d'assise pour le corps de chaussée,
- Etablir le projet de terrassement,
- Détecter des zones d'emprunts de matériaux de construction pour les remblais et le corps de la chaussée.

## **X.3 Moyens de reconnaissance :**

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

- L'étude des archives et documents existants (cartes géologiques et géotechniques)
- Les visites sur site.

# Chapitre X: Etude géotechnique

---

- Les essais « in-situ ».
- Les essais de laboratoire.

## **X.4 Réglementation algérienne en géotechnique :**

La géotechnique couvre un grand champ qui va de la reconnaissance des sols au calcul et à l'exécution des ouvrages en passant par les essais de sols en laboratoire ou en place (in situ). Les normes algériennes adoptées dans le domaine de la géotechnique sont relatives aux modes opératoires et des essais de sols couramment réalisés en laboratoire dans le cadre des études géotechnique.

✓ Les essais de laboratoire : essais d'identification et de classification.

✓ Les essais en place (essais pressiométriques, pénétromètre statique ou dynamique).

## **X.5 Les essais en géotechnique :**

### **Introduction :**

La détermination des caractéristiques d'un sol nécessite la réalisation d'essais. Certains essais (relatifs au comportement à court terme), peuvent être effectués de deux façons :

- Au laboratoire après prélèvement d'échantillon intacts (ou non remaniés).
- Au sein du massif de sol, par un essai en place ou in situ.

Les essais permettant la détermination des caractéristiques à long terme sont réalisés au laboratoire sur des échantillons de sol intacts.

Les essais in situ en géotechnique permettent d'approfondir l'étude des sols et des roches avant toute construction en surface ou en profondeur. Parfois discrédités au profit des essais de laboratoire, ils évitent pourtant toute contrainte de transport et de conservation susceptible d'altérer les prélèvements et leurs résultats.

### **Les avantages de l'essai in situ sont les suivants :**

- Son exécution est rapide, donc on peut le multiplier pour permettre une meilleure reconnaissance du sol.
- Il est parfois le seul à réaliser lorsqu'on ne peut pas extraire des échantillons intacts.

## Chapitre X: Etude géotechnique

---

- Il donne des résultats globaux par rapport aux essais de laboratoire qui donnent des résultats discontinus.

### **L'implantation des puits de reconnaissance :**

Les puits de reconnaissance creusés à ciel ouvert, réalisés à l'aide d'une pelle mécanique jusqu'au refus ou stoppée à 3.00 m de profondeur avaient pour objectif :

- La détermination des agencements lithologiques des strates rencontrées.
- La prise des échantillons remaniés en vue des essais de laboratoire.

D'autre part des densités in situ et des teneurs en eau ont été mesurés au droit de chaque puits à l'aide du gamma densimètre

### **X.5.1 Essais physiques :**

#### **1) La 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 :**

L'essai de teneur en eau permet de déterminer quel est le pourcentage massique (W%) d'eau dans le sol étudié, c'est-à-dire quelle est la masse d'eau présente par rapport à 100 grammes de sol sec.

##### **c. Appareillages utilisés :**

- Etuve sèche
- Des récipients
- Balance :
  - 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.

## Chapitre X: Etude géotechnique

---

### d. 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%.

### Calcul de la teneur en eau :

Soit  $P_h$  le poids humide de l'échantillon et  $P_s$  le poids sec de l'échantillon

$$W = \frac{P_s}{P_h} \times 100$$

#### ❖ Phase 1 : Déterminer "Ph" le poids Humide

- Sur le terrain, disposer d'une balance type balance de cuisine et d'une poêle à frire.
- Poser la poêle sur la balance et faire la tare. (La balance doit indiquer « 00 » lorsque la poêle est dessus).
- Répartir dans la poêle une couche de sol épaisse d'environ 2cm.
- Noter le poids indiqué par la balance. C'est le poids humide ( $P_h$ ).

#### ❖ Phase 2 : Déterminer $P_s$

- Installer le réchaud à Gaz sur un endroit plan et abrité.
- Utiliser des gants et une spatule afin de prévenir tout risque de brûlure. Allumer le réchaud et « cuire » le sol en le mélangeant jusqu'à obtenir un mélange poudreux et totalement sec. (En laboratoire on évapore l'humidité du sol en le plaçant 24 heures dans une étuve à 105°).
- Laisser la poêle et le mélange refroidir sous surveillance.
- Peser le mélange et noter le poids sec indiqué. C'est le poids sec ( $P_s$ ).

## Chapitre X: Etude géotechnique

---

### ❖ Phase 3 : Déterminer W%

- A l'aide de la calculatrice, en prenant garde aux priorités de calcul, remplacer les valeurs de  $P_s$  et  $P_h$  dans la formule mathématique et déterminer la teneur en eau (W) du sol étudié.

$$[(P_h - P_s) : P_s] \times 100 = \text{Teneur en eau (W)}$$



Figure n°18 : Matériels d'essai teneur en eau.

### 2) Masse volumique (NF P 94-054, NF P 94-053)

#### a. Définition :

( $\gamma$ ) est la masse d'un volume unité de sol :

$$\gamma = W / V$$

On calcule aussi la masse volumique sèche :

$$\gamma_{ds} = W_s / V$$

#### b. Principe de l'essai :

On utilise le principe de la poussée d'Archimède.

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

#### c. But de l'essai :

Le but de cet essai est de déterminer expérimentalement au laboratoire de certaines caractéristiques physiques des sols

# Chapitre X: Etude géotechnique

## d. Domaine d'utilisation :

Cet essai est utilisé pour classer les différents types de sols.

### 3) Analyse granulométrique par tamisage :

#### a. Définition :

L'analyse granulométrique est l'opération consistant à étudier la répartition des différents grains d'un échantillon, en fonction de leurs caractéristiques (poids, taille, ...). Par métonymie, c'est aussi le nom donné au résultat de cette analyse.

**Granularité** : distribution dimensionnelle des grains.

**Refus** : sur un tamis : matériau qui est retenu sur le tamis.

**Tamisât (ou passant)** : matériau qui passe à travers le tamis.

C'est la fraction d'un matériau comprise entre 80  $\mu\text{m}$  et 50 mm, détermination de la classe granulométrique.

Par deux méthodes :

- Tamisage par voie humide (NFP P 94-041)
- Tamisage à sec après lavage (NF NP P 94-056)

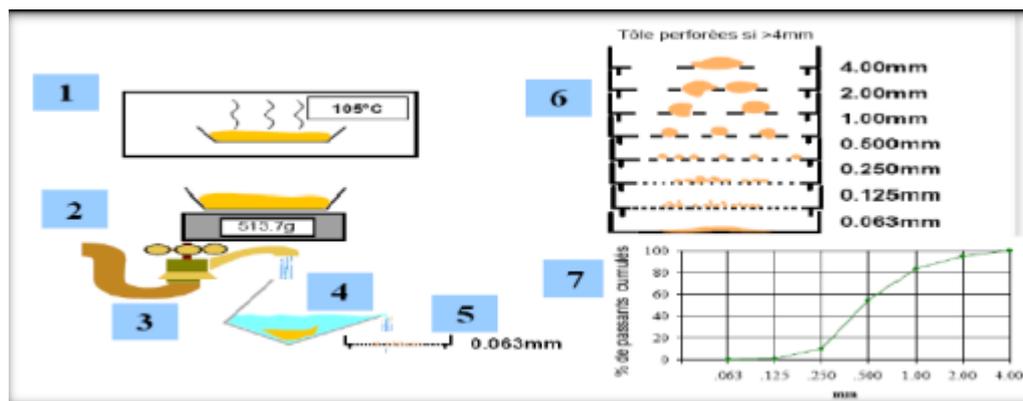


Figure n°19 : Analyse granulométrique.

#### b. But de l'essai :

L'analyse granulométrique permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs des différentes familles de grains constituant l'échantillon.

## Chapitre X: Etude géotechnique

---

### c. Principe de l'essai :

L'essai consiste à séparer les grains agglomérés d'une masse connue de matériau par brassage sous l'eau à fractionner ce sol, une fois séché au moyen d'une série de tamis et à peser successivement le refus cumulé sur chaque tamis

### d. Matériel utilisé :

- Appareillage spécifique à la norme P 18-553.
- Bacs, brosses, pinceaux.
- Balance dont la portée limite est compatible avec les masses à peser et permettant de faire toutes les pesées avec une précision relative de 0,1 %.
- Étuve ventilée réglée à  $105\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ .
- Un dispositif de lavage.
- Colonne de tamis.



Figure n°20 : Tamisage électrique et manuel.

### e. Préparation de l'échantillon pour l'essai :

L'échantillon doit être préparé suivant les prescriptions de la norme **P 18-553**. La masse  $M$  de l'échantillon pour l'essai doit être supérieure à  $0,2 D$ , avec  $M$  exprimé en kilogrammes et  $D$  la plus grande dimension spécifiée en millimètres. (Voir figure)



Figure n°21 : Méthode d'essai.

### f. Mode opératoire :

#### 1- Mode opératoire N°1 :

- Calcul de la masse sèche :  $M_s$
- Faire une teneur en eau :  $w$
- Peser l'échantillon humide :  $M$
- $M_s = M / (1+w)$
- Tamisage par voie humide (OBLIGATOIRE)
- Tamis de  $80\mu\text{m}$
- Séchage des refus à  $80\mu\text{m}$  (sables et graviers)
- Tamisage à sec des refus à  $80\mu\text{m}$
- Pesage des refus secs La figure ci-dessus représente le premier mode opératoire :

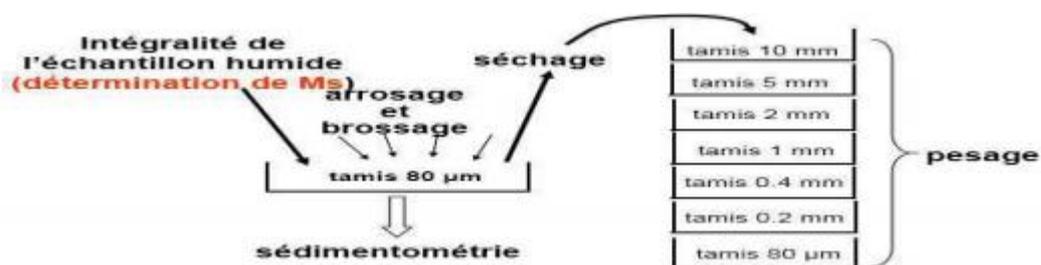


Figure n°22 : Mode opératoire 01.

## 2- Mode opératoire N°2 :

Pesage des refus cumulés ( $R_i$ ) :

- $R_1, (R_1 + R_2), R_1 + R_2 + R_3, \dots$  etc

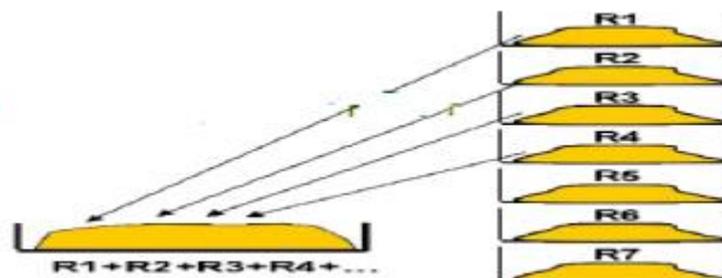
Calcul du pourcentage des refus (%) ( $PR_i$ ) :

- $R_1 / M_s = PR_1$
- $(R_1 + R_2) / M_s = PR_2$
- $(R_1 + R_2 + R_3) / M_s = PR_3 \dots$  etc

Calcul du pourcentage des tamis (%) ( $T_i$ ) :

- $T_1 = 1 - PR_1$
- $T_2 = 1 - PR_2$
- $T_3 = 1 - PR_3$

La figure suivante représente le deuxième mode opératoire :



**Figure n°23 : Mode opératoire 2.**

## **4) Equivalent de sable selon la norme : NFP18-598**

### **a. Définition :**

L'essai d'équivalent de sable, permettant de mesurer la propreté d'un sable, et effectué sur la fraction d'un granulat passant au tamis à mailles carrées de 5 mm. Il rend compte globalement de la quantité et de la qualité des éléments fins, en exprimant un rapport conventionnel volumétrique entre les éléments sableux qui sédimentent et les éléments fins qui flocculent.

## Chapitre X: Etude géotechnique

---

La valeur de l'équivalent de sable (ES) est le rapport, multiplié par 100, de la hauteur de la partie sableuse sédimentée, à la hauteur totale du floculat et de la partie sableuse sédimentée.

### **b. But de l'essai :**

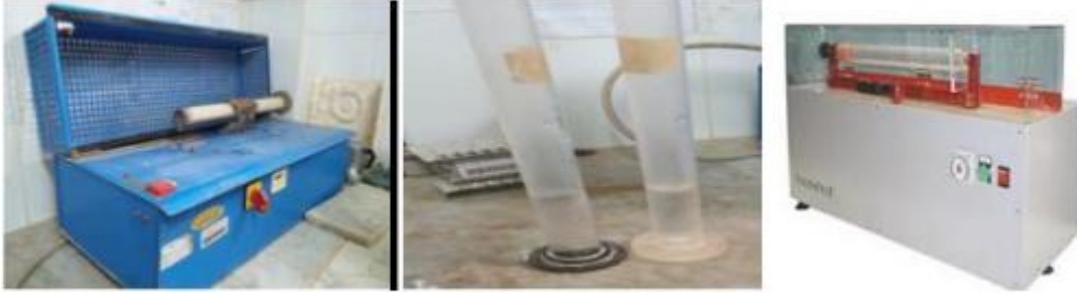
Le but de cet essai est de permettre de mesurer rapidement l'importance relative des éléments fins au sien d'un matériau sableux, il rend compte globalement de la qualité et la quantité des éléments fins qui flocculent et l'élément sableux qui sédimentent.

### **c. Principe :**

L'essai consiste à verser un échantillon de sable et une petite quantité de solution flocculant dans un cylindre gradué et d'agiter de façon à détacher les revêtements argileux des particules de sable de l'échantillon. On complète alors le sable en utilisant le reste de solution flocculant afin de faire remonter les particules de fines en suspension au-dessus du sable. Après 20 min, les hauteurs des produits sont mesurées. L'équivalent de sable est le rapport hauteur du sable sur la hauteur totale, exprimé en pourcentage.

### **d. Matériels utilisés :**

- Tamis de 5 mm d'ouverture de mailles avec fond.
- Spatule et cuillère.
- Récipients de pesée pouvant recevoir environ 200 ml.
- Balance dont la portée limite est compatible avec les masses à peser et permettant de faire toutes les pesées avec une précision relative de 0,1 %.
- Chronomètre donnant la seconde.
- Règle de 500 mm, gradué en millimètres.
- Goupillon pour le nettoyage des éprouvettes. (Voir figure)
- Bacs pour tamisage



**Figure n°24 : Matériels utilisés dans l'essai équivalent de sable.**

### **e. Préparation de l'échantillon pour essai :**

L'échantillon pour laboratoire doit être préparé suivant les prescriptions de la norme

**P 18-598.** Sa masse doit être telle que la fraction passant au tamis de 5 mm pèse 500 à 700 g.

Si l'échantillon pour laboratoire n'est pas humide, l'humidifier afin d'éviter les pertes de fines et la ségrégation. Sur celui-ci, procéder à la préparation d'un échantillon pour la détermination de la teneur en eau  $w$  et de deux échantillons pour essai.

L'essai s'effectue sur le sable à sa teneur en eau naturelle, la masse sèche de l'échantillon pour essai doit être de  $120 \text{ g} \pm 1 \text{ g}$ .

### **f. Mode opératoire :**

- Tamisez l'échantillon (tamis de 5mm), et prenez 120 g.
- Remplir l'éprouvette jusqu'au trait inférieur avec la solution lavande, puis ajouter la masse de l'échantillon, et laisser la manipulation pendant 10 mn
- Après les 10 mn on ferme l'éprouvette avec un bouchon et on la pose dans un agitateur et le démarrer (agitation pendant 30s)
- Laver avec la tige d'eau de la solution lavande jusqu'à le trait supérieur
- Après 20 mn, mesurer avec la règle  $h_1$  jusqu'au niveau qui sépare le liquide et le matériau. Et avec le piston on mesure  $h_2$
- Refaire l'essai 3 fois.



**Figure n°25 : L'essai d'équivalent de sable**

Selon la norme française **NFP 18-598**, l'observation de l'essai et la classification des échantillons se résume dans le tableau suivant :

N°	Equivalent de sable en %	Observation
01	ESV<65	Sable argileux; risque de retrait ou de gonflement de béton.
02	65>ESV<75	Sable légèrement argileux ; de propriété admissible.
03	75>ESV<85	Sable propre ; convenant au béton à haute qualité.
04	ESV>85	Sable très propre ; absence de plasticité de béton.

**Tableau n°26 : Nature du sol en fonction d'E.S.**

### **5) Limites d'Atterberg : NF P 94-051**

#### **a. Définition :**

Les limites d'Atterberg sont des constantes physiques conventionnelles qui marquent le seuil entre ces différents états elles ont pour valeur la teneur en eau du sol à l'état de transition ont les définis aussi par les notions suivantes telles que :

- La limite de liquidité  $W_L$  qui sépare l'état liquide au plastique
- La limite plasticité  $W_P$  qui sépare l'état plastique au solide
- La limite plasticité  $W_s$  qui sépare l'état solide avec retrait et l'état solide sans retrait (peu utilisé)
- L'indice de plasticité  $I_P$  définit par l'étendu du domaine plastique

## Chapitre X: Etude géotechnique

---

- L'indice de consistance relative  $I_c$  définit par l'état naturel d'un sol en fonction de sa teneur en eau
- L'indice de liquidité  $I_L$  fournit une approche inverse de l'indice de consistance relative  
Relation entre ces différents facteurs :
  - $I_c = WL - Wp$
  - $I_L = W - Wp$
  - $I_p = WL - Wp$

### b. But de l'essai :

Le but de cet essai est de déterminer les limites de plasticité et de liquidité d'un matériau et son état de consistance dans des proportions importantes en fonction de sa teneur en eau.

### c. Principe de détermination des limites de consistance :

L'essai s'effectue en deux phases :

- Détermination de la teneur en eau  $WL$  pour laquelle une rainure pratiquée dans une coupelle se forme, suite à des chocs répétés pour un nombre de coups donnés (cette limite de liquidité correspond à une résistance à un cisaillement conventionnel).
- Détermination de la teneur en eau  $WP$  pour laquelle un rouleau de sol se fissure (cette limite de plasticité correspond à une résistance à la traction conventionnelle).

### d. Préparation de l'échantillon :

- On tamise une quantité de sol (tamis 0,400) pour obtenir 200 grammes de mortier préalablement au tamisage on prendra soin de briser les mottes de terre au pilon et d'écarter manuellement les grosses particules.
- On ajoute progressivement une quantité d'eau au sol et on malaxe rigoureusement.
- On couvrit le mélange et laisser reposer pendant la durée nécessaire à rhomogénéisqtiôfr.de l'humidité. Une période de repos de 24 heures est nécessaire pour les argiles, et quelques minutes sont suffisantes pour les limons.

### e. Détermination de la limite de liquidité :

#### e.1 Matériels utilisés :

- Spatule, coupelle, marbre pour malaxage, godet

## Chapitre X: Etude géotechnique

- Balance, étuve à 105°C, socle en bois, bac et pinceau
- Appareil de limite (CASAGRANDE)
- Outil à rainurer
- Les tares

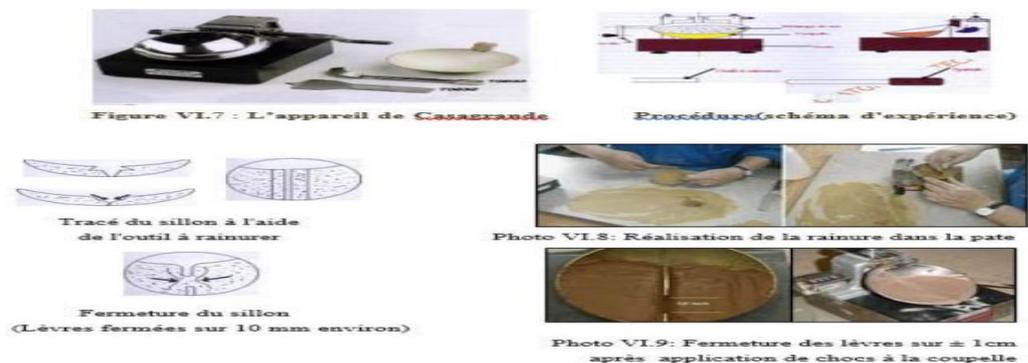


Figure n°26 : Matériels utilisés.

### e. 2 Préparation de l'appareil :

Avant de démarrer l'essai il est conseillé de réaliser les préparations suivantes :

- On nettoie le socle et la coupelle avec un chiffon propre.
- On marque le point de contact de la coupelle avec le socle.
- On règle la hauteur de chute de la coupelle à l'aide de la vis de réglage.

### e. 3 Mode opératoire :

- On remplit la coupelle au % avec le mélange de sol-eau en utilisant la spatule, pour obtenir une épaisseur maximum de 10 mm
- On réalise une rainure centrale qui partage le sol en deux avec l'outil à rainurer tenu perpendiculairement à la surface de la coupelle.
- A l'aide de la manivelle, on imprime à la coupelle une série de chocs régulière, à raison de deux chocs par seconde. On note le nombre de chocs qui correspond à la fermeture des lèvres de la rainure sur une longueur de 10 mm :
- On Utilise l'extrémité non biseautée de l'outil à rainurer pour vérifier. La première fermeture doit se faire entre 15 et 30 chocs. Si l'échantillon est sec, la fermeture se fera pour un

## Chapitre X: Etude géotechnique

---

nombre de chocs plus élevé, on ajoute un peu d'eau à l'échantillon et on malaxe vigoureuse et on reprend les opérations de 1 -4.

- On prélève à l'aide de la spatule une masse ;  $M_i$ , (humide) de sol à endroit où les lèvres se sont refermées et On procède à la mesure de sa teneur en eau et on met dans une tare de masse vide  $M_v$  et on pèse l'ensemble  $M_{eh}$  (tare+sol humide telle que  $M_h = M_{eh} - M_v$ ) puis on pose dans l'étuve et après 24 heures (la durée de séchage) on pèse mon échantillon  $M_{es}$  (tare+sol sec telle que  $M_s = M_{es} - M_v$ ).

### f. Détermination de la limite de plasticité :

#### f.1 Mode opératoire :

- On prend la quantité de sol réservée à la détermination de la limite de plasticité au démarrage de la manipulation.
- On assèche cette fraction de sol en le roulant entre les paumes des mains. On roule les polettes sur une surface lisse de façon à former des rouleaux ou fuseaux qu'on amincit progressivement jusqu'à ce qu'ils atteignent un diamètre de 3mm et de longueur de 20 mm.
  - On reforme les boulettes avec les fuseaux et On répète l'étape 2 jusqu'à ce que les rouleaux de 3 mm se cassent en morceaux lorsqu'ils soumièrent à leur propre poids. Dans cette situation on dit que le sol a atteint sa limite de plasticité.
- On place les morceaux, ainsi de chaque rouleau brisé, ans une coupelle et on détermine leur teneur en eau.

La limite de liquidité sera la moyenne des teneurs en eau de tous ces échantillons. La teneur en eau de chaque échantillon ne doit pas varier de plus de 1 des autres teneurs en eau trouvées sinon elle est écartée. (Voir la figure)



**Figure n°27 : Limite de plasticité.**

### **6) Essai d'évaluation des carbonates : NF P 94-048**

#### **a. Définition :**

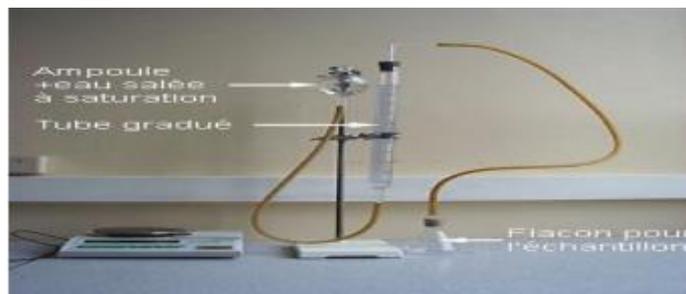
L'essai de carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) c'est la méthode de détermination de la teneur en carbonate dans des échantillons de sols (y compris les sédiments), de matières utilisées sur ou dans les sols et de déchets. Cette détermination est systématique sur les matières amendâtes mais pas sur les sols.

#### **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.
- Balance.



**Figure n°28 : Appareillage.**

#### **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 figure)



Figure n°29 : Tamisage de l'échantillon.

Figure n°30 : Pesé l'échantillon.

### e. Mode opératoire :

- Verser la prise m1 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 m1.
- 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.
- Répété l'essai aplatir 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 :

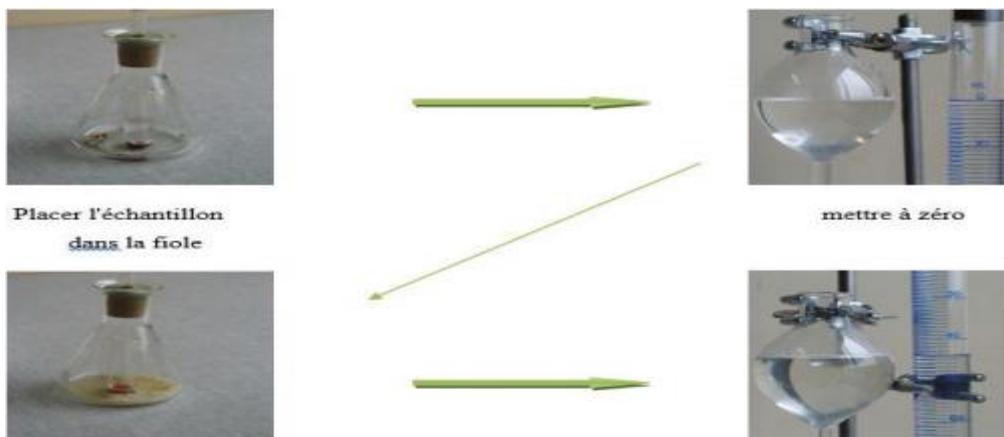


Figure n°31 : Mode opératoire de l'essai carbonate.

## Chapitre X: Etude géotechnique

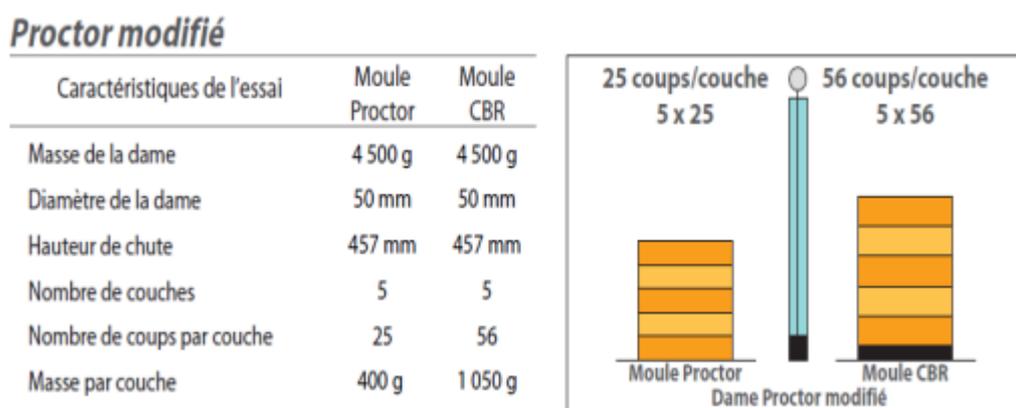
La qualification de l'horizon dépend de la teneur en calcaire totale comme le montre le tableau suivant :

Teneur en calcaire total	Qualificatif de l'horizon
< 1 %	non calcaire
1à5%	peu calcaire
5à25%	modérément calcaire
25à50%	fortement calcaire
60à80%	très fortement calcaire
>80%	excessivement calcaire

**Tableau n°27 : Qualification des horizons en fonction de leur teneur en calcaire total selon le GEPPA.**

### II. X.5.2 Essais mécaniques :

**1) Essai Proctor modifié : NF P 94-093 a. Définition :** L'essai Proctor, mis au point par l'ingénieur Ralph R. Proctor (1933), est un essai géotechnique qui permet de déterminer la teneur en eau nécessaire pour obtenir la densité sèche maximale d'un sol granulaire par compactage à une énergie fixée (dame de poids, nombre de coups et dimensions normés). Le protocole de l'essai Proctor suit la norme **NF P 94-093** (détermination des références de compactage d'un matériau). Les valeurs obtenues par l'essai sont notées pour la teneur en eau optimale, et pour la masse volumique sèche optimale. Une autre référence peut être déterminée pour une énergie supérieure (notamment pour des couches de chaussées granulaires), il s'agit de l'optimum Proctor modifié (OPM). (Voir figure)



**Figure n°32 : Modalité d'exécution des essais Proctor modifié.**

## Chapitre X: Etude géotechnique

---

### b. But de l'essai :

L'essai a pour but de déterminer la teneur en eau optimum en fonction de la densité sèche optimale pour un sol de remblai donné et des conditions de compactage fixées qui conduit au meilleur compactage possible ou encore capacité portante maximum.

### c. Principe de l'essai :

Lorsqu'on compacte de façon identique des échantillons d'un même sol, au moins cinq teneurs en eau différentes, on constate que la densité sèche  $\rho_d$  varie et passe par un maximum pour une teneur en eau déterminée (dite optimale  $W_{opt}$ ).

### d. Appareils utilisés :

- Un moule Proctor et CBR
- Une dame Proctor et CBR
- Une règle à araser
- Un disque d'espacement, étuve
- Une burette, balance,
- Une éprouvette, truelle, un bac et un tamis de 5 et 20 (Voir figure)



**Figure n°33 : Matériels de l'essai Proctor.**

### e. Mode opératoire :

- Peser 5500 g de Tuf.
- Tamiser la peser (série de passoir « 100-63-40-25-12,5 »).
- Noter la peser de chaque refus.
- Puis ajouter un pourcentage d'eau de 2% puis 4% puis 8% en mélangeant bien.
- La découper l'échantillon en 5 couches, ensuite les mettre l'une après les autres en compactant chaque couche avec la même énergie de compactage (56) coups/couches) jusqu'à la dernière couche.

## Chapitre X: Etude géotechnique

---

- Araser bien et enfin peser et l'enlevé du moule.

La figure suivante montre les différentes étapes de l'essai Proctor :



**Figure n°34 : Les étapes de l'essai Proctor.**

Après le tracé de la courbe Proctor, on tire la densité sèche optimale et la teneur en eau optimale.

### **2) Essai CBR : NF P 94-078**

#### **a. Définition :**

Pour les sols à vocations routière CALIFORNIA BEARING RATIO permet de définir un indice purement empirique dit indice portant cet indice connu grâce à des abaques permet de calculer l'épaisseur des couches de formation nécessaire d'une chaussée et ceci en fonction de la charge par essieu et du trafic attendu.



**Figure n°35 : Matériels d'essai CBR.**

## Chapitre X: Etude géotechnique

---

### **b. But de l'essai :**

Cet essai a pour but de déterminer la portance d'un sol (l'indice CBR).

### **c. 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.

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.

### **d. 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 connu 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 arasée 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 des quels 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/mim 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. (Voir figure).



**Figure n°36 : Matériels d'essai CBR.**

### **e. Facteurs influents de l'essai :**

#### **1) Teneur en eau :**

Pour avoir un meilleur remblai on utilise le sol dont la courbe Proctor est aplatie 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.

### **f. Remarque :**

On mesure trois types d'indices en fonction du but :

**a)** 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)

**b)** L'indice caractérisant l'évolution de la portance d'un sol support compacté à différentes teneurs en eau : CBR immédiat

**c)** L'indice caractérisant l'évolution de la portance d'un sol support compacté à différentes teneurs en eau et soumis à des variations de régime hydrique : CBR APRES IMMERSION.

### II. X.5.3 Essais chimiques :

#### 1) Essais au bleu de méthylène (ou à la tache) :

##### **a. Définition :**

Les molécules de bleu de méthylène ont pour propriété de se fixer sur les surfaces externes et internes des feuillets d'argiles, la quantité de bleu adsorbée par 100 grammes de sol s'appelle Valeur au Bleu du Sol et est notée VBS, la VBS reflète globalement :

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

##### **b. Principe de l'essai :**

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

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

$$VBS (\%) = X P \times C \times 100$$

Avec :

X : La masse de bleu introduit

P : Masse sèche de la prise d'essai (100g)

C : Proportion de la prise d'essai dans le (0/50) mm

## **II. X.5.4 Essais des Enrobées :**

### **1) L'essai de compacité :**

#### **Définition de l'essai :**

L'essai proposé dans ce document a pour but de mesurer la compacité d'une fraction granulaire de masse déterminée lorsqu'elle est soumise, dans un cylindre, à une sollicitation mécanique définie. Le mode opératoire exposé s'applique aux granulats d'origine naturelle ou artificielle utilisés dans le domaine du bâtiment et du génie civil. L'appareillage et les conditions des essais sont décrits mais aussi un exemple de feuille d'essai est donné pour permettre une bonne mise en œuvre de la méthode d'essai.

#### **La méthode du nucléo densimètre :**

Cette méthode consiste à placer à la surface du sol un appareil muni d'une source radioactive de rayons  $\gamma$  et d'un détecteur de particules protégés l'un et l'autre par des blindages tels que toutes les radiations provenant de la source pénètrent dans le sol et que seules les radiations provenant du sol atteignent le détecteur.



**Figure n°37 : L'appareil de compacité (nucléo-densimètre).**

### **2) Essai de carottage :**

Les carottages sont des essais destructifs très riches en information sur l'état des couches traitées (aux liants hydrauliques ou bitumineux) des chaussées. Ils renseignent tant sur l'épaisseur et l'état des couches traitées que sur celui des interfaces ; ou des fissures.

## Chapitre X: Etude géotechnique

---

Pour pouvoir exploiter ces informations dans des systèmes d'analyse automatique, il est nécessaire de les codifier.

La présente méthode s'attache à définir les conditions d'exécution des carottages routiers, et Les règles de codification, voire d'agrégation, des observations faites lors de ces essais.

### **PRINCIPE :**

Le carottage est un essai qui consiste à découper et à extraire d'une chaussée un échantillon cylindrique, appelé carotte.

L'observation visuelle de la carotte, et de la paroi de la cavité ainsi pratiquée dans la chaussée, permet de connaître la nature et l'état des matériaux.

On déduit notamment de cet essai les caractéristiques suivantes :

Pour chaque couche de matériau, l'épaisseur  $E_p$ , l'indice d'état du matériau IEM,

Et si une fissure traverse la carotte, l'indice d'état de la fissure, IEF pour chaque interface, l'indice IEI d'état de l'interface. Les couches et interfaces sont numérotées en ordre croissant du haut vers le bas.

### **APPAREILLAGE :**

Les carottages sont effectués avec une carotteuse type CECPA, ou équivalent. Sauf spécification contraire explicite, ils sont toujours réalisés à l'eau.

La carotteuse doit être capable de traverser l'épaisseur de la chaussée dans le diamètre requis par l'application. Elle doit être stable pendant l'essai.

Sa broche doit être équipée d'un dispositif de contrôle et d'affichage en continu

De la vitesse de rotation et de la poussée permettant d'optimiser la coupe avec le carottier choisi.

Cette broche, stable dans son porte broche, doit aider au centrage du carottier de sorte qu'il ne vibre pas pendant l'essai.

Il est recommandé de ne pas tolérer un excentrement supérieur à + 1 % du diamètre du carottier.

Le matériel accessoire doit comprendre :

- Une équerre d'angle permettant de s'assurer de l'orientation du

Carottage par rapport à la surface de la chaussée (cf. « Condition d'exécution des carottages »),

- D'une pince permettant, le cas échéant, d'extraire les carottes sans les détériorer,
- Un appareil photographique.

## Chapitre X: Etude géotechnique

---

- Le matériel peut aussi comprendre un endoscope pour l'observation fine de la paroi de la Cavité.

### MODE OPERATOIRE :

L'essai comprend quatre phases qui doivent être exécutées en respectant Les conditions décrites dans les paragraphes « Condition d'exécution des carottages » Et « Conditions d'observation des carottages »:

- La mise en place de la carotteuse,
- L'exécution du carottage proprement dit,
- L'extraction de la carotte,
- L'observation de la carotte et de la cavité de carottage.
- La mesure d'épaisseur n'est pratiquée exclusivement sur la carotte que lorsque celle-ci est intacte. Sinon, elle doit être confirmée par une mesure dans la cavité de carottage.



**Figure n°38 : Exemple d'un essai de carottage.**

**CHAPITRE XI**  
**ASSAINISSEMENT**

# Chapitre XI : Assainissement

---

## **XI.1. Généralités**

Tout ouvrage routier comporte un réseau d'assainissement dont le rôle est de récupérer et d'évacuer toutes les eaux de ruissellements.

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines.

Les différents ouvrages utilisés peuvent être regroupés en :

- Réseaux longitudinaux (pieds de talus de déblai, crêtes de remblai, etc..).
- Liaisons transversales (descentes d'eau traversées sous chaussée).
- Les regards et ouvrages de raccordement.

## **XI.2. Objectif de l'assainissement**

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulent directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- Le maintien de bonne condition de visibilité.
- Réduction du cout d'entretien.
- Eviter les problèmes d'érosions.
- Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de la chaussée. (Danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (Danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).

### **XI .3. Assainissement de la chaussée**

Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de la route dans les meilleures conditions possibles et avec un moindre coût.

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

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

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

#### **Fossé de crête de déblai :**

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

#### **Fossé de pied du talus de remblai :**

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

#### **Drain :**

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainant longeant de route.

Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant en son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements.

Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet.

### **Descentes d'eau :**

Dans les sections route en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2.50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau.

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

### **XI .4. Définitions des termes hydrauliques**

#### **a) Bassin versant :**

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

#### **b) Collecteur principal (canalisation) :**

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

#### **c) Chambre de visite (cheminée) :**

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et leur nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pentes longitudinales de la canalisation. Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100 m.

#### **d) Sacs :**

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

## Chapitre XI : Assainissement

---

### e) **Les ouvrages des écoulements des eaux :**

En général les ouvrages d'évacuations des eaux superficielles ou sous chaussée sont nombreux, parmi lesquels ceux qui ont traversé notre route sont les suivantes :

- Les passages submersibles.
- Les fossés.
- Les dalots.
- Les buses.

### f) **Passages submersibles :**

Les passages submersibles sont des ouvrages qui servent à protéger la chaussée contre les dégradations causées par les eaux, et qui assurent superficiellement l'écoulement des eaux lorsque leur volume est plus important.

### g) **Fossés :**

Ces sont des tranchées creusées en longueur dans le sol et servent à délimiter les terrains ou à l'écoulement de l'eau de ruissellement.

### h) **Les dalots :**

Les dalots ont le même rôle que les buses, ils servent à évacuer les eaux sous chaussée, leurs dimensions aussi varient suivant l'importance de la profondeur du bassin versant, généralement ils sont rectangulaires ou carrés.

**CHAPITRE XII**  
**SIGNALISATION ET**  
**ECLAIRAGE**

# Chapitre XII : Signalisation et éclairage

---

## **XII.1.1. SIGNALISATION**

La signalisation routière est un moyen de communication avec les usagers.

- ✓ Bien signaler c'est bien communiquer.
- ✓ Bien signaler, c'est assurer l'écoulement du trafic dans les meilleures conditions de circulation, de gestion du trafic et de sécurité routière.

## **XII.1.2. OBJECTIFS DE SIGNALISATION ROUTIERE**

La signalisation routière a pour rôle :

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

## **XII.1.3. CRITERES A RESPECTER POUR LES SIGNALISATIONS**

Il est indispensable avant d'entamer la conception de la signalisation de respecter certains critères, afin que celle-ci soit bien vue, lue, et comprise :

- ✓ Homogénéité entre la géométrie de la route et la signalisation.
- ✓ Respecter les règles d'implantation
- ✓ Cohérence entre les signalisations verticales et horizontales.
- ✓ Eviter les panneaux publicitaires irréguliers.
- ✓ Eviter la multiplication des signaux et des super signaux, car la surabondance nuit à l'efficacité.

## **XII.1.4. TYPES DE SIGNALISATION**

On distingue deux types de signalisation :

-Signalisation verticale. -signalisation horizontale.

## Chapitre XII : Signalisation et éclairage

---

**A. Signalisation verticale :** Elle se fait à l'aide de panneaux, ces derniers sont des objets qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme. Elles peuvent être classées dans quatre classes :

➤ Signaux de danger : Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à

**150m** en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).

➤ Signaux comportant une prescription absolue : Panneaux de forme circulaire, on trouve :

- L'interdiction.
- L'obligation.
- La fin de prescription.

➤ Signaux à simple indication : Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminées en pointe de flèche :

- Signaux d'indication.
- Signaux de direction.
- Signaux de localisation.
- Signaux divers.

➤ Signaux de position des dangers : Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

**B. Signalisation horizontale :** Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussées, et pour certains marquages spéciaux, on utilise d'autres couleurs dans les conditions suivantes :

➤ **Le jaune pour**

- ✓ Les marques interdisant l'arrêt ou le stationnement ;
- ✓ Les lignes zigzag indiquant les arrêts d'autobus ;
- ✓ Le marquage temporaire.

➤ **Le bleu** éventuellement pour les limites de stationnement en zone bleue.

➤ **Le rouge** pour les damiers rouge et blanc matérialisant le début des voies de détresse.

## Chapitre XII : Signalisation et éclairage

---

La signalisation horizontale se divise en trois types :

### **Marquages longitudinales :**

#### ➤ **Lignes continues :**

Elles ont un caractère impératif (non franchissables sauf du côté où elles sont doublées par une ligne discontinue). Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit.

#### ➤ **Lignes discontinues :**

Ce sont des lignes utilisées pour le marquage, elles se différencient par leur module, c'est-à-dire le rapport de la longueur des traits à celle de leurs intervalles. On distingue :

- Les lignes axiales ou lignes de délimitation de voies pour lesquelles la longueur des traits est égale au tiers de leurs intervalles.
- Les lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération, de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leurs intervalles.
- Les lignes d'avertissement de lignes continues, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, par lesquelles la longueur des traits est sensiblement triple de celle de leurs intervalles.

Les modulations des lignes discontinues sont récapitulées dans le tableau suivant :

Type de modulation	Longueur du Trait (en mètres)	Epissure	Intervalle entre deux traits successifs (mètres)	Rapport plein vide
T <sub>1</sub>	3.00	16-18	10.00	Environ 3
T'1	1.50	18 cm	5.00	

## Chapitre XII : Signalisation et éclairage

---

T2T'2	3.00	18 cm	3.50	Environ 3
	0.50		0.50	
T3T'3	3.00	18 cm	1.33	Environ 3
	20.00		6.00	

Tableau n° 28 : Modulation de la ligne continue.

### ▪ Largeur Des Lignes :

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité “  $u$  ” différente selon Le type de route. On adopte les valeurs suivantes pour “  $u$  ”.

$u = 7,5 \text{ cm}$  sur les autoroutes, les routes à chaussées séparées, les routes à 4 voies de rase campagne.  $u = 6 \text{ cm}$  sur les routes importantes, notamment sur les routes à grande circulation.

$u = 5 \text{ cm}$  sur toutes les autres routes ;

$u = 3 \text{ cm}$  pour les lignes tracées sur les pistes cyclables.

La valeur de “  $u$  ” doit être homogène sur tout un itinéraire. En particulier, elle ne doit pas varier au passage d'un département à l'autre.

### Marquages transversales :

➤ **Lignes transversales continue** : éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

➤ **Lignes transversales discontinue** : éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

### C. Autres signalisation :

#### • Les flèches de rabattement :

Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.

- **Les flèches de sélection :**

Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'il doit suivre la direction indiquée.

- ✓ Pour piétons,
- ✓ Pour cyclistes,
- ✓ Pour le stationnement,
- ✓ Pour les ralentisseurs de type dos d'âne.

## XII.1.5. Application au projet

### A. Les signalisations horizontales :

#### ❖ Flèche de sélection :

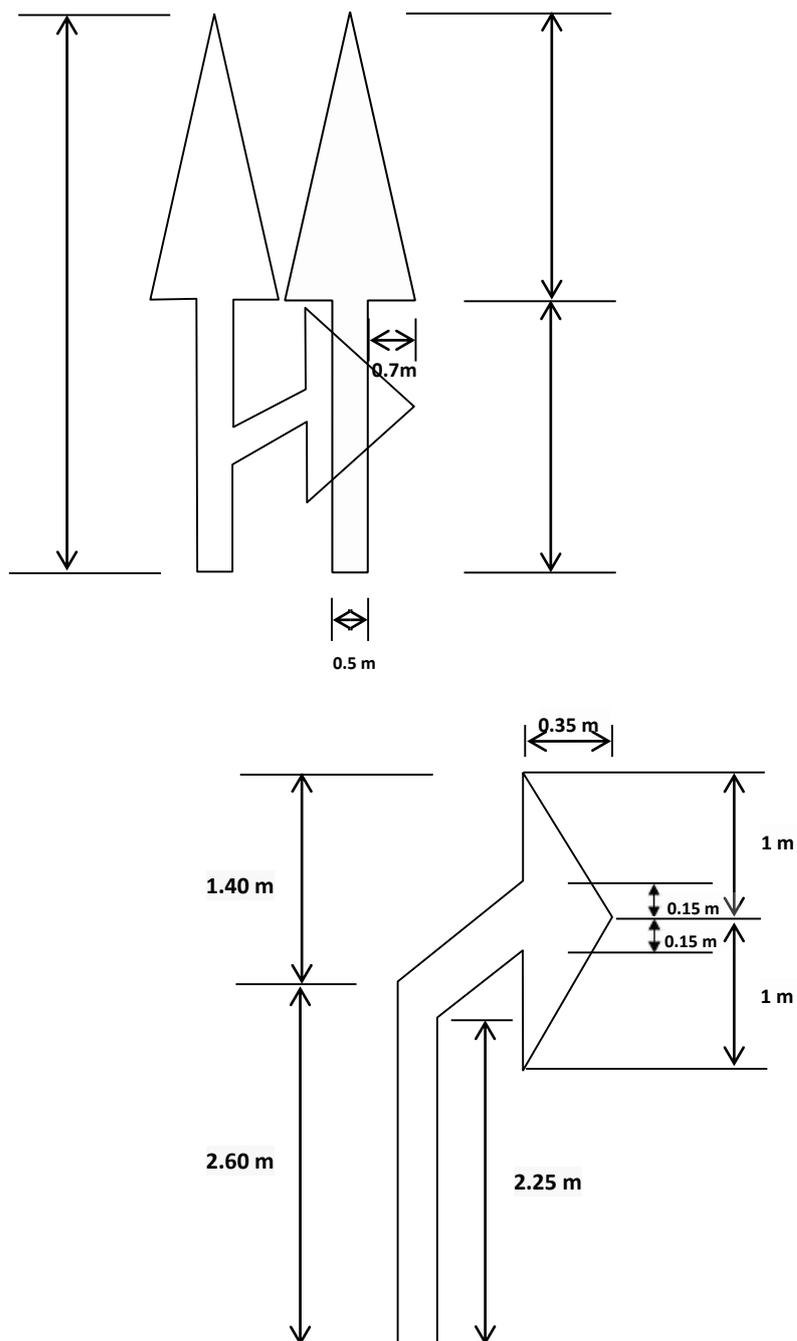


Figure n° 39 : Flèche de sélection.

### ❖ Marque sur la chaussée :

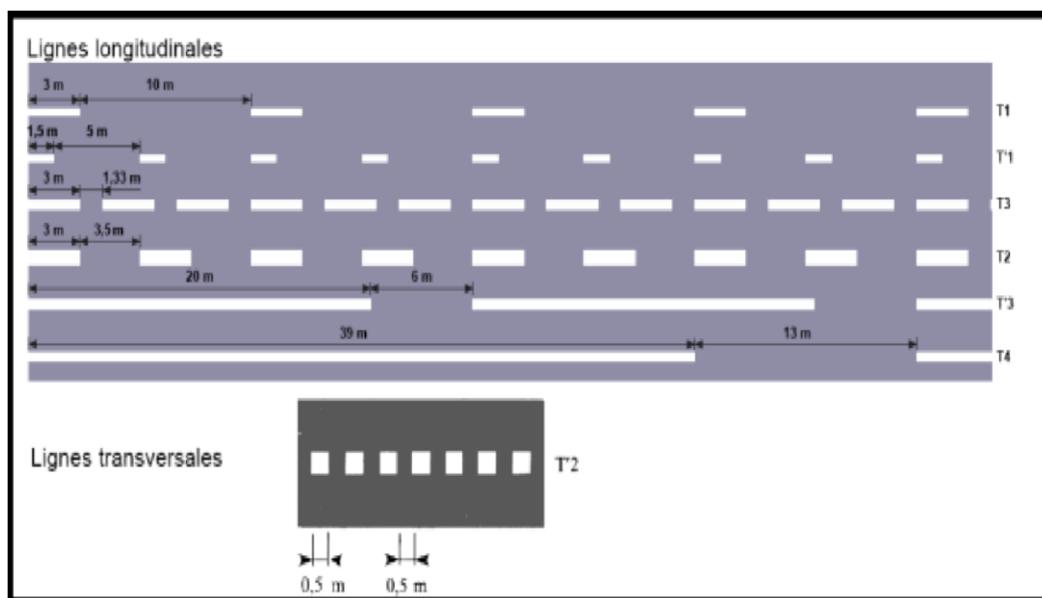


Figure n° 40 : Marque sur la chaussée.

### ❖ Flèche de rabattement :

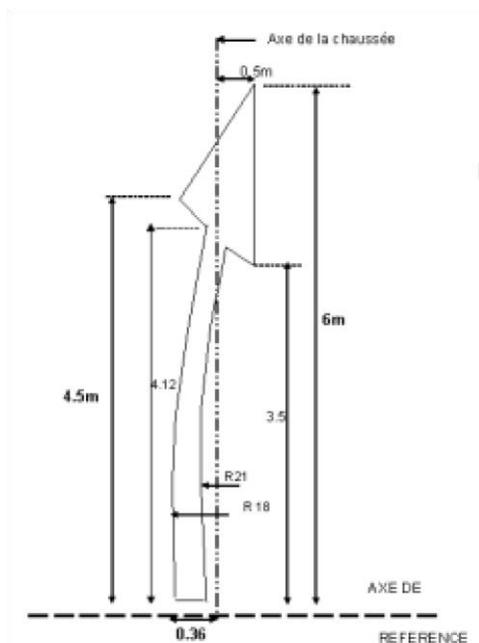


Figure n° 41 : Flèche de rabattement.

❖ Schéma de signalisation stop sur chaussée :

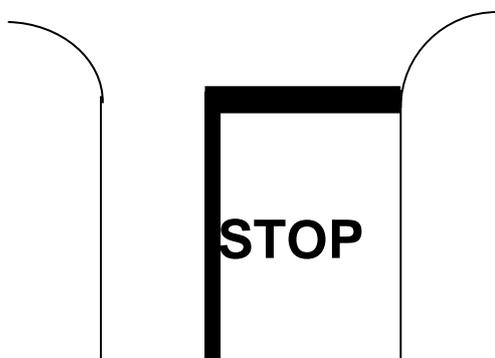


Figure n° 42 : Schéma de signalisation stop sur chaussée.

❖ Schémas de marquage par hachures (sur le nez d'îlot) :

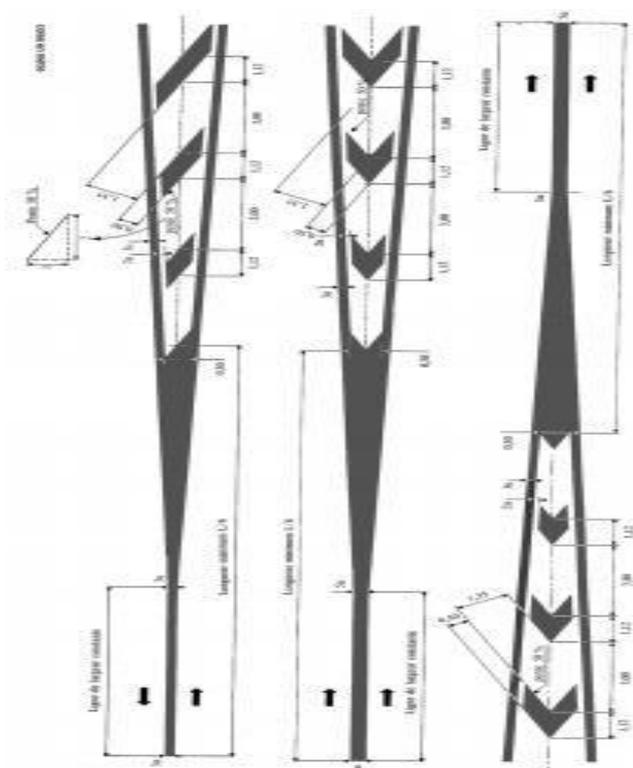


Figure n° 43 : Schémas de marquage par hachures (sur le nez d'îlot).

### B. Les signalisations verticales :

#### Plaques de signalisation :

➤ Les signaux de danger type A :



A1a



A1b



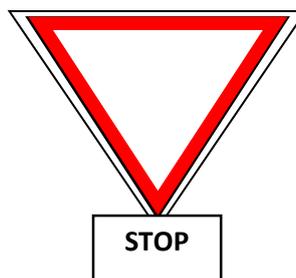
A1c



A1d



A22

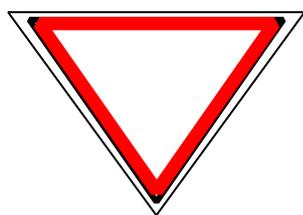


A23

## Chapitre XII : Signalisation et éclairage

---

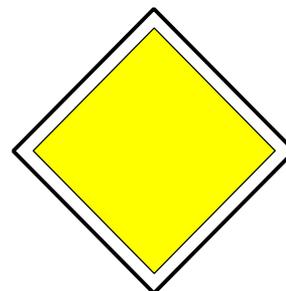
- Les signaux d'intersection et de priorité  
type B :



**B1**

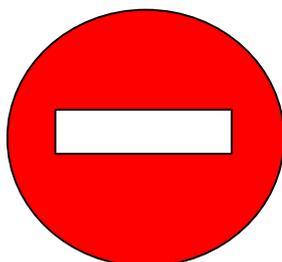


**B2**



**B3**

- Les signaux d'interdiction de type C :



**C1**



**C11a**



**C7**

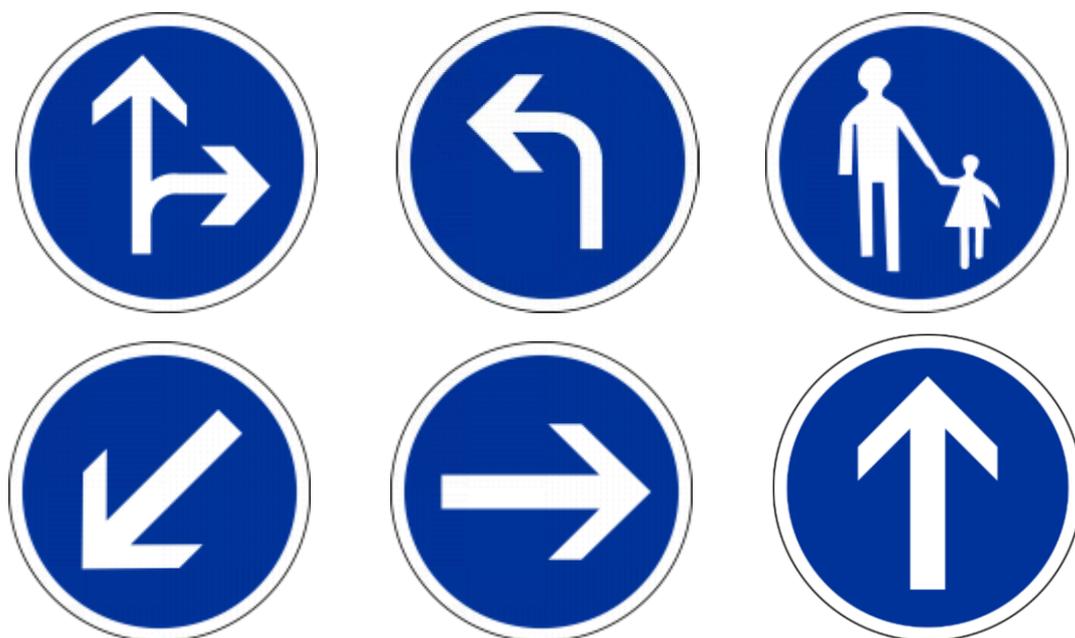


**C9**



**C8**

### ➤ Les signaux d'obligation de type D :



### ❖ Panneaux spéciaux type A :



Figure n° 44 : Panneaux spéciaux (type A).

### ❖ Signaux d'identification des routes type E :



Figure n° 45 : Les signaux d'identification des routes (type E).

### XII.2.1. Eclairage

Dans un trafic en augmentation constante, l'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité. Leurs buts sont de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible.

### XII.2.2. Catégorie d'éclairage

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

- 1) **Catégorie A** : Eclairage général d'une route ou une autoroute.
- 2) **Catégorie B** : Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution).
- 3) **Catégorie C** : Eclairage des voies de cercle.
- 4) **Catégorie D** : Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé.

### XII.2.3. Paramètres d'implantation des luminaires

- ✓ L'espace ( $e$ ) entre luminaires : qui varie en fonction du type de voie.
- ✓ La hauteur ( $h$ ) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et parfois 12 m pour les grandes largeurs de chaussée.
- ✓ La largeur ( $l$ ) de la chaussée.
- ✓ Le porte-à-faux ( $p$ ) du foyer par rapport au support.
- ✓ L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb ( $s$ ) par rapport au bord de la chaussée.

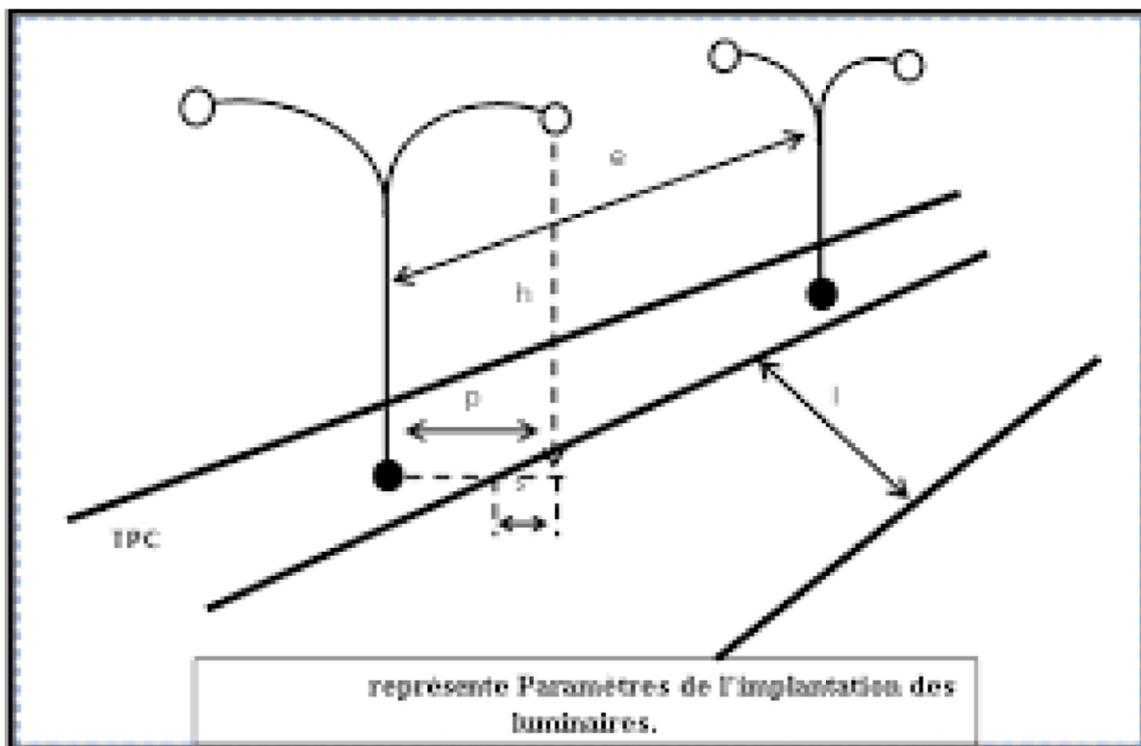


Figure n° 46 : Paramètres de l'implantation des luminaires.

### **XII.2.4. Eclairage d'un point singulier**

Les caractéristiques de l'éclairage d'un point singulier, situées sur un itinéraire non éclairé doivent être les suivant :

- Longue distance 800 à 1000 m du point singulier, tache lumineuse éveillant l'attention de l'automobiliste
- Distance moyenne 300 à 500 m, idée de la configuration du point singulier.
- Faible distance distinguée sans ambiguïté les obstacles.
- La sortie de la zone éclairée, pas de phénomène de cécité passagère.

## **Chapitre XIII**

### **Impact sur l'environnement**

# Chapitre X: Impact sur l'environnement

---

## **XIII.1. Impacts du projet sur l'environnement :**

### **XIII.1.1. Les impacts négatifs :**

Au niveau des impacts négatifs identifiés, on retiendra ce qui suit :

- Les problèmes de santé et de nuisances diverses liés à la pollution de l'air par les poussières et les fumées des engins de terrassement et les véhicules de liaison.
- Les déchets liquides et solides des chantiers entraînant un risque faible de pollution des eaux de surface et des eaux souterraines. Cette intrusion dans le milieu naturel (pollution, contamination ...) a également des conséquences négatives sur les conditions de vie des populations (maladies).
- La destruction des espèces ligneuses situées sur le talus et les accotements des routes, les déviations, les virages à caractère accidentel, qui sont corrigés, et les zones d'emprunt.

### **XIII.1.2. Les impacts positifs :**

Au niveau des impacts positifs, l'essentiel se résume :

A la création d'emploi dans les travaux d'entretien de cette route ; au rapprochement de l'administration centrale des populations locales ; à la facilitation des évacuations sanitaires des villages vers les villes ; à la circulation qui sera améliorée ; aux activités économiques, échanges commerciaux, activités artisanales, culturelles et touristiques.

## **XIII.2. Mesures d'atténuation :**

### **XIII.2.1. Mesures d'atténuation formulées des impacts négatifs et renforcer les impacts positifs :**

• On peut noter un certain nombre d'atténuations citées ci-dessous : les clauses environnementales à insérer dans le cahier des charges des entreprises telles que l'arrosage des routes concernées pendant les travaux, la remise en état ou la revalorisation des sites d'emprunt si telle est la disposition retenue, la collecte et l'élimination des déchets solides et liquides des chantiers, le balisage et la mise en place des panneaux de signalisation.

• Les mesures de lutte contre l'érosion par des ouvrages de drainage (gabion, perrés maçonnés ou secs, diguettes de moellons).

## Chapitre X: Impact sur l'environnement

---

- Les plantations d'arbres d'alignement à la traversée des agglomérations, la mise en place des bosquets villageois pour compenser les arbres abattus sur l'emprise des routes, des zones d'emprunt et des carrières.

- Les aménagements des carrières en mares au profit de l'élevage (abreuvement du bétail) ; de cultures de contre saison et de maraichage.

- Les mesures réglementaires concernant toute attaque visant à nuire à l'intégrité des forêts classées, des domaines protégés et des bois sacrés.

### **Les mesures de renforcement des impacts positifs qui porte sur :**

- L'embauche de la main d'œuvre locale pendant les travaux.

- Le renforcement des capacités des infrastructures communautaires par des clôtures temporaires et permanentes au niveau des écoles et des Centres de santé de promotion sociale.

- L'entretien courant de la route, pour soutenir de façon durable toute action positive ci-dessus évoquée.

**DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF**

ART.	Désignation des Travaux	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Montant
<b>1</b>	<b>INSTALLATION DE CHANTIER</b>				
1.1	Installation et repliement de chantier	F	1,00	1 000 000,00	1 000 000,00
1.2	Etudes d'exécution	F	1,00	1 500 000,00	1 500 000,00
<b>SOUS TOTAL (INSTALLATION DE CHANTIER) EN HT</b>					<b>2 500 000,00</b>
<b>2</b>	<b>PREPARATION DU TERRAIN</b>				
2.1	Abattage, arrachage et dessouchage des arbres singuliers de diamètre ≥30 cm	U	150,00	850,00	127 500,00
<b>SOUS TOTAL (PREPARATION DU TERRAIN) EN HT</b>					<b>127 500,00</b>
<b>3</b>	<b>TERRASSEMENT</b>				
<b>3.1</b>	<b>Terre végétale</b>				
3.1.1	Décapage de la terre végétale sur une épaisseur de 30 cm minimum y compris évacuation à la décharge publics.	m <sup>2</sup>	149 783,90	50,00	7 489 195,00
<b>3.2</b>	<b>Autres matériaux</b>				
3.2.1	Déblai	m <sup>3</sup>	492 193,10	500,00	246 096 550,00
3.2.2	Déblai mise en remblai	m <sup>3</sup>	621 897,90	600,00	373 138 740,00
3.2.3	Déblai évacué	m <sup>3</sup>	-129 704,80	300,00	-38 911 440,00
<b>SOUS TOTAL (TERRASSEMENT) EN HT</b>					<b>587 813 045,00</b>
<b>4</b>	<b>ASSAINISSEMENT</b>				
<b>4.1</b>	<b>Ouvrages Courants. Dalots et Buses</b>				
4.1.1	Fourniture et pose d'Ouvrages Busés en Béton Armé				
	1- Ø 800	ml	35,00	25 000,00	875 000,00
	2- Ø 1000	ml	35,00	30 000,00	1 050 000,00
	3- Ø 1200	ml	35,00	35 000,00	1 225 000,00
	y compris la construction des têtes d'ouvrages				
<b>4.2</b>	<b>Assainissement Longitudinal</b>				
4.2.1	Déscente d'eau	ml	250,00	1 500,00	375 000,00
4.2.2	Fossé trapézoïdal revêtu type A1	ml	8 400,00	3 500,00	29 400 000,00
<b>SOUS TOTAL (ASSAINISSEMENT) EN HT</b>					<b>32 550 000,00</b>
<b>5</b>	<b>CHAUSSÉE</b>				
<b>5.1</b>	<b>Corps de chaussée</b>				
5.1.2	Couche de fondation en grave concassé (GNT 0/31,5) ep=20cm	m <sup>3</sup>	33 600,00	1 400,00	47 040 000,00
5.1.3	Couche d'imprégnation (1,0 kg/m <sup>2</sup> )	m <sup>2</sup>	168 000,00	150,00	25 200 000,00

## Devis Quantitatif et estimatif

5.1.4	Couche d'accrochage (0,3 kg/m2)	m <sup>2</sup>	168 000,00	100,00	16 800 000,00	
5.1.5	Couche de base en grave bitume (GB) ep= 15 cm	t	59 220,00	8 000,00	473 760 000,00	
5.1.6	Couche de roulement en béton bitumineux (BB) ep=8 cm	t	31 584,00	8 500,00	268 464 000,00	
<b>5.2</b>	<b>Accessoires</b>					
5.2.1	Construction des glissières en béton	ml	22 000,00	5 000,00	110 000 000,00	
<b>SOUS TOTAL (CHAUSSEE) EN HT</b>					<b>941 264 000,00</b>	
<b>6</b>	<b>Marquage de la chaussée</b>					
<b>6.1</b>	<b>Marquages en lignes continues</b>					
6.1.1	Module largeur 22,5 cm	ml	12 000,00	70,00	840 000,00	
<b>6.2</b>	<b>Marquage en lignes discontinues</b>					
6.2.1	Module 3-3.50, largeur 37,5 cm	ml	900,00	100,00	90 000,00	
6.2.2	Module 3-10, largeur 15 cm	ml	24 000,00	50,00	1 200 000,00	
<b>6.3</b>	Panneau	U	68,00	20 000,00	1 360 000,00	
<b>SOUS TOTAL (Marquage sur chaussée en enduit à chaud + panneau) EN HT</b>					<b>3 490 000,00</b>	
					<b>Montant HT (DA)</b>	<b>1 567 744 545,00</b>
					<b>TVA 19%</b>	<b>297 871 463,55</b>
					<b>Montant TTC (DA)</b>	<b>1 865 616 008,55</b>

**ARRETE LE MONTANT DU PRESENT DEVIS EN TTC A LA SOMME DE :  
UN MILLIARD HUIT CENT SOIXANTE CINQ MILLIONS SIX CENT SEIZE MILLE HUIT  
DINARS ET 55 CENTIMES**

# Conclusion

Ce présent travail était l'occasion pour perfectionner nos modestes connaissances dans le domaine des routes. C'est un travail de base qu'on vient de réaliser, il est d'une utilité incontestable parce qu'il nous a confrontés à certains problèmes routiers et nous a permis entre autre de tirer profit des expériences des personnes qualifiées dans le domaine des routes en particulier et des travaux publics en général.

Dans notre projet nous avons essayé d'opter pour un tracé en plan judicieux avec une ligne rouge qui respecte l'économie, la sécurité et le confort des usagers de la route tout en respectant les normes imposées par la B40.

Cette étude nous a permis d'appliquer les connaissances théoriques acquises pour cerner la majorité des problèmes réels existants concernant l'étude et la réalisation des projets routiers. Ça été une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels AUTO CAD et COVADIS.