



N° d'ordre : M ...../GCA/2020

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

**Filière :** TRAVAUX PUBLICS.

**Spécialité :** VOIES ET OUVRAGES D'ARTS (VOA).

### Thème

Etude de la deuxième rocade sud d'oran  
section Belgaid-El kerma  
Lot 4 du PK13+000 au PK17+000

**Présenté par :**

- Mr. GUENOUNA ABDELKADER.
- Mr. BOUZID MOURAD.

*Soutenu le 23/06/2020 devant le jury composé de :*

**Président :** Mr. KERAOUTI RABEH.

**Examineur:** Mme. ELMASCRI SETTI.

**Encadrant :** Mr. ROUAM SERIK MOHAMED.



# DEDICACE

*Je dédie ce travail :*

*A mes chers PARENTS qui m'ont donné le  
courage, et m'ont guidé durant toute ma  
vie pour que je réussisse  
Que Dieu les protège*

*A mes frères qui m'ont toujours aidé et qui  
ont été ma première source  
d'inspiration et de courage, et à ma très  
chère sœur.*

*A toute ma famille 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.*

*Guenouna Abdelkader*



# DEDICACE

*Je dédie ce modeste travail :*

- *A la mémoire de mon oncle et mes grands-parents paternels et maternels, que dieu garde leurs âmes dans son vaste paradis*
- *A mes chers parents, frères et sœurs.*
- *A mes collègues, mes amis.*
- *A tous mes proches.*

*Bouzid Mourad.*



# Remerciement

*Nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.*

*En second lieu, il nous est agréable d'exprimer nos grands remerciements et notre grande reconnaissance à notre encadreur Mr. Rouam Pour son sérieux, sa compétence Et ses orientations.*

*Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers tous les enseignants et le personnel administratif de qui ont contribué à notre formation et à l'élaboration de ce présent travail.*

*Nous remercions les membres de jury qui nous ont Fait l'honneur de présider et d'examiner Ce modeste Travail.*

## Résumé

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

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

Ce projet présente une étude Géotechnique et géométrique de la deuxième rocade sud d'Oran section BELGAID-El KERMA lot 4 du (PK13+000 au PK17+000).

## 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 2nd ring road South of Oran section BELGAID-El KERMA (PK13+000 to PK17+000).

## 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 للممر الجانبي الجنوبي الثاني وهران لقسم بلقايد-الكرمة ( النقطة الكيلو مترية 13 إلى النقطة الكيلو مترية 17).

# Sommaire

Introduction générale	1
<b>Partie I : Etude bibliographique</b>	
<b>Chapitre I Les Rocades à travers le Monde</b>	
I.1. Introduction	4
I.2. Rcade en France	4
I.3. Rcade en Espagne	4
I.4. Rcade en Belgique	5
I.5. Rcade de Tunis	5
<b>Chapitre II Les Rocades en Algérie</b>	
II.1. Les rocales en Algérie	7
II.1.1. 3ème Rcade d'Alger	8
II.1.2 La 4ème Rcade d'Alger	9
II.1.3. La rocade de Chlef	10
II.1.4. Le 4eme boulevard périphérique d'Oran	11
<b>Partie II : Etude géométrique</b>	
<b>Chapitre I Présentation du projet</b>	
I.1. Généralité sur la wilaya d'Oran	14
I.2. Présentation du projet	16
I.3. Justification du projet	17
I.4. Objectif du projet	17
<b>Chapitre II Normes géométriques et données de base</b>	
II.1. Généralités	19
II.2. Environnement de la route	19
II.3. Calcul de la dénivelée cumulée moyenne	20
II.4. Sinuosité	24
II.5. Catégorie de la route	26
II.6. La vitesse de référence	27
<b>Chapitre III Etude du trafic</b>	
III.1. Généralités	29
III.2. Différents types de trafics	29
III.3. Analyse de trafic	29
III.4. Calcul de la capacité	30
III.5. Calcul de trafic effectif	31
III.6. Débit de pointe horaire normal	31
III.7. Débit horaire admissible	31
III.8. Application au projet	33
III.9. Détermination nombre des voies	34
<b>Chapitre IV Paramètre cinématique</b>	
IV.1. Distance de freinage	36
IV.2. Temps de réaction	37

IV.3. Distance d'arrêt	38
IV.4. Manœuvre de dépassement	39
IV.5. Espacement entre deux véhicules	40
IV.6. Application au projet	40
<b>Chapitre V Trace en plan</b>	
V.1. Introduction	43
V.2. La vitesse de référence (de base)	43
V.3. Paramètres fondamentaux (B40)	43
V.4. Règles et principes de tracé en plan	44
V.5. Les éléments de la trace en plan	44
V.6. Courbes en plan	46
V.7. courbes de raccordements	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 de 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	70
VIII.2. Définition	70
VIII.3. Méthode de calcul des cubatures	70
VIII.4. Application au projet	73
<b>Chapitre IX Dimensionnement de cors de chaussée</b>	
IX.1. Introduction	75
IX.2. La chaussée	76
IX.3. Les différentes catégories de chaussée	77
IX.4. Les principales méthodes de dimensionnement	78
IX.5. Application au projet	80
<b>Chapitre X Etude géotechnique</b>	
X.1 Introduction	84
X.2 Objectif de la géotechnique routière	84
X.3 Moyens de reconnaissance	84
X.4 Réglementation algérienne en géotechnique	85

X.5 Les essais en géotechnique	85
X.5.1 Essais physiques	86
X.5.2 Essais mécaniques	99
X.5.3 Essais chimiques	103
X.5.4 Essais des Enrobées	104
<b>Chapitre XI Assainissement</b>	
XI.1. Généralités	108
XI.2. Objectif de l'assainissement	108
XI.3. Assainissement de la chaussée	109
XI.4. Définitions des termes hydrauliques	110
<b>Chapitre XII Signalisation et éclairage</b>	
XII.1.1 Signalisation	113
XII.1.2 Objectifs de signalisation routière	113
XII.1.3 Critères à respecter pour les signalisations	113
XII.1.4 type de signalisation	113
XII.1.5 Application au projet	117
XII.2.1 Eclairage	123
XII.2.2 Catégorie d'éclairage	123
XII.2.3 Paramètres d'implantation des luminaires	123
XII.2.4 Eclairage d'un point singulier	124
<b>Chapitre XIII Impact sur l'environnement</b>	
XIII.1. Impacts du projet sur l'environnement	126
XIII.2. Mesures d'atténuation	126
XIV. Devis estimatif et quantitatif	128
<b>Conclusion générale</b>	
<b>Bibliographie</b>	
<b>Annexe</b>	



# Liste des figures

<b>Figure n°1</b> : La Rocade du Ronda Norte .	4
<b>Figure n°2</b> : ceinture routière du secteur : A25 et les rocales (Flandre).	5
<b>Figure n°3</b> : La rocade de Tunis.	5
<b>Figure n°4</b> :3ème rocade d'Alger	8
<b>Figure n°5</b> : 4 <sup>ème</sup> rocade d'Alger	9
<b>Figure n°6</b> : Localisation géographique de la rocade de Chlef	10
<b>Figure n°7</b> : localisation géographique du 4eme boulevard périphérique d'Oran	11
<b>Figure n°8</b> : localisation géographique du 4eme boulevard périphérique d'Oran	11
<b>Figure n°9</b> : carte géographique de la wilaya d'Oran	14
<b>Figure n°10</b> : carte du réseau routier de la wilaya d'Oran	15
<b>Figure n°11</b> : tracé globale de la deuxième rocade sud d'Oran section BELGAID -ELKARMA	16
<b>Figure n°12</b> : tracé du tronçon étudié de la deuxième rocade sud d'Oran section BELGAID -ELKARMA	16
<b>Figure n°13</b> : Distance de freinage	36
<b>Figure n°14</b> : temps de réactions	37
<b>Figure n°15</b> : Distance d'arrêt	38
<b>Figure n°16</b> : espacement entre véhicule	40
<b>Figure n°17</b> : Élément du tracé en plan	44
<b>Figure n°18</b> : Élément de la Clothoïde	51
<b>Figure n°19</b> : raccordement convexe et concave	58
<b>Figure n°20</b> : visibilité	59
<b>Figure n°21</b> : Détermination du profil en long	61
<b>Figure n°22</b> : Éléments du profil en travers	66
<b>Figure n°23</b> : volume déblai, remblai	71
<b>Figure n°24</b> : Calcul volume déblai, remblai	71
<b>Figure n°25</b> : les différentes catégories de chaussée	77
<b>Figure n°26</b> : Les couches de corps de chaussée	82
<b>Figure n°27</b> : Matériels d'essai teneur en eau	87
<b>Figure n°28</b> : Analyse granulométrique	89
<b>Figure n°29</b> : Tamisage électrique et manuel	89
<b>Figure n°30</b> : Méthode d'essai	90
<b>Figure n°31</b> : Mode opératoire 01	90
<b>Figure n°32</b> : Mode opératoire 2	91
<b>Figure n°33</b> : Matériels utilisés dans l'essai équivalent de sable	92
<b>Figure n°34</b> : L'essai d'équivalent de sable	93
<b>Figure n°35</b> : Matériels utilisés	95
<b>Figure n°36</b> : limite de plasticité	97
<b>Figure n°37</b> : Appareillage	97
<b>Figure n°38</b> : Tamisage de l'échantillon	98

<b>Figure n°39 : Pesé l'échantillon</b>	98
<b>Figure n°40 : Mode opératoire de l'essai carbonate</b>	98
<b>Figure n°41: Modalité d'exécution des essais Proctor modifié</b>	99
<b>Figure n°42 : Matériels de l'essai Proctor</b>	100
<b>Figure n°43 : les étapes de l'essai Proctor</b>	101
<b>Figure n°44 : Matériels d'essai CBR</b>	101
<b>Figure n°45 : Matériels d'essai CBR</b>	102
<b>Figure n°46 : L'appareil de compacité (nucléo-densimètre)</b>	104
<b>Figure n°47 : exemple d'un essai de carottage</b>	106
<b>Figure n°48 : flèche de sélection</b>	117
<b>Figure n°49: marque sur la chaussée</b>	118
<b>Figure n°50 : flèche de rabattement</b>	118
<b>Figure n°51 : Schéma de signalisation stop sur chaussée</b>	119
<b>Figure n°52 : Schémas de marquage par hachures (sur le nez d'ilot)</b>	119
<b>Figure n°53 : panneaux spéciaux (type A).</b>	122
<b>Figure n°54 : les signaux d'identification des routes (type E)</b>	122
<b>Figure n°55 : paramètres de l'implantation des luminaires</b>	124

# Liste des tableaux

<b>Tableau n°1 : Les Rocades en Algérie</b>	7
<b>Tableau n°2 : dénivelé de chaque profil</b>	24
<b>Tableau n°3 : détermination de nature des terrains</b>	24
<b>Tableau n°4 : Sinuosité</b>	25
<b>Tableau n°5 : Environnement de la route</b>	26
<b>Tableau n°6 : vitesse de référence</b>	27
<b>Tableau n°7 : valeurs du coefficient P</b>	31
<b>Tableau n°8: valeurs de K1 en fonction de l'environnement</b>	32
<b>Tableau n°9: valeurs de K2 en fonction de l'environnement</b>	32
<b>Tableau n°10 : Valeurs de capacité théorique</b>	32
<b>Tableau n°11 : Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40</b>	37
<b>Tableau n°12 : Les valeurs du temps et de perception réaction t en fonction de E, CAT et Vr</b>	38
<b>Tableau n°13 : lois de distance d'arrêt</b>	39
<b>Tableau n°14: Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse</b>	39
<b>Tableau n°15: Devers en fonction de l'environnement</b>	46
<b>Tableau n°16 : Dévers [Normes B40]</b>	47
<b>Tableau n°17: Valeur du coefficient <math>f_t</math></b>	48
<b>Tableau n°18: Valeur du coefficient « F'' »</b>	48
<b>Tableau n°19 : Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques</b>	48
<b>Tableau n°20 : les rayons en plan selon B40</b>	48
<b>Tableau n°21 : valeur de déclivité maximale [NormesB40]</b>	57
<b>Tableau n°22 : Rayons convexes (angle saillant) [B40]</b>	59
<b>Tableau n°23 : Rayons concaves (angle rentrant)</b>	60
<b>Tableau n°24 : valeurs de tangente et de flèche</b>	64
<b>Tableau n°25: coefficient d'équivalence des matériaux</b>	80
<b>Tableau n°26: Nature du sol en fonction d'E.S</b>	94
<b>Tableau n°27 : Qualification des horizons en fonction de leur teneur en calcaire total selon le GEPPA</b>	99
<b>Tableau n°28 : modulation de la ligne continue</b>	115

## Nomenclatures

**B40** : les normes algériennes routière.

**TJMA** : le trafic journalier moyen annuel.

**VB** : vitesse de bas.

**Vr** : vitesse de référence.

**Teff** : trafic effectif.

**K1, K2** : coefficients correcteur.

**C<sub>th</sub>** : capacité théorique.

**UVP** : Unités des véhicules particuliers.

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

**RHN** : Rayon horizontal normal.

**RHd** : Rayon horizontal déversé.

**RHnd** : Rayon horizontal non déversé.

**RN** : Route nationale.

**E1** : environnement (terrain plat).

**E2** : environnement (terrain vallonné).

**E3** : environnement (terrain montagneux).

**CAT1, CAT2, CAT3, CAT4, CAT5** : catégorie de la route.

**PL** : poids lourds.

**BB** : béton bitumineux.

**G.N.T** : grave non traité.

**GB** : grave bitume.

**GT** : grave traité.

**GNT** : grave non traité.

**GC** : grave ciment.

# Introduction

L'histoire de la route est intimement liée au niveau de développement technologique et de la croissance économique des nations et des civilisations. L'évolution démographique et la forte urbanisation en Algérie ont engendré plusieurs mutations, ainsi des recherches et des études des tracés linéaires des routes et d'autoroutes ont été menées à travers le pays afin d'améliorer les infrastructures de transport.

La route joue un rôle moteur très important dans l'aménagement du territoire, elle favorise l'implantation d'activités économiques et industrielles et réduit les coûts de transport et donc de production.

L'objectif de ces mesures est d'assurer la sécurité, le confort des usagers avec les moindres coûts possibles, d'où, ce présent projet de fin d'études qui consiste à la création d'une rocade qui se situe dans la wilaya d'Oran (liaison entre la localité de BELGAID a la localité d'EL KERMA sur 21kms).

Ce projet de fin d'étude s'articule sur deux grandes parties principales ; la première partie concerne l'étude bibliographique sur les rocades dans le monde et en Algérie ainsi que le réseau routier et la deuxième partie correspond l'étude géométrique du projet.

# **Partie I**

## **Etude bibliographique**

# **Chapitre I**

## **Les Rocades à travers le Monde**

# Chapitre I : Les Rocades à travers le Monde

---

## **I.1. Introduction :**

Les rocales, boulevards périphériques et autres contournements sont des infrastructures assez communes dans la voirie urbaine. Elles sont à la fois très convoitées et vivement critiquées, dont beaucoup de villes rêvent pour réduire la congestion en centre-ville, mais dont peu sont équipées complètement

## **I.2. Rocade en France :**

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

## **I.3. Rocade en Espagne :**

Rocade du *Ronda Norte* entoure la ville de Cáceres d'est en ouest par le nord de l'agglomération. D'une longueur de 6 km environ, elle relie la route nationale pénétrante nord et la pénétrante est en venant de Trujillo.

- Elle dessert tous le nord de Cáceres ainsi que les petites communes aux alentours. C'est une voie express 2x2 voies avec échangeurs en giratoires.
- Elle débute à l'est de Cáceres au niveau de l'Université d'Estrémadure sur un giratoire qui la connecte avec la CC-23 et l'Avenida de la Universidad.
- Elle longe l'agglomération par le nord et se termine en se connectant par un giratoire



**Figure n°1 :** La Rocade du Ronda Norte.



# Chapitre I : Les Rocades à travers le Monde

## I.4. Rcade en Belgique :

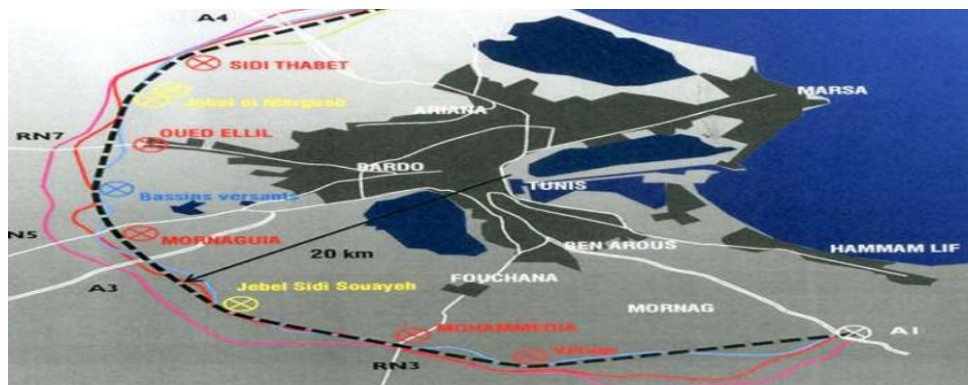
En **Belgique** (Bruxelles), l'alternative proposée sur Verlinghem-Pérenchies-Frelinghien ; - Relier le futur rond-point rue Bouchery à Pérenchies RD654 (sortie du chemin du Vieux Soldat) au chemin du Temple par un barreau à créer pour rejoindre le carrefour existant à l'entrée de la rue des Flandres. - Traverser la RD36 au Funquereau à Frelinghien pour réaliser une nouvelle voie sur le chemin de terre et à l'équerre jusqu'à la rue du Fresnel RD36 : longer le bois. - Redresser et refaire complètement le chemin de l'Aventure RD7 jusqu'à la rocade de la Lys RD945 – (concessionnaire Duquesne Agricole). La figure ci-dessous représente La ceinture routière du secteur : A25 et les rocades de la Flandre :



**Figure n°2 :** Ceinture routière du secteur : A25 et les rocades (Flandre).

## I.5. Rcade de Tunis :

Le ministère de l'équipement et de l'environnement engagera en 2014 la libération de l'emprise foncière du projet de Rocade extérieure du Grand-Tunis x 30 qui reliera les différentes autoroutes de Tunis, selon des données publiées par ledit ministère. Il s'agit de la réalisation d'une "voie express" à 25 km de la capitale, traversant les gouvernorats de l'Ariana, la Manouba et Ben Arous. Cette voie qui s'étendra sur 80 kms reliera le port financier Al Hsyane (Raoued) à l'autoroute TunisHammamet et devrait démarrer au cours des prochaines années d'après le ministère.



**Figure n°3 :** La rocade de Tunis.

# **Chapitre II**

## **Les Rocades en Algérie**

## Chapitre II : Les Rocades en Algérie

---

### II.1. Les rocales en Algérie :

Ce tableau présente quelque rocade en Algérie :

<u>Rocade</u>	<u>Liaison</u>	<u>itinéraire</u>
Ghazaouet - Maghnia	Elle reliera la ville de Ghazaouet à l'Autoroute EstOuest au niveau de l'échangeur de Maghnia (Wilaya de Tlemcen).	41 km
Mascara – Sig	reliera la ville de Mascara à l'Autoroute Est-Ouest au niveau de l'échangeur de Sig (Wilaya de Mascara), est en travaux depuis 2014	66 Km
Azazga – Azeffoun	Elle relie Azazga et Azeffoun (Azazga est située à 30 km du littoral à 30 km à l'est de Tizi Ouzou et à 100 km à l'ouest de Bejaïa) et (Azeffoun est une ville côtière de la wilaya de Tizi Ouzou, située à 70 km au nord-est de Tizi Ouzou et à 95 km à l'ouest de Bejaïa).	66 Km
Mostaganem – Relizane	Elle reliera la ville de Mostaganem à l'Autoroute EstOuest au niveau de l'échangeur d'El Hamadna (Wilaya de Relizane)	28 km

**Tableau n°1 : Les Rocades en Algérie.**

## Chapitre II : Les Rocades en Algérie

### II.1.1. 3ème Rocade d'Alger :

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

Elle prend origine sur la pénétrante de Tipaza, évolue dans l'emprise de la RN67 sur 36km, contourne, par le Nord, la localité de Ben-Chaabane parallèlement au CW112. Dans la Wilaya de Blida, le tracé intercepte l'Autoroute Est-Ouest au Nord de Boufarik, passe au Nord de Bouinan, Bougara et Larbaa puis évolue dans un relief difficile jusqu'à la limite Est de Blida. Dans la Wilaya de Boumerdes, le tracé passe au Sud de Khemis-El-Khechna, intercepte par la suite l'Autoroute Est-Ouest à 1.5 km au Nord de Larbaatache pour rejoindre le tracé de la 2ème Rocade. Ensuite, Il évolue avec cette dernière jusqu'à sa fin (au niveau de Boudouaou). Après cela, il longe la RN S, entre Boudouaou et Thénia, et par la suite, la RN 12, entre Si-Mustapha et Bordj-Menaiel. 36 Km.

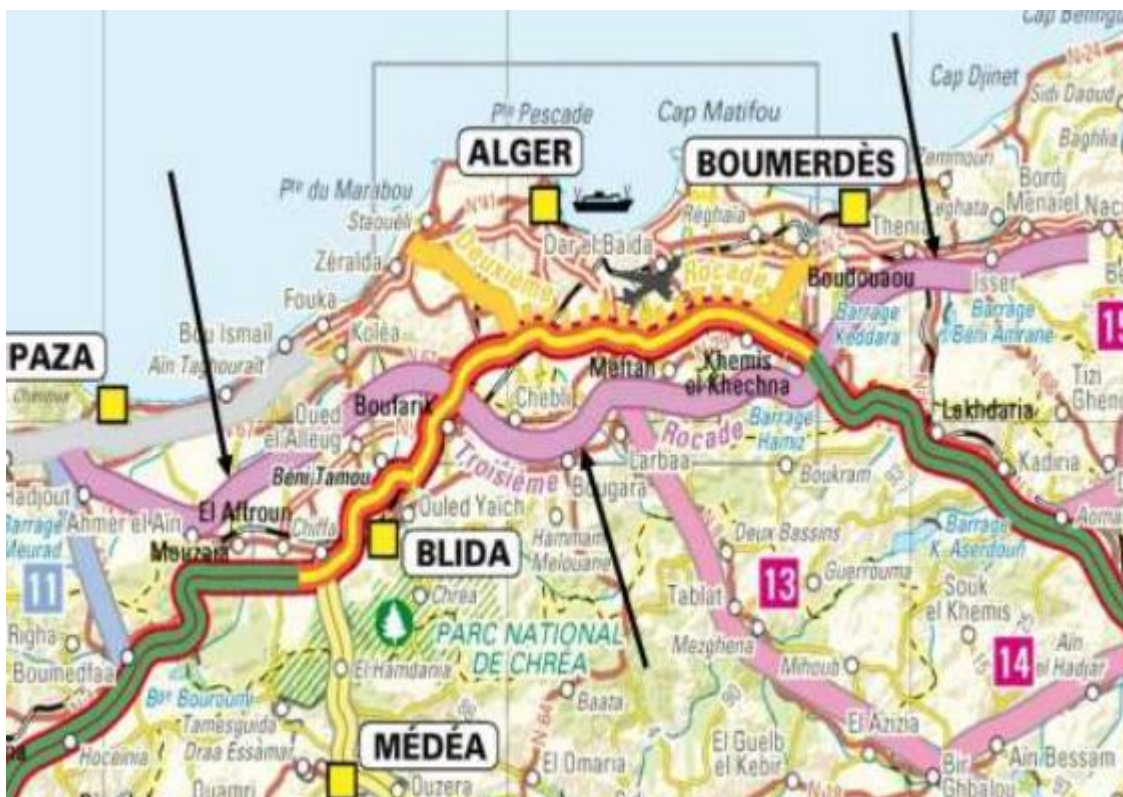
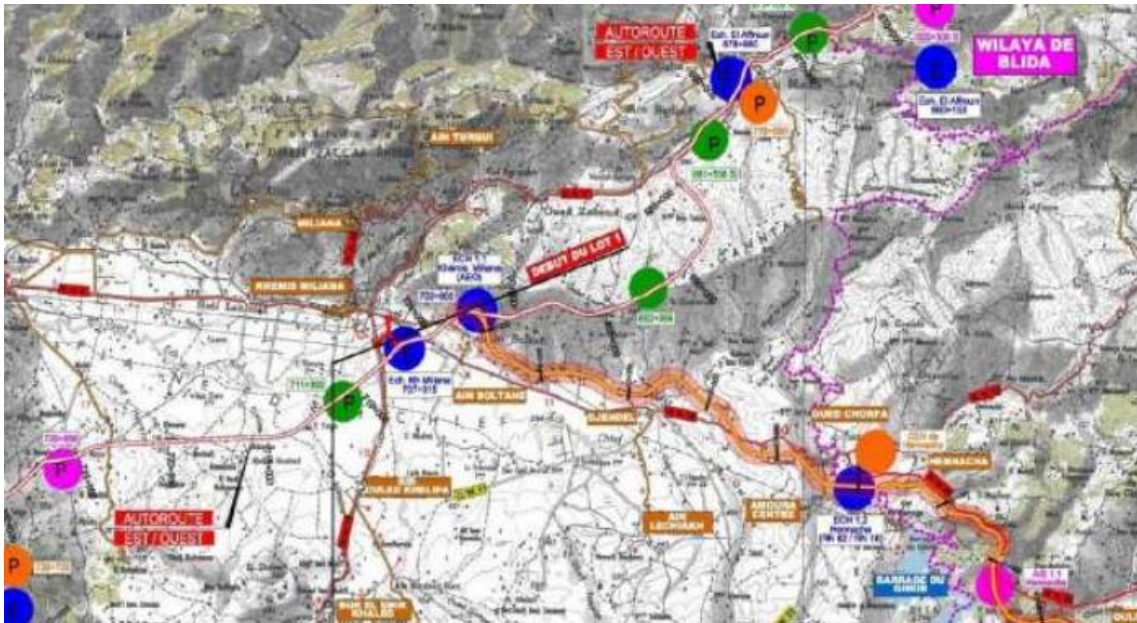


Figure n°4 : 3ème rocade d'Alger.

## Chapitre II : Les Rocades en Algérie

### II.1.2 La 4ème Rcade d'Alger :

s'inscrit dans le Schéma Directeur Routier et Autoroutier (SDRA) élaboré par le Ministère des Travaux Publics dans le cadre du développement et de la modernisation des infrastructures routières et autoroutières du pays Celui-ci englobe, entre autres, l'étude et la réalisation de plusieurs Rocades destinées à désengorger la région du « Grand Alger », à savoir : -La 2ème rocade qui relie Zeralda à Boudouaou ; - La 3ème Rcade qui relie Cherchel à Tizi-ouzou ; - Et la 4ème Rcade qui relie Bordj Bou Arreridj à Khemis Miliana. La 4ème Rcade Autoroutière contribuera au soulagement des régions du centre du pays du trafic de transit Est-Ouest, ainsi qu'au renforcement et à la consolidation de l'infrastructure routière de la région du Titteri (Médéa) et celle du sud de Bouira. Cette nouvelle infrastructure à péage constituera à terme une option de plus pour le trafic empruntant l'autoroute Est-Ouest et permettra également de diminuer la pression, de plus en plus accrue, qui s'exerce sur les principaux axes routiers tels que la RN4, la RN5 et la RN1.



**Figure n°5 : 4<sup>ème</sup> rocade d'Alger.**

### II.1.3. La rocade de Chlef :

**Boulevard périphérique de Chlef**, est une voie de contournement de la ville de Chlef, il entoure la ville du sud au nord-est. Les travaux de réalisation ont commencé en 2008<sup>1</sup> mais le boulevard reste encore inachevé sur sa partie ouest et nord-ouest.

Il est composé en partie par la voie d'évitement d'une longueur de 12 km à l'est et au nord-est et par l'autoroute Est-Ouest sur sa partie sud.

Le boulevard est directement relié à l'autoroute Est-Ouest, la route nationale 4, la route nationale 19 et le chemin de wilaya 03.



Figure n°6 : Localisation géographique de la rocade de Chlef.

## Chapitre II : Les Rocades en Algérie

### II.1.4. Le 4eme boulevard périphérique d'Oran:

Le quatrième périphérique de la ville d'Oran se Longue de vingt-deux kilomètres, cette autoroute de deux fois deux voies, appelée autrement rocade sud d'Oran, est matérialisée par douze ouvrages d'art dont huit échangeurs et quatre ponts.

Son point de départ est situé au niveau de l'école de police de Messerghine et se termine au giratoire de Canastel. Sa principale caractéristique réside dans le fait que ce périphérique engendre une fluidité certaine du trafic routier, notamment dans le sens Aïn Timouchent.

Les automobilistes pourront désormais se diriger d'un point à un autre sans passer par le tissu urbain de la ville d'Oran. Le coût de ce quatrième périphérique, dont les travaux ont démarré le mois de mars 2002, est estimé à cinq milliards de dinars.



**Figure n°7 :** Localisation géographique du 4eme boulevard périphérique d'Oran.



**Figure n°8 :** Localisation géographique du 4eme boulevard périphérique d'Oran.

# **Partie II**

## **Etude géométrique**



# **Chapitre I**

## **Présentation du projet**

# Chapitre I: Présentation du projet

## I.1. INTRODUCTION :

La wilaya d'Oran s'étend sur une superficie de 2121 km<sup>2</sup>. C'est une ville portuaire de la mer méditerranéenne située au nord-ouest de l'Algérie à 432 km de la capitale Alger et le chef-lieu de la wilaya du même nom en bordure du golfe d'Oran.

La ville est située au fond d'une baie ouverte au nord et dominée directement à l'ouest par la montagne de l'Aidour d'une hauteur de 420m ainsi que par le plateau de Moulay Abdelkader El-jilani.

La wilaya d'Oran compte 26 communes périphériques dont 09 sont des chefs-lieux de daïra en 2016 la commune comptait 80500 habitants alors que la population de l'agglomération oranaise était d'environ 2500 000 habitants.



Figure n°9 : Carte géographique de la wilaya d'Oran.

## Taux de croissance de la population :

Le taux d'accroissement annuel moyen de la wilaya était de 2,45%. Répartition de la population occupée par secteur d'activité :

- BTPH : 36%.
- Commerces : 18%.
- Transport & communication : 9%.
- Hôtellerie et restauration : 8%.
- Industrie : 6%.

# Chapitre I: Présentation du projet

## Daïra et nombre de communes :

- 9 Daïras.
- 26 communes.

## Infrastructures de base existantes :

### Réseau routier :

- Routes nationales 187 Kms.
- Chemins de wilaya 592 Kms.
- Chemins communaux 291 Kms.
- Bretelle autoroutière 25 Kms.

### Infrastructures portuaires :

La wilaya compte trois ports possédant :

- Port d'Oran : 2<sup>ème</sup> Port commercial du pays.
- Port d'Arzew : 1<sup>er</sup> Port pétrolier du pays.
- Port de Bethioua : Port pétrolier du pays.

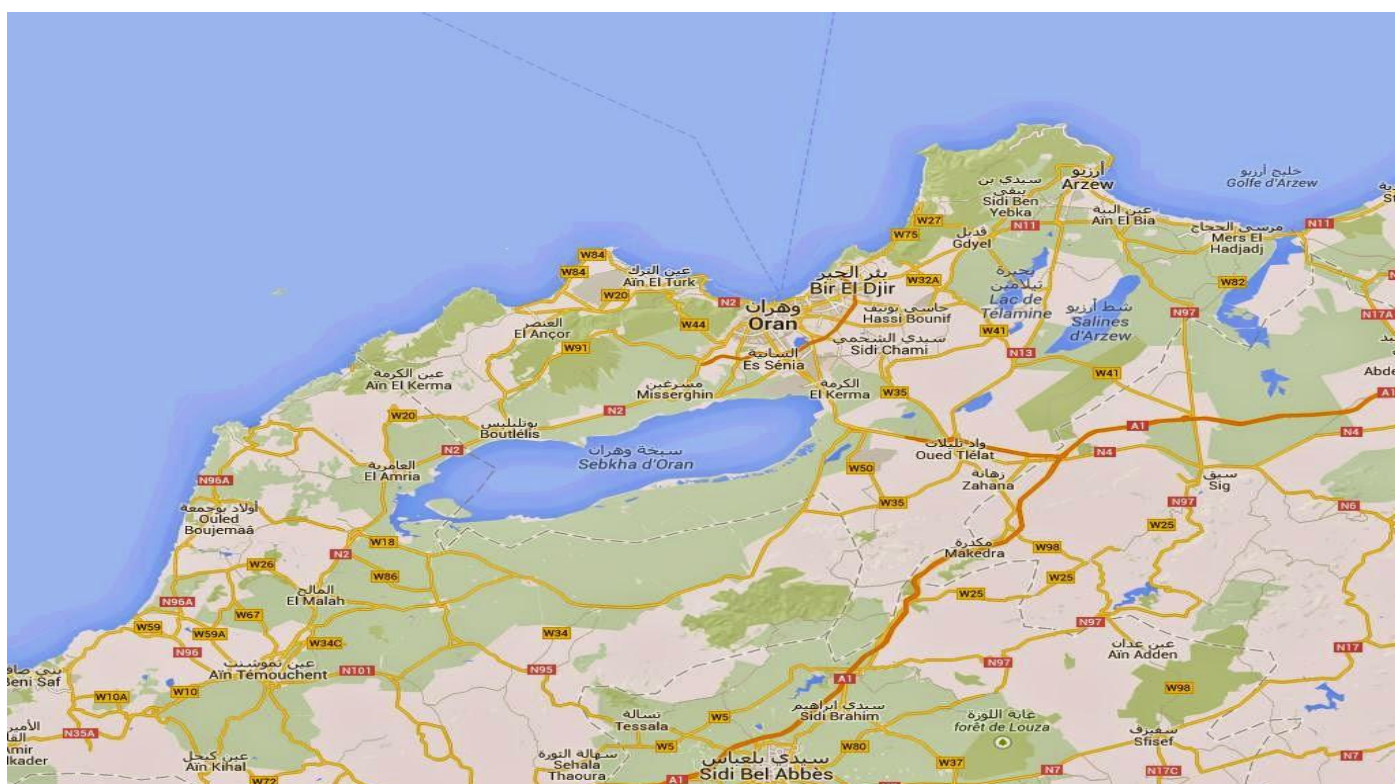


Figure n°10 : Carte du réseau routier de la wilaya d'Oran.

# Chapitre I: Présentation du projet

## I.2. Présentation de projet:

Le projet de la deuxième rocade d'Oran lie la localité de BELGAID à la localité d'EL KERMA. Il s'étend sur 21 Kms avec 11 ouvrages d'art. Ce projet rentre dans le cadre du développement du secteur routier de la wilaya d'Oran. Il sera l'un des piliers de l'infrastructure routière de la ville d'Oran vue que il va désengorger la ville on évitant les bouchons et la congestion au niveau de l'entrée d'El Bahia par la route national N° 4.

Tous ce flux va être canalisé par cette deuxième rocade. Notre projet consiste a étudié le lot N°04 du PK 13+000 au PK 17+000. Cette section rentre dans 02 communes à savoir la commune de Sidi Chahmi et la commune d'El Kerma.



**Figure n°11 :** Tracé globale de la deuxième rocade sud d'Oran section Belgaid –El Kerma.



**Figure n°12 :** Tracé du tronçon étudié de la deuxième rocade sud d'Oran section Belgaid –El Kerma.

### **I.3. Justification du de projet :**

Ce projet rentre dans le cadre du programme de développement économique et sociale du pays et l'amélioration du cadre de vie des citoyens d'où son rôle dans le développement, la sécurité et l'économie du citoyen et du pays.

### **I.4. Objectifs du projet :**

L'objectif de la deuxième rocade sud d'Oran section BELGAID-EL KERMA :

- Disposer d'une nouvelle infrastructure, offrant une capacité suffisante pour répondre à une demande de transport sans cesse croissante.
- Le développement économique de la région.
- Caractéristique géométrique entravant la fluidité de la circulation et réduisant la capacité.
- L'amélioration notable de la sécurité de l'utilisateur.
- Etudier le trafic afin de justifier l'utilité de l'aménagement prévu.
- Procéder à un dimensionnement des corps de chaussées neufs.
- Désengorger la ville d'Oran de la circulation.

# **Chapitre II**

## **Normes géométriques & données de base**

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

---

### II.1. Généralités :

L'exécution de chaque projet routier doit être précédée par une reconnaissance du terrain, à ce niveau se 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 d'étude.

### II.2. 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 dénivelées cumulées totales H à la 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 ( $L=L_1+L_2+L_3+\dots+L_n$ ).

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

### II.3. Calcul de la dénivelée cumulée moyenne:

#### Tableaux :

PT N°	PK	Distance partiel	Z terrain naturel	DH
552	13000	0	103,779	
553	13025	25	103,519	-0,26
554	13050	25	103,155	-0,364
555	13075	25	102,686	-0,469
556	13100	25	102,214	-0,472
557	13125	25	101,462	-0,752
558	13150	25	100,806	-0,656
559	13175	25	100,149	-0,657
560	13200	25	99,493	-0,656
561	13225	25	98,836	-0,657
562	13250	25	98,179	-0,657
563	13275	25	97,523	-0,656
564	13300	25	96,866	-0,657
565	13325	25	96,22	-0,646
566	13350	25	95,731	-0,489
567	13375	25	95,451	-0,28
568	13400	25	95,378	-0,073
569	13425	25	95,512	0,134
570	13450	25	95,762	0,25
571	13475	25	96,012	0,25
572	13497,16	22,16	96,233	0,221
573	13500	2,84	96,262	0,029
574	13525	25	96,512	0,25
575	13550	25	96,762	0,25
576	13553,47	3,47	96,797	0,035
577	13575	21,53	97,012	0,215
578	13600	25	97,262	0,25
579	13625	25	97,512	0,25
580	13650	25	97,762	0,25
581	13675	25	98,012	0,25
582	13700	25	98,262	0,25
583	13725	25	98,512	0,25
584	13750	25	98,762	0,25
585	13775	25	99,012	0,25
586	13800	25	99,262	0,25
587	13825	25	99,512	0,25



## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

---

<b>588</b>	13850	25	99,762	0,25
<b>589</b>	13875	25	100	0,238
<b>590</b>	13900	25	100,167	0,167
<b>591</b>	13925	25	100,257	0,09
<b>592</b>	13950	25	100,268	0,011
<b>593</b>	13975	25	100,203	-0,065
<b>594</b>	14000	25	100,112	-0,091
<b>595</b>	14025	25	100,022	-0,09
<b>596</b>	14050	25	99,931	-0,091
<b>597</b>	14075	25	99,841	-0,09
<b>598</b>	14100	25	99,754	-0,087
<b>599</b>	14125	25	99,804	0,05
<b>600</b>	14150	25	100,056	0,252
<b>601</b>	14175	25	100,369	0,313
<b>602</b>	14200	25	100,671	0,302
<b>603</b>	14225	25	100,885	0,214
<b>604</b>	14250	25	100,996	0,111
<b>605</b>	14275	25	101,003	0,007
<b>606</b>	14300	25	100,905	-0,098
<b>607</b>	14325	25	100,704	-0,201
<b>608</b>	14350	25	100,399	-0,305
<b>609</b>	14375	25	99,989	-0,41
<b>610</b>	14400	25	99,511	-0,478
<b>611</b>	14425	25	99,031	-0,48
<b>612</b>	14450	25	98,551	-0,48
<b>613</b>	14475	25	98,071	-0,48
<b>614</b>	14500	25	97,592	-0,479
<b>615</b>	14504,36	4,36	97,515	-0,077
<b>616</b>	14525	20,64	97,234	-0,281
<b>617</b>	14550	25	97,083	-0,151
<b>618</b>	14575	25	97,14	0,057
<b>619</b>	14576,36	1,36	97,149	0,009
<b>620</b>	14583,68	7,32	97,208	0,059
<b>621</b>	14600	16,32	97,381	0,173
<b>622</b>	14625	25	97,653	0,272
<b>623</b>	14650	25	97,924	0,271
<b>624</b>	14655,68	5,68	97,986	0,062
<b>625</b>	14675	19,32	98,196	0,21
<b>626</b>	14700	25	98,467	0,271
<b>627</b>	14725	25	98,731	0,264
<b>628</b>	14750	25	98,91	0,179
<b>629</b>	14775	25	98,986	0,076

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

---

<b>630</b>	14800	25	98,957	-0,029
<b>631</b>	14825	25	98,825	-0,132
<b>632</b>	14850	25	98,588	-0,237
<b>633</b>	14875	25	98,25	-0,338
<b>634</b>	14900	25	97,882	-0,368
<b>635</b>	14925	25	97,592	-0,29
<b>636</b>	14950	25	87,406	-10,186
<b>637</b>	14975	25	97,324	9,918
<b>638</b>	15000	25	97,346	0,022
<b>639</b>	15025	25	97,473	0,127
<b>640</b>	15050	25	97,703	0,23
<b>641</b>	15075	25	98,037	0,334
<b>642</b>	15100	25	98,499	0,462
<b>643</b>	15125	25	99,169	0,67
<b>644</b>	15150	25	100,029	0,86
<b>645</b>	15175	25	100,926	0,897
<b>646</b>	15200	25	101,824	0,898
<b>647</b>	15225	25	102,721	0,897
<b>648</b>	15250	25	103,618	0,897
<b>649</b>	15275	25	104,472	0,854
<b>650</b>	15300	25	105,222	0,75
<b>651</b>	15325	25	105,868	0,646
<b>652</b>	15350	25	106,411	0,543
<b>653</b>	15375	25	106,849	0,438
<b>654</b>	15400	25	107,183	0,334
<b>655</b>	15425	25	107,414	0,231
<b>656</b>	15444,6	19,6	107,521	0,107
<b>657</b>	15450	5,4	107,54	0,019
<b>658</b>	15475	25	107,562	0,022
<b>659</b>	15500	25	107,481	-0,081
<b>660</b>	15525	25	107,295	-0,186
<b>661</b>	15550	25	107,005	-0,29
<b>662</b>	15575	25	106,612	-0,393
<b>663</b>	15600	25	106,15	-0,462
<b>664</b>	15625	25	105,686	-0,464
<b>665</b>	15650	25	105,222	-0,464
<b>666</b>	15675	25	104,758	-0,464
<b>667</b>	15700	25	104,294	-0,464
<b>668</b>	15725	25	103,831	-0,463
<b>669</b>	15750	25	103,388	-0,443
<b>670</b>	15775	25	103,12	-0,268
<b>671</b>	15800	25	103,061	-0,059

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

---

<b>672</b>	15825	25	103,209	0,148
<b>673</b>	15850	25	103,565	0,356
<b>674</b>	15875	25	104,095	0,53
<b>675</b>	15900	25	104,645	0,55
<b>676</b>	15925	25	105,195	0,55
<b>677</b>	15950	25	105,745	0,55
<b>678</b>	15975	25	106,295	0,55
<b>679</b>	16000	25	106,845	0,55
<b>680</b>	16025	25	107,395	0,55
<b>681</b>	16050	25	107,945	0,55
<b>682</b>	16075	25	108,495	0,55
<b>683</b>	16100	25	109,045	0,55
<b>684</b>	16125	25	109,595	0,55
<b>685</b>	16150	25	110,145	0,55
<b>686</b>	16175	25	110,695	0,55
<b>687</b>	16200	25	111,244	0,549
<b>688</b>	16225	25	111,732	0,488
<b>689</b>	16250	25	112,116	0,384
<b>690</b>	16275	25	112,401	0,285
<b>691</b>	16300	25	112,663	0,262
<b>692</b>	16325	25	112,925	0,262
<b>693</b>	16350	25	113,187	0,262
<b>694</b>	16375	25	113,466	0,279
<b>695</b>	16400	25	113,916	0,45
<b>696</b>	16425	25	114,574	0,658
<b>697</b>	16450	25	115,433	0,859
<b>698</b>	16475	25	116,344	0,911
<b>699</b>	16500	25	117,171	0,827
<b>700</b>	16525	25	117,894	0,723
<b>701</b>	16550	25	118,513	0,619
<b>702</b>	16575	25	119,028	0,515
<b>703</b>	16600	25	119,439	0,411
<b>704</b>	16625	25	119,745	0,306
<b>705</b>	16650	25	119,948	0,203
<b>706</b>	16675	25	120,047	0,099
<b>707</b>	16700	25	120,042	-0,005
<b>708</b>	16706,98	6,98	120,022	-0,02
<b>709</b>	16725	18,02	119,933	-0,089
<b>710</b>	16750	25	119,72	-0,213
<b>711</b>	16775	25	119,43	-0,29
<b>712</b>	16800	25	119,124	-0,306
<b>713</b>	16825	25	118,723	-0,401

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

714	16850	25	118,219	-0,504
715	16875	25	117,61	-0,609
716	16900	25	116,897	-0,713
717	16916,3	16,3	116,377	-0,52
718	16925	8,7	116,081	-0,296
719	16950	25	115,213	-0,868
720	16975	25	114,498	-0,715
721	17000	25	113,99	-0,508
	$\Sigma$	<b>4000</b>	$\Sigma$	<b>10,211</b>

**Tableau n°2 : Dénivelé de chaque profil.**

Alors

$$H/L = 10.211/4000 = 0.00255275$$

$$Dc = 0.26 \%$$

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°3 : Détermination de nature des terrains.**

Ce qui conduit à un terrain Plat à partir du (tableau 3)

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

### II.4. 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 :

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

N°	Classification	Sinuosité
1	Sinuosité faible	$\sigma < 0.10$
2	Sinuosité moyenne	$0.10 < \sigma < 0.30$
3	Sinuosité forte	$\sigma > 0.30$

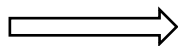
**Tableau n°4 : Sinuosité.**

Dans notre cas :

L= 4000m

Ls= 0

$\sigma = 0$



**caractéristique d'une sinuosité faible (tableau4).**

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

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

**Tableau n°5** : Environnement de la route.

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 (tableau5)**

### **II.5. 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 pole d'industrie de transformation et d'industrie légère.
- **CAT 3** : la 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 CAT2**

## Chapitre II: Normes géométriques et données de base

---

### II.6. La vitesse de référence :

La vitesse de référence représente la vitesse de circulation des véhicules sur une route a 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).

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

Tableau n°6 : Vitesse de référence.

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

# **Chapitre III**

## **Etude du trafic**



## 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.

### **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.

## Chapitre III : Etude du trafic

---

### 2.1- Mesure des trafics :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires :

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

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 au :

- Des conditions de 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)

## Chapitre III : Etude du trafic

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

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (uvp), en fonction de 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 lourds, il dépend de la nature de route.

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

Tableau n°7 : 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.

Q : est exprimé en UVP/h.

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

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

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.

## Chapitre III : Etude du trafic

---

**Valeur de K1 :**

Env	E1	E2	E3
<b>K1</b>	<b>0.75</b>	<b>0.85</b>	<b>0.90 à 0.96</b>

**Tableau n°8:** Valeurs de K1 en fonction de l'environnement.

**Valeur de K2 :**

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

**Tableau n°9:** Valeurs de K2 en fonction de l'environnement.

**Valeur de Cth :** capacité théorique du profil en travers en régime stable.

**Capacité théorique :**

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

**Tableau n°10 :** Valeurs de capacité théorique.

### III.8. Application au projet:

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

- Le trafic à l'année de compactage 2017  $TMJA = 10700$  V/J.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic  $\tau = 6\%$ .
- La vitesse de base sur le tracé  $V_b = 100$  km /h.
- Le pourcentage moyen de poids lourds  $Z = 20\%$ .
- L'année de mise en service sera en 2020.
- Environnement (E1) - Catégorie (CAT2).
- La durée de vie estimée de 20 ans.

**Trafic a l'année de mise en service (2020) :**

$$TMJA_{2020} = TMJA_0 (1+\tau)^3$$

$$TMJA_{2020} = 10700(1+0.06)^3 = 12743 \text{ v/j}$$

$$\mathbf{TMJA_{2020} = 12743 \text{ v/j}}$$

**Trafic a l'année horizon (2040) pour une durée de vie de 20 ans :**

$$TMJA_{2040} = T_{2020} (1+\tau)^{20}$$

$$TMJA_{2040} = 12743 (1 + 0.06)^{20} = 40868 \text{ v /j}$$

$$\mathbf{TMJA_{2040} = 40868 \text{ v/j}}$$

**Calcul du Trafic effectif :**

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

Avec :

**P** : coefficient d'équivalence pris pour le poids lourds pour une route de 2 voies et un environnement **E1** on a **P = 2.5**.

**Z** = le pourcentage de poids lourds est égale à **20 %**.

$$T_{\text{eff}} = [(1-0.20) + (2.5 \times 0.20)] \times 40868 = 53128 \text{ uvp/j}$$

$$\mathbf{T_{\text{eff}} = 53128 \text{ uvp/j}}$$

## Chapitre III : Etude du trafic

---

### Débit de pointe horaire normale :

➤ L'année de mise en service :

$$Q_{2040} = 0.12 \times T_{\text{eff}}$$

$$Q_{2040} = 0.12 \times 53128$$

$$Q_{2040} = 6375 \text{ uvp/h}$$

### La capacité admissible :

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

Avec :

K1 : coefficient correcteur pris égale à 0.75 pour E1 et Cat 2.

K2 : coefficient correcteur pris égale à 1 pour E1.

C<sub>th</sub> : capacité théorique pris égale à 1800 uvp/h pour les routes a chaussées séparées.

$$Q_{\text{adm}} = 0.75 \times 1 \times 1800$$

$$Q_{\text{adm}} = 1350 \text{ uvp/j}$$

### III.9. Détermination nombre des voies :

$$N = S \left( \frac{q}{Q_{\text{adm}}} \right)$$

Avec:

$$S = 2/3$$

$$N = 2/3 (6375/1350) = 3.15$$

$$N = 3 \text{ voie par sens}$$

# **Chapitre IV**

## **Paramètre Cinématique**

## Chapitre IV: Paramètre 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 la condition conventionnelle de la chaussée mouillée. Elle varie suivant la pente longitudinale de la chaussée

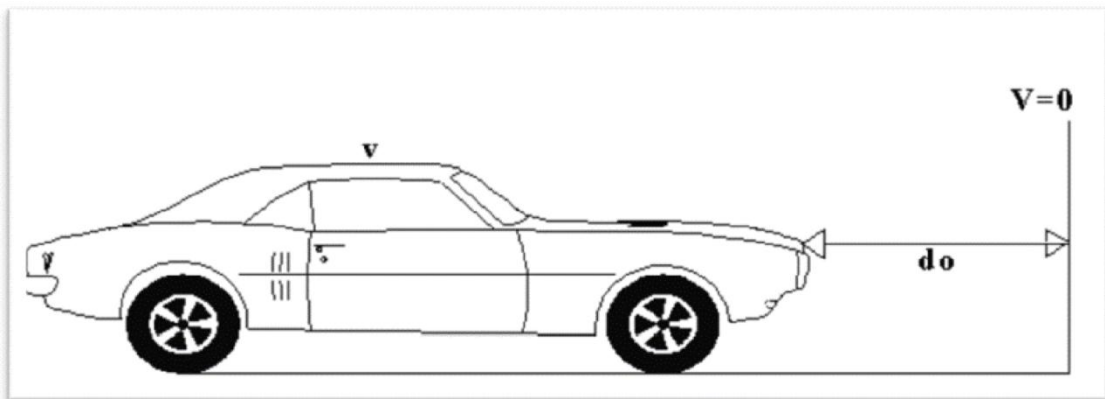


Figure n°13 : Distance de freinage.

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>	<b>0.33</b>	<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>	<b>/</b>

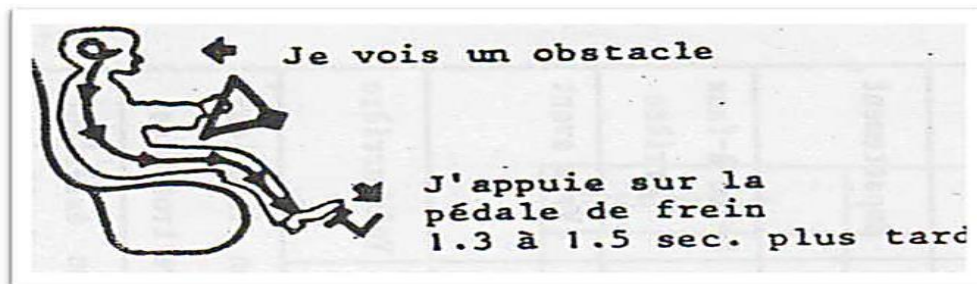
**Tableau n°11** : Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40.

Pour 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.

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



**Figure n°14:** Temps de réactions.

# Chapitre IV: Paramètre cinématique

## 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 :

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

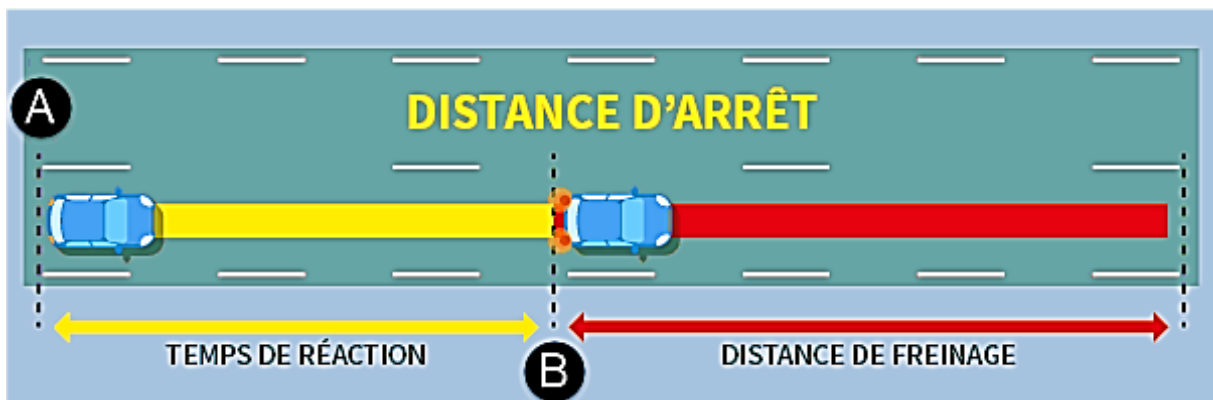
**Tableau n°12 :** Les valeurs du temps et de perception réaction  $t$  en fonction de E, CAT et  $V_r$ .

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

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

### 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°15 :** Distance d'arrêt.

## Chapitre IV : Paramètre cinématique

Nature de la route T(s)	Alignement droit	courbe
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°13** : Lois de distance d'arrêt.

**D1** : distance d'arrêt

**D<sub>0</sub>** : distance de freinage

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

### IV.4. Manœuvre de dépassement :

**dvd<sub>m</sub>** : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement moyenne

**dvd<sub>N</sub>** : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement normale

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

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

**Tableau n°14**: Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse.

D'après le tableau des normes de la B40, on tire les valeurs de dvd<sub>m</sub>, dvd<sub>n</sub> et dmd en fonction de la vitesse.

### IV.5. Espacement entre deux véhicules :

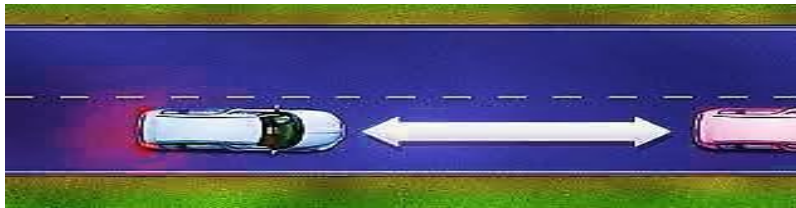


Figure n°16 : Espacement entre véhicule.

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 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)

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

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{100^2}{(0.36)} = \mathbf{111.11 \text{ m}}$$

- En rampe :  $e = +0.052$

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

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{100^2}{(0.36+0.052)} = \mathbf{97.087 \text{ m}}$$

## Chapitre IV: Paramètre cinématique

- En pente :  $e = -0.052$

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

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{100^2}{(0.36 - 0.052)} = \boxed{129.87 \text{ m}}$$

### Distance d'arrêt :

- a) En alignement droit :

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

- En palier:  $d = 111.11 + (0.50 \times 100) = 161.11 \text{ m}$   
➤ En rampe:  $d = 97.087 + (0.50 \times 100) = 147.087 \text{ m}$   
➤ En pente:  $d = 129.87 + (0.50 \times 100) = 179.87 \text{ m}$

- b) En courbe:

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

- En palier :  $d = 1.25 \times 111.11 + (0.50 \times 100) = 188.88 \text{ m}$   
➤ En rampe :  $d = 1.25 \times 97.087 + (0.50 \times 100) = 171.35 \text{ m}$   
➤ En pente :  $d = 1.25 \times 129.87 + (0.50 \times 100) = 212.33 \text{ m}$

**Dvdm = 420 m**

**dvdN = 620m**

**dmd = 300 m**

Espacement entre véhicules :

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

$$E = 8 + 0.2(100) + 0.003(100)^2$$

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

## Chapitre IV: Paramètre cinématique

---

# **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 un lever 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'utilisateur (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 sera adaptée 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 raccords 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 de 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°17 :** 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.

Avec V en

$L_{min} = 5 V$	→	(m/s).
$L_{max} = 60 V$		

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

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

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

## Chapitre V: Tracé en Plan

### 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  $RH_m$  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°15: Devers en fonction de l'environnement.

### V.6. Courbes en plan :

#### V.6.1. Le rayon minimal absolu $RH_m$ :

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

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

#### V.6.2. Le rayon minimal normal $RH_N$ :

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

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

## Chapitre V: Tracé en Plan

---

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

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

Dévers associé

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

$dmin = 2.5\%$  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.

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

### V.6.5. Détermination des dévers $d_{max}$ et $d_{min}$ :

	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5
d min	-2.50%	<b>-2.50%</b>	-3%	-3%	-4%
d max	7%	<b>7%</b>	8%	8%	9%

Tableau n°16 : Dévers [Normes B40].

## Chapitre V: Tracé en Plan

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

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

**Tableau n°17: Valeur du coefficient  $f_t$ .**

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

<b>Catégories</b>	<b>Cat 1</b>	<b>Cat 2</b>	<b>Cat 3</b>	<b>Cat 4</b>	<b>Cat 5</b>
<b>F''</b>	<b>0.06</b>	<b>0.06</b>	<b>0.07</b>	<b>0.075</b>	<b>0.075</b>

**Tableau n°18: Valeur du coefficient « F'' ».**

- **Tableau récapitulatif :**

<b>Vitesse réf</b>	<b>100km/h</b>
<b>dmax</b>	<b>7 %</b>
<b>dmin</b>	<b>-2,50 %</b>
<b>d=dmax-2%</b>	<b>5 %</b>
<b>Ft</b>	<b>0,11</b>
<b>f''</b>	<b>0,06</b>

**Tableau n°19 : Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques.**

### 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°20 : les rayons en plan selon la B40.**

## Chapitre V: Tracé en Plan

$$\mathbf{Rhm} = \frac{Vr^2(Km/h)}{127(d+ft)} \quad \Rightarrow \quad Rhm = \frac{100^2}{127(0.11+0.07)} = \mathbf{437.44 \text{ m}}$$

$$\mathbf{RHN} = \frac{(Vr+20)^2(Km/h)}{127(d+ft)} \quad \Rightarrow \quad RHN = \frac{(100+20)^2}{127(0.11+0.07)} = \mathbf{629.92 \text{ m}}$$

$$\mathbf{RHd} = \frac{Vr^2(Km/h)}{127 \times 2 \times d} \quad \Rightarrow \quad RHd = \frac{100^2}{127 \times 2 \times 0.025} = \mathbf{1574.80 \text{ m}}$$

$$\mathbf{RHnd} = \frac{Vr^2(Km/h)}{127(F''-dmin)} \quad \Rightarrow \quad RHnd = \frac{100^2}{127(0.06-0.025)} = \mathbf{2249.71 \text{ m}}$$

On remarque que les valeurs calculées correspondant réellement aux les valeurs du tableau N°20(NormesB40).

### V.6.9. 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 déterminer. Au lieu de cela, une autre solution serait d'augmenter le rayon du virage jusqu'à ce que la visibilité soit assurée.

### V.6.10. 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 :

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

# Chapitre V: Tracé en Plan

---

## **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 il infini jusqu'au point asymptotique ou il s'annule, la courbure de la Clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc. Parcourue à vitesse constante, la Clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

### **V.7.2. Expression mathématique de la Clothoïde :**

La Courbure  $K$  linéairement proportionnellement à la longueur curviligne.

$$K = C.L$$

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

# Chapitre V: Tracé en Plan

## V.7.3. Élément de la Clothoïde :

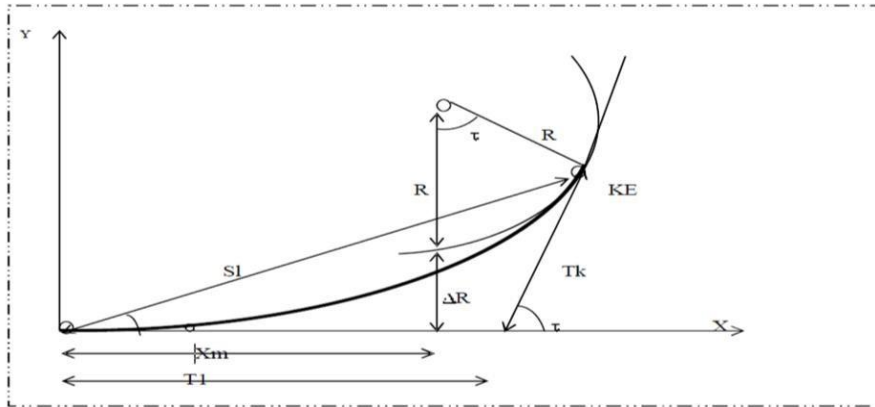


Figure n°18 : Élément de la Clothoïde.

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 :

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

$T_C$  : tangente courte.

$T_L$  : 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



# Chapitre V: Tracé en Plan

## 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) :**

$$\begin{matrix} \text{✚} & R \leq 1500m & \Delta R = 1m & (\text{éventuellement } 0.5m) \end{matrix}$$

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

$$\begin{matrix} \text{✚} & 1500 < R \leq 5000m \end{matrix}$$

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

$$\begin{matrix} \text{✚} & R \geq 5000m & \Delta R = 2.5 m \end{matrix}$$

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

### 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.

$$\boxed{L \geq l \cdot \Delta d \cdot V_B}$$

**L** : longueur de raccordement.

**l** : Largeur de la chaussée.

**Δd** : variation de dévers.

# Chapitre V: Tracé en Plan

## Condition de confort dynamique :

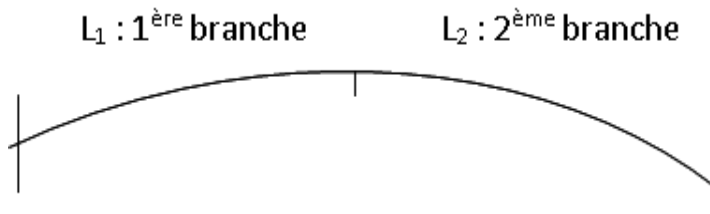
Cette condition consiste à limiter le temps de parcours  $t$  du raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule.

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

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

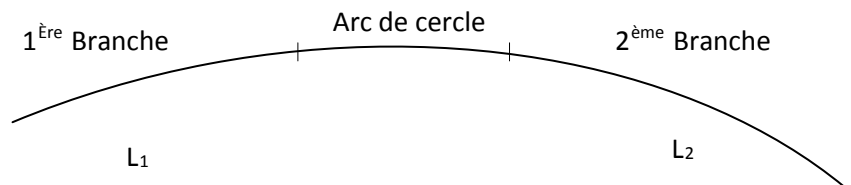
## V.7.5. Vérification de non chevauchement :

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



## 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.

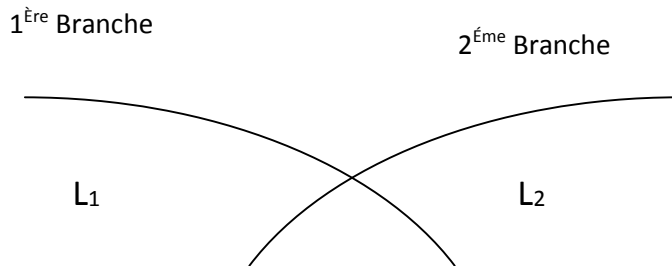


# Chapitre V: Tracé en Plan

---

## 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 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 segments de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires. Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- L'altitude du terrain naturel
- L'altitude 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 incite 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 possible 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	<b>5</b>	4	4

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

## VI.6. Les raccords en profil en long :

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

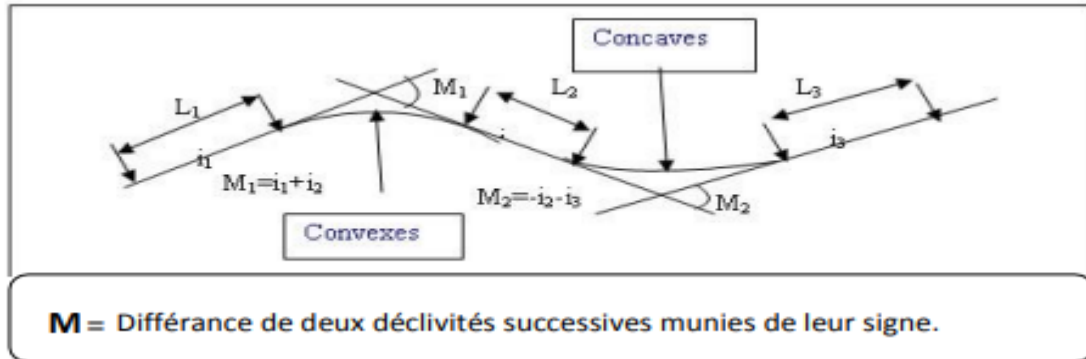


Figure n°19 : Raccordement convexe et concave.

### VI.6.1. Raccords convexes (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccords 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 à la condition : 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 :

$$v^2 / R_v < g / 40 \quad \text{avec} \quad g = 10 \text{ (m/s}^2\text{)} \quad \text{et} \quad v = V / 3.6$$

D'où :

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

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

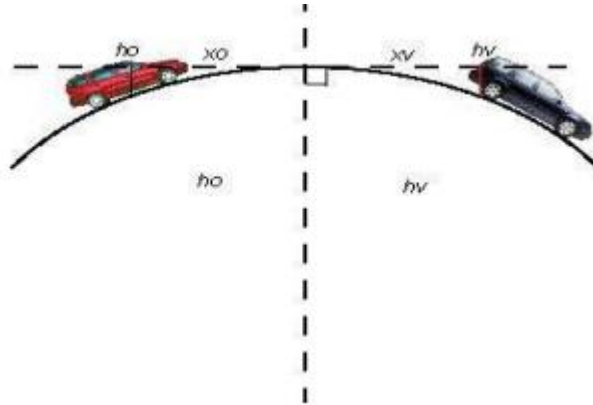
Tel que :

$R_v$  : c'est le rayon vertical (m) et  $V$  : vitesse de référence (km/h).

## Chapitre VI : Profil en Long

### VI.6.1.2. Condition de visibilité :

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



**Figure n°20 : Visibilité.**

Il faut deux véhicules circule 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 :

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

$d$  : 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 :  $Rv = ad_1^2$  a = 0.24

Pour Cat 1-2  $Rv = 0.24 d_1^2$

Les rayons assurant ces deux conditions sont données 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 :

Rayon	symbole	valeur
Min-absolu	RVm1	6 000
Min-normal	RVN1	12 000
Dépassement	RVD	20 000

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



## Chapitre VI : Profil en Long

---

### **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 :

Rayon	Symbole	Valeur
Min -absolu	R'vm1	3000
Min - normal	R'VN 1	4200
Dépassement	R'VD	11000

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 :

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

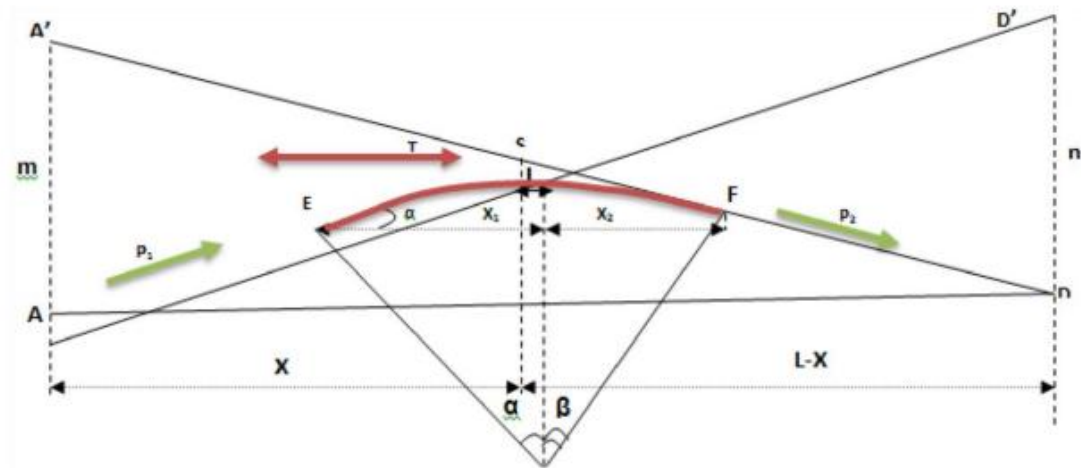
À l'équation de la parabole

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

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.

## Chapitre VI : Profil en Long



**Figure n°21 : 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 :

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

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

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

### 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 et F.

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

## Chapitre VI : Profil en Long

---

### 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 :

$$M \begin{cases} H_X = x^2 / 2R \\ Z_M = Z_B + X_{p1} - X^2 / 2R \end{cases}$$

### 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.

$$X_1=Rp_1 ; X_2= Rp_2J \quad X_J = X_E + R.P_1$$

$$\begin{cases} X_j = X_E + R.P_1 \\ Z_j = Z_E + X_1.P_1 \frac{X_1^2}{2R} \end{cases}$$

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 :

$$T = \frac{Rv}{200} |P1 + P2|$$

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

$$T = \frac{Rv}{200} |P1 - P2|$$

**$R_v = 3010 \text{ m.}$**

$$T = \frac{3010}{200} |-2.63 + 1.00|$$

$\Rightarrow$   **$T = 24.53 \text{ m}$**

**La longueur L du raccordement verticale :**

$$L = 2 \times T$$

$$L = 2 \times 24.53$$

$\Rightarrow$   **$L = 49.06 \text{ m}$**

**La flèche F :**

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

$$F = \frac{24.53^2}{2(3010)}$$

$\Rightarrow$   **$F = 0.0999 \text{ m}$**

## Chapitre VI : Profil en Long

Le tableau ci-dessus donne les différentes valeurs relatives à notre projet :

<b>Elément Sommet</b>	<b>P1 P2</b>	<b>Nature du rayon</b>	<b>Sens des pentes</b>	<b>Les rayons</b>	<b>T</b>	<b>L</b>	<b>F</b>
<b>S1</b>	-2.63 1.00	Saillant	Sens contraire	3010	<b>24.53</b>	<b>49.06</b>	<b>0.0999</b>
<b>S2</b>	1.00 -0.36	Rentrant	Sens contraire	8000	<b>25.6</b>	<b>51.2</b>	<b>0.0410</b>
<b>S3</b>	-0.36 1.25	Saillant	Sens contraire	3010	<b>13.39</b>	<b>26.78</b>	<b>0.0298</b>
<b>S4</b>	1.25 -1.92	Rentrant	Sens contraire	6010	<b>20.13</b>	<b>40.26</b>	<b>0.0337</b>
<b>S5</b>	-1.92 1.09	Saillant	Sens contraire	3010	<b>12.49</b>	<b>24.98</b>	<b>0.0259</b>
<b>S6</b>	1.09 -1.49	Rentrant	Sens contraire	6010	<b>12.02</b>	<b>24.04</b>	<b>0.0240</b>
<b>S7</b>	-1.49 1.48	Saillant	Sens contraire	6000	<b>0.3</b>	<b>0.6</b>	<b>0.0000</b>
<b>S8</b>	1.48 3.59	Saillant	Même sens	3010	<b>31.76</b>	<b>63.52</b>	<b>0.1676</b>
<b>S9</b>	3.59 -1.86	Rentrant	Sens contraire	6010	<b>51.99</b>	<b>103.98</b>	<b>0.2249</b>
<b>S10</b>	-1.86 2.20	Saillant	Sens contraire	3010	<b>5.12</b>	<b>10.24</b>	<b>0.0044</b>
<b>S11</b>	2.20 1.05	Rentrant	Même sens	6010	<b>34.56</b>	<b>69.12</b>	<b>0.0994</b>
<b>S12</b>	1.05 3.68	Saillant	Même sens	3010	<b>39.58</b>	<b>79.16</b>	<b>0.2602</b>
<b>S13</b>	3.68 -1.17	Rentrant	Sens contraire	6010	<b>75.43</b>	<b>150.86</b>	<b>0.4734</b>
<b>S14</b>	-1.17 -3.50	Rentrant	Même sens	6010	<b>70.02</b>	<b>140.04</b>	<b>0.4079</b>
<b>S15</b>	-3.50 -1.00	Saillant	Même sens	3010	<b>37.63</b>	<b>75.26</b>	<b>0.2352</b>

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

# **Chapitre VII**

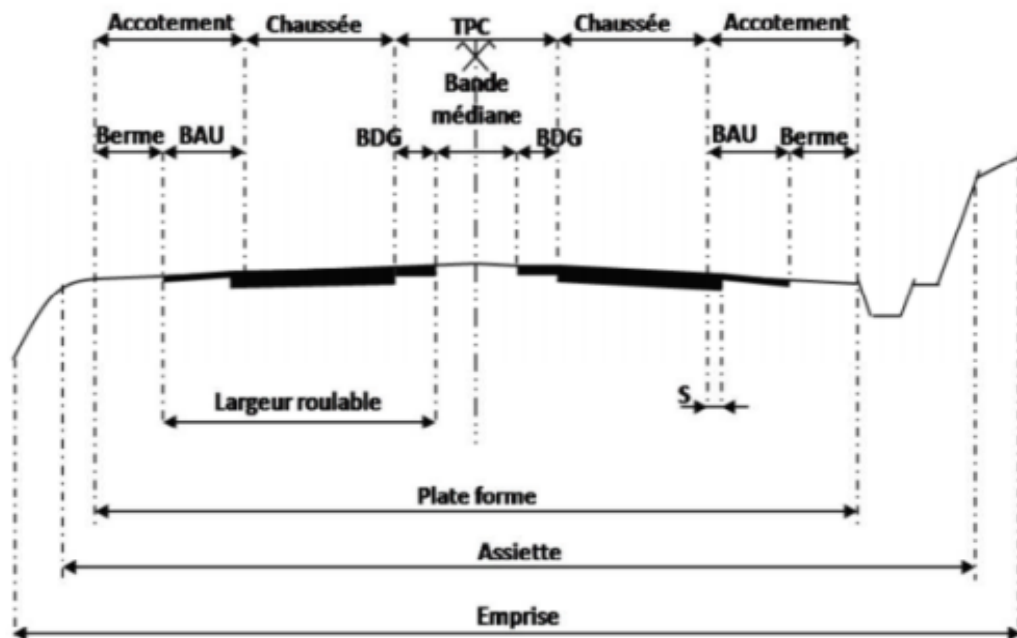
## **Profil en travers**

## Chapitre VII: Profil en travers

### VII.1. Généralités :

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°22 :** 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 :**

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.

## Chapitre VII: Profil en travers

---

### 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.

### 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 :  $10 \times 2 = 20$  m.

Accotement :  $1.50 \times 2 = 3$  m.

Un terre-plein central : **10 m.**

# **Chapitre VIII**

## **Cubature**

### **VIII.1. Généralités :**

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général.

Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers.

La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai).

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

### **VIII.2. Définition :**

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

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

### **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.

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.

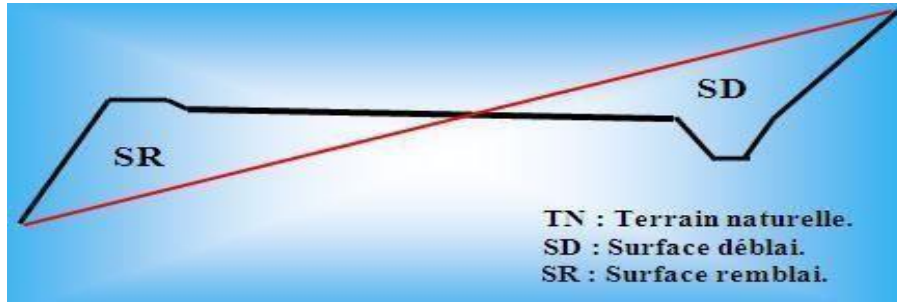


Figure n°23 : Volume déblai, remblai.

### 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

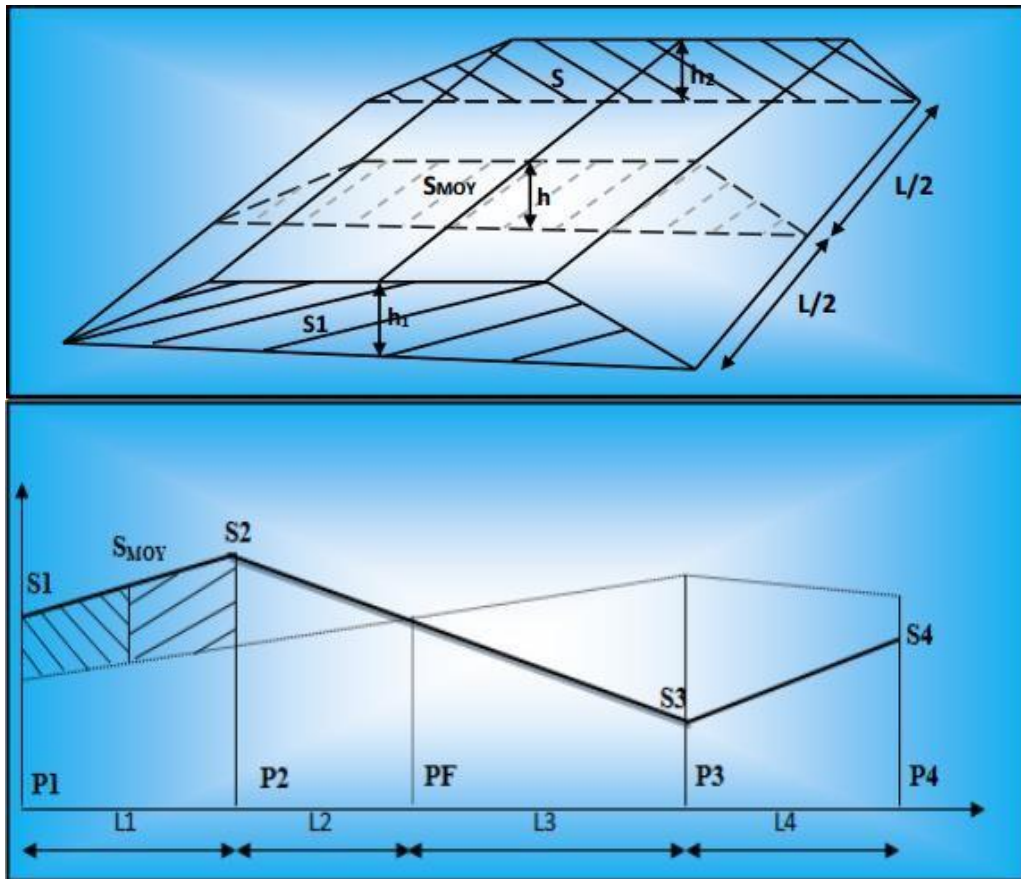


Figure n°24 : Calcul volume déblai; Remblai.

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

## Chapitre VII: Cubature

---

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

- ✓ **S<sub>i</sub>** : surface de profil en travers P<sub>i</sub>.
- ✓ **L<sub>i</sub>** : distance entre ces deux profils.
- ✓ **S<sub>MOY</sub>**: surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance L<sub>i</sub>).

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions **S<sub>MOY</sub>** et **(S<sub>1</sub>+S<sub>2</sub>)/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 **88265m<sup>3</sup>**

Volume des déblais :  **$V_D = 27610\text{m}^3$**

Volume des remblais :  **$V_R = 659400\text{m}^3$**

Différence de volume :  **$V_D - V_R = -(631790)\text{m}^3$**

# **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 vide.

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 :

- 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 repartis 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

Structure souple	Structure semi rigide	Structure rigide
- B.B - G.N.T - SOL SUPPORT	- B.B - G.T +G.B ou G.T - SOL SUPPORT	- BETON DE CIMENT - G.T - SOL SUPPORT

Figure n°25 : 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 15cm.

## 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 :

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

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 :

$$e = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 + a_4 \times e_4$$

$a_1 \times e_1$  : couche de roulement

$a_2 \times e_2$  : couche de base

$a_3 \times e_3$  : couche de fondation

$a_4 \times e_4$  : couche de forme

Où :

$a_1, a_2, a_3, a_4$  : coefficients d'équivalence.

$e_1, e_2, e_3, e_4$  : 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	0.60

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 :

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

### IX.5. Application au projet :

#### Méthode de l'indice CBR :

##### 1) Données de l'étude :

- Le trafic à l'année de compactage 2017  $TMJA_0 = 10700$  v/j
- Le trafic à l'année de mise en service 2020  $TMJA = 44900$  v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté  $\tau = 6\%$
- La vitesse de base sur le tracé  $V_b = 100$  km/h
- Le pourcentage moyen de poids lourds  $Z = 20\%$
- L'année de mise en service sera en 2020
- Environnement (E1) – Catégorie (CAT2)
- La durée de vie estimée de 20 ans
- $ICBR = 5$  (terrain Agricole)

## Chapitre IX Dimensionnement du corps de chaussée

---

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

$$N1 = TMJA_{2020} \times \%PL$$

$$N1 = 12743 \times 0.2 = 2548 \text{ VPL/J}$$

Calcul du trafic du VPL a l'année horizon :

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

$$N_{20} = 2548 (1+0.06)^{20} = 8172 \text{ VPL/J}$$

### 2) Calcul d'épaisseur théorique:

On a C.B.R= 5

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

$$e = \frac{100+(\sqrt{6.5})(75+50 \log \frac{8172}{10})}{5+5}$$

$$e = 73.22 \text{ cm}$$

$$e \approx 77 \text{ cm}$$

### Calcul des épaisseurs des différentes couches :

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

$$e = \sum_i^n C_i e_i$$

## Chapitre IX Dimensionnement du corps de chaussée

On propose les matériaux suivants de chaque couche :

### Couche de roulement « Béton bitumineux BB »

D'après le tableau ci-dessus

$$a_1 = 2.00$$

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

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

$$a_2 \times e_2 = 16 \times 1.5 = 24 \text{ cm}$$

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

$$a_3 = 1$$

$$a_3 \times e_3 = 40 \times 0.75 = 30 \text{ cm}$$

### Couche de Forme « TUF »:

$$a_4 = 0.6$$

### Epaisseur équivalente :

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

$$e = e_1 \times a_1 + e_2 \times a_2 + e_3 \times a_3 + e_4 \times a_4$$

$$e = 7 \times 2 + 16 \times 1,5 + 40 \times 0,75 + 0,6 \times e_4 = 77 \text{ cm}$$

$$e_4 = [77 - (14 + 24 + 30)] / 0,6 = 15 \text{ cm}$$

$$e_4 \times a_4 = 15 \times 0,6 = 9 \text{ cm}$$

Donc l'épaisseur réelle est de

$$7(\text{BB}) + 16(\text{GB}) + 40(\text{GNT}) + 15(\text{TUF})$$

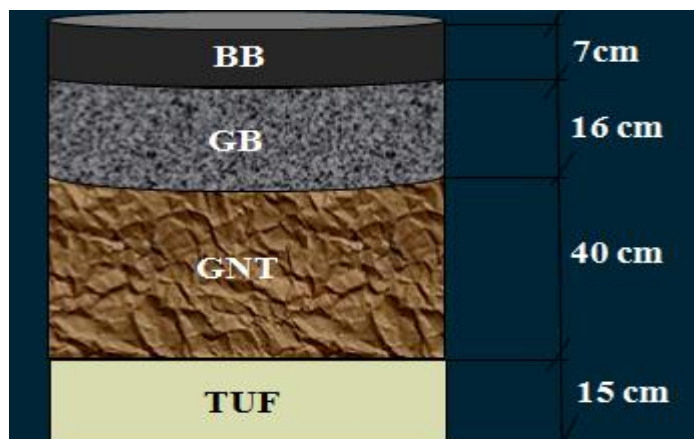


Figure n°26: Les couches de corps de chaussée.

# **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.
- 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.
- 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.

# Chapitre X: Etude géotechnique

---

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.

#### **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 Ph le poids humide de l'échantillon et Ps le poids sec de l'échantillon

$$W = \frac{Ps}{Ph} \times 100$$

## Chapitre X: Etude géotechnique

---

### ❖ 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 (Ph).

### ❖ Phase 2 : Déterminer Ps

- 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 (Ps).

### ❖ Phase 3 : Déterminer W%

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

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



**Figure n°27 : 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 hors 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 déterminé expérimental au laboratoire de certains caractéristique physique des sols.

#### **d. Domaine d'utilisation :**

Cet essai utilise 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.

## Chapitre X: Etude géotechnique

Par deux méthodes :

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

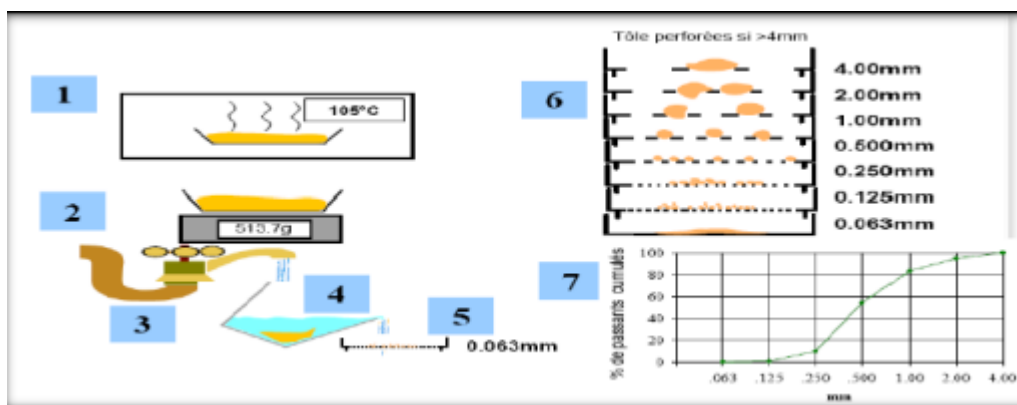


Figure n°28 : Analyse granulométrique.

### b. But de l'essai :

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

### 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, pinces.
- 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 °C ± 5 °C.
- Un dispositif de lavage.
- Colonne de tamis.



Figure n°29 : Tamisage électrique et manuel.

## Chapitre X: Etude géotechnique

### 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 essai doit être supérieure à  $0,2 D$ , avec  $M$  exprimé en kilogrammes et  $D$  plus grande dimension spécifiée en millimètres. (Voir figure)



Figure n°30 : 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 :

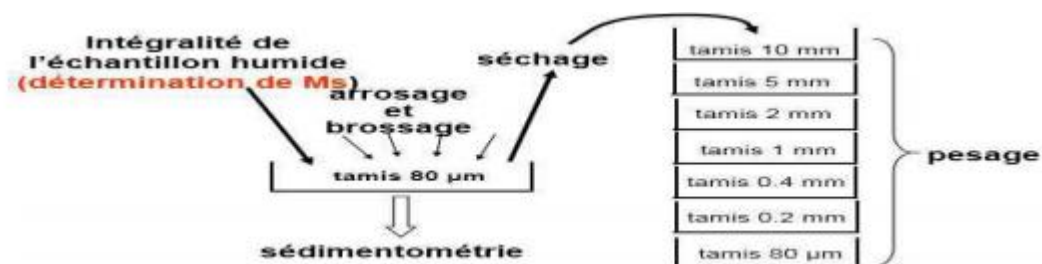


Figure n°31 : Mode opératoire 01.

### 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 tamisats (%) ( $T_i$ ) :

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

La figure suivante représente le deuxième mode opératoire :

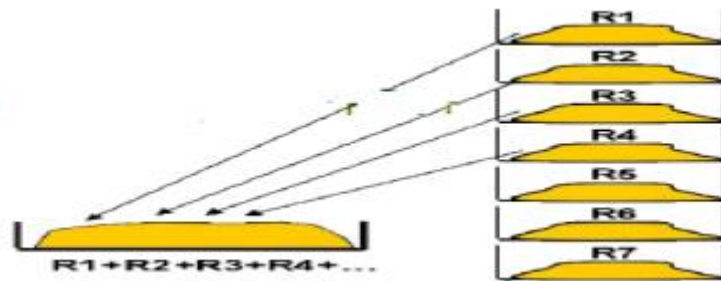


Figure n°32 : Mode opératoire 2.

### **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.

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 flocculat et de la partie sableuse sédimentée.



## Chapitre X: Etude géotechnique

---

### b. But de l'essai :

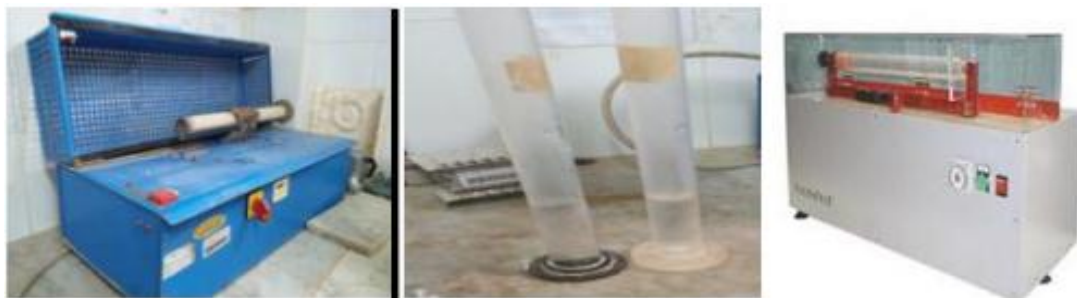
Le but de cet essai est de permet de mesurer rapidement l'importance relative des éléments fins au sien d'un matériau sableux, il rend compte globalement de la qualité et la quantité des éléments fins qui floclent et l'élément sableux qui sédimentent.

### c. Principe :

L'essai consiste à verser un échantillon de sable et une petite quantité de solution floclant 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 floclant 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 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°33:** Matériels utilisés dans l'essai équivalent de sable.

## Chapitre X: Etude géotechnique

---

### 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°34 :** L'essai d'équivalent de sable

## Chapitre X: Etude géotechnique

---

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 léguèrent argileux ; de propreté 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 a l'état de transition ont les définir 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
- 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 :
  - $I_c = W_L - W_P$
  - $I_L = W - W_P$
  - $I_P = W_L - W_P$

#### **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.

## Chapitre X: Etude géotechnique

### 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 ferme, 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 vigoureusement.
- On couvrit le mélange et laisser reposer pendant la durée nécessaire à l'homogénéisation 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
- Balance, étuve à 105°C, socle en bois, bac et pinceau
- Appareil de limite (CASAGRANDE)
- Outil à rainurer
- Les tares



Figure n°35 : Matériels utilisés.

# Chapitre X: Etude géotechnique

---

## 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 :  
Oh 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 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 un 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 poulettes 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.

## Chapitre X: Etude géotechnique

---

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°36 :** limite de plasticité.

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

#### **a. Définition :**

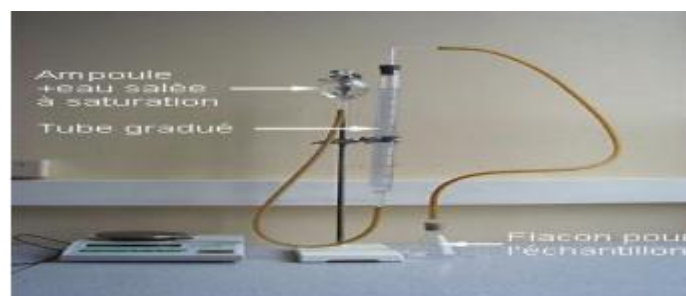
L'essai de carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) c'est la méthode de détermination de la teneur en carbonate dans des échantillons de sols (y compris les sédiments), de matières utilisées sur ou dans les sols et de déchets. Cette détermination est systématique sur les matières amendâtes mais pas sur les sols.

#### **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°37 :** Appareillage.

## Chapitre X: Etude géotechnique

### d. Préparation de l'échantillon :

- Prélever une masse  $m=50g$  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°38: Tamisage de l'échantillon.

Figure n°39 : Pesé l'échantillon.

### e. Mode opératoire :

- Verser la prise  $m_1$  dans la fiole.
- Introduire le tube qui contient 10ml de solution d'acide chlorhydrique.
- Relier la fiole au calcimètre.
- Equilibrer les pressions au zéro de la colonne.
- Verser l'acide contenu dans le tube sur la masse  $m_1$ .
- Agiter énergiquement la fiole.
- Suivre et équilibrer en permanence le niveau d'eau de la colonne et celui de l'ampoule jusqu'à la stabilisation de dégagement gazeux.
- Noter le volume  $V$  de gaz.
- 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 :

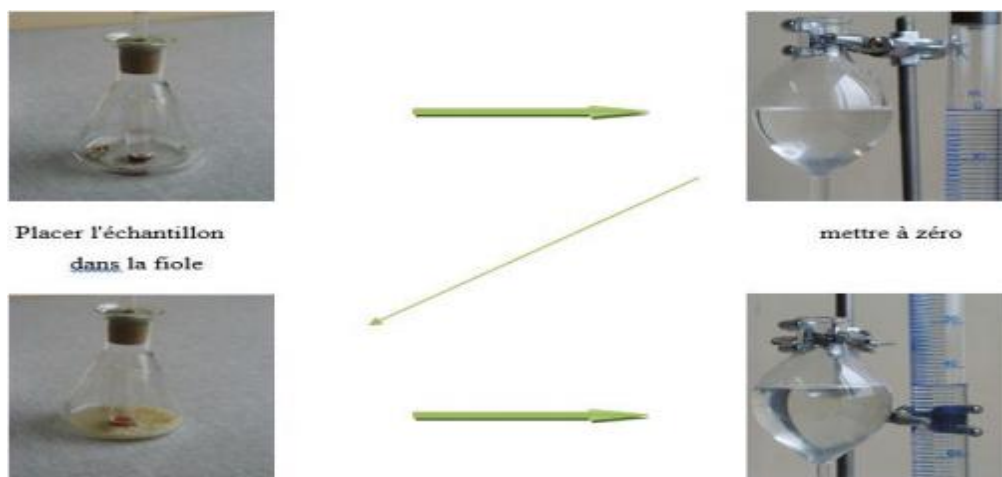


Figure n°40 : Mode opératoire de l'essai carbonate.

## 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

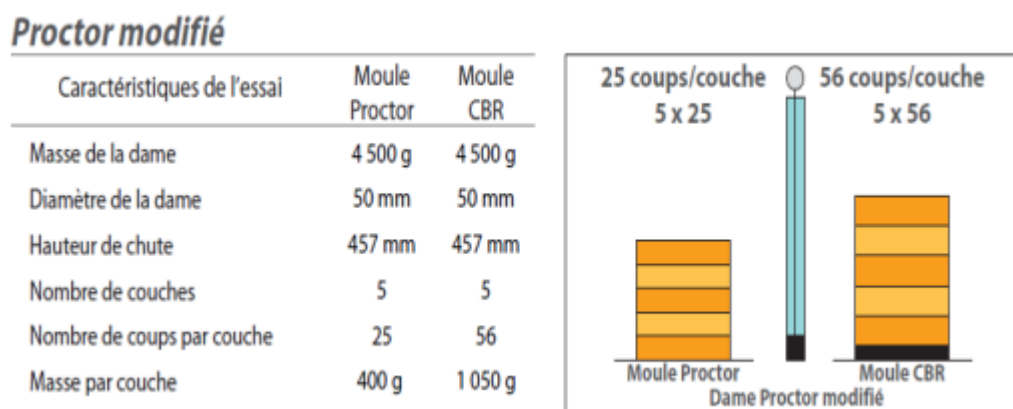
**Tableau n°27 :** Qualification des horizons en fonction de leur teneur en calcaire total selon le GEPPA.

### 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°41:** 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°42 : 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.
- Araser bien et enfin peser et l'enlevé du moule.

## Chapitre X: Etude géotechnique

---

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



**Figure n°43** : 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 finir un indice purement empirique dit indice portant cet indice connu grâce a 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°44** : 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).

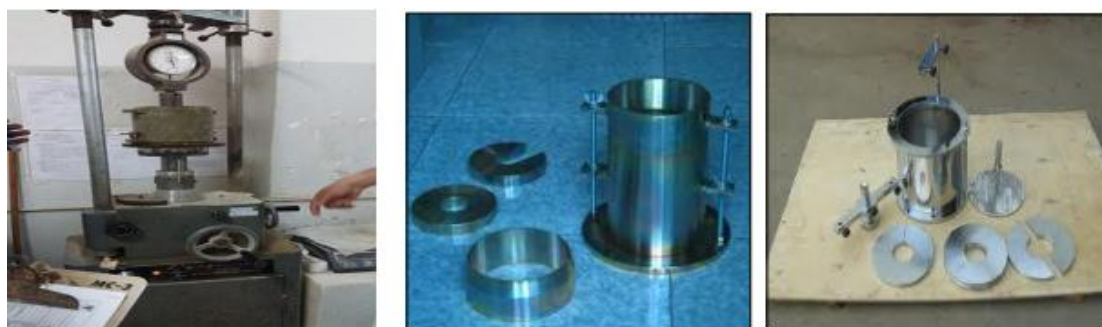


Figure n°45 : Matériels d'essai CBR.

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

#### 1) Teneur en eau :

Pour avoir un meilleur remblai on utilise le sol dont la courbe Proctor est aplati c'est-à-dire le sable, par contre il faut éviter les sols dont la courbe présente un maximum marqué.

#### 2) L'énergie de compactage :

La courbe Proctor varie si l'énergie de compactage varie, si la densité augmente W diminue.

### 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.

### 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 tache constituée par le sol, L'auréole bleue indique l'excès de cette solution dans les particules d'argile.

## Chapitre X: Etude géotechnique

---

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

$$\text{VBS (\%)} = XP \times C \times 100$$

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

### **X.5.4. Essais des Enrobés :**

#### **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°46** : 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.

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.

#### **PRICIPE :**

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  $\pm 1\%$  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.
- Le matériel peut aussi comprendre un endoscope pour l'observation fine de la paroi de la Cavité.

## Chapitre X: Etude géotechnique

---

### 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°47** : 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 à réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines.

Les différentes ouvrages utilisés peuvent être regroupées 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'écoulement 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 de 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).

# Chapitre XI : Assainissement

---

## **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 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.

# Chapitre XI : Assainissement

---

## **Descentes d'eau :**

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

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

## **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 le 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 80à 100m.

d) **Sacs :**

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

## 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 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 terminés 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 16-18	Intervalle entre deux traits successifs (mètres)	Rapport plein vide
T <sub>1</sub>	3.00	18 cm	10.00	Environ 3
T'1	1.50		5.00	
T2T'2	3.00 0.50	18 cm	3.50 0.50	Environ 3
T3T'3	3.00 20.00	18 cm	1.33 6.00	Environ 3

Tableau n°28 : modulation de la ligne continue.



## Chapitre XII : Signalisation et éclairage

---

### ▪ **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 *cm* sur les autoroutes, les routes à chaussées séparées, les routes à 4 voies de rase campagne. *u* = 6 *cm* sur les routes importantes, notamment sur les routes à grande circulation.

*u* = 5 *cm* sur toutes les autres routes ;

*u* = 3 *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:

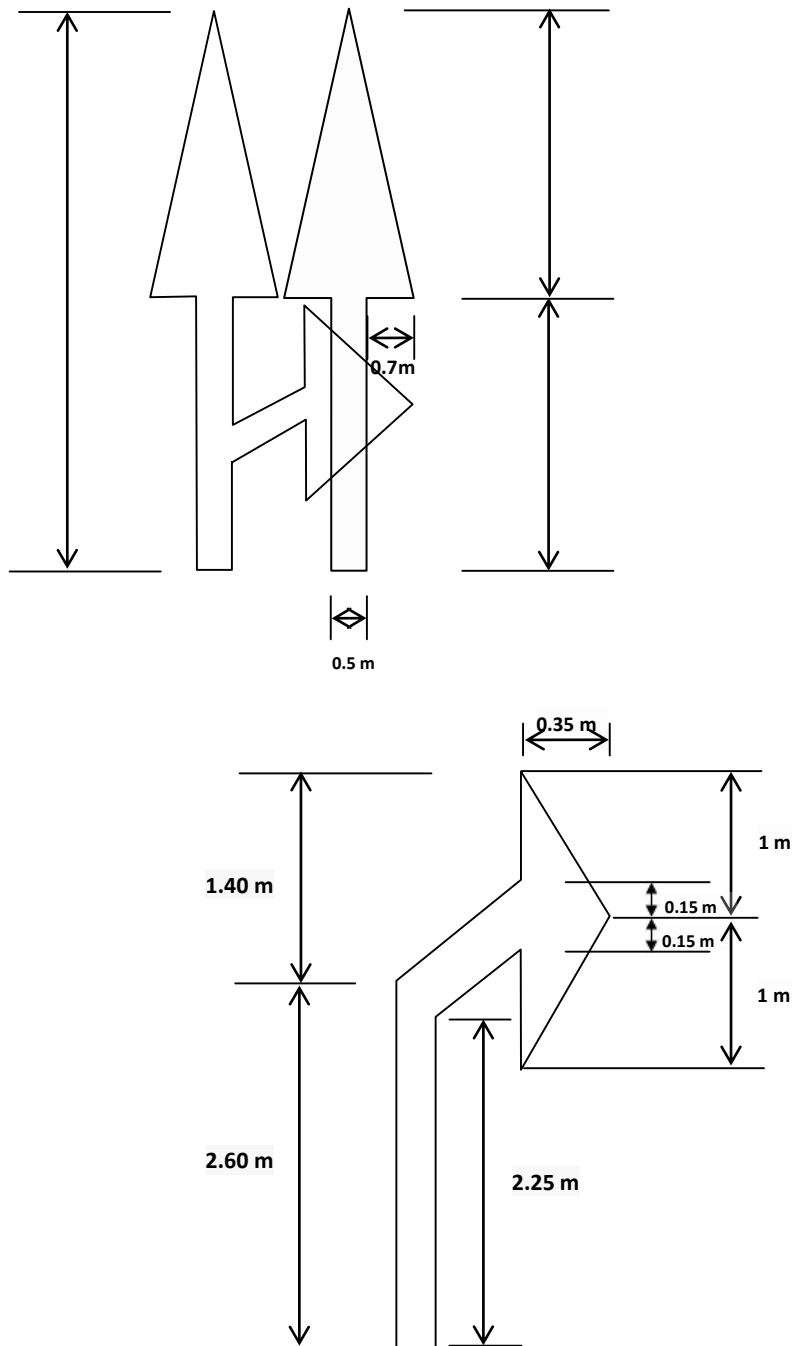


Figure n°48 : Flèche de sélection.

### ❖ Marque sur la chaussée :

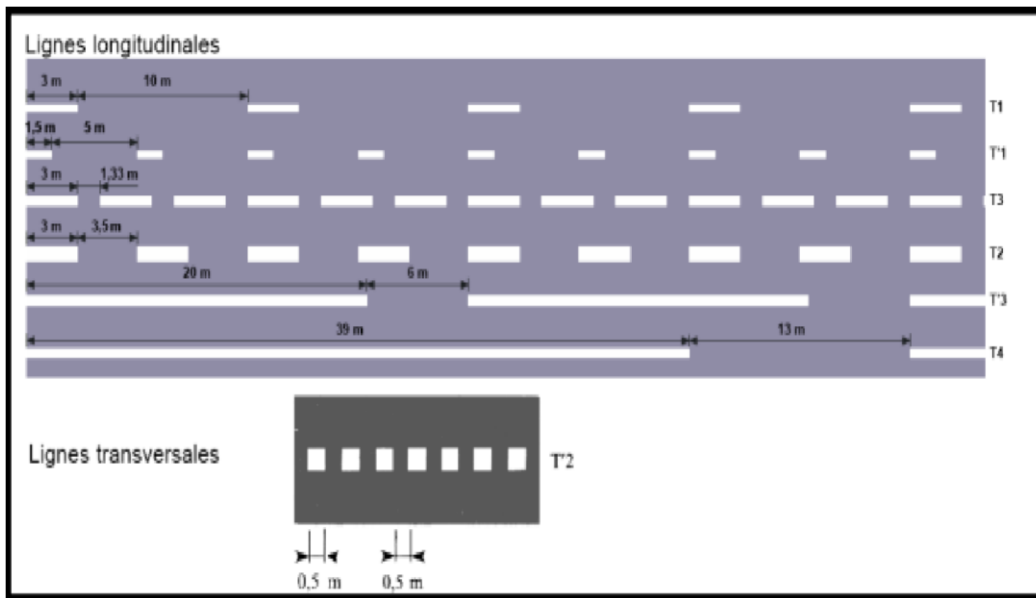


Figure n°49: Marque sur la chaussée.

### ❖ Flèche de rabattement :

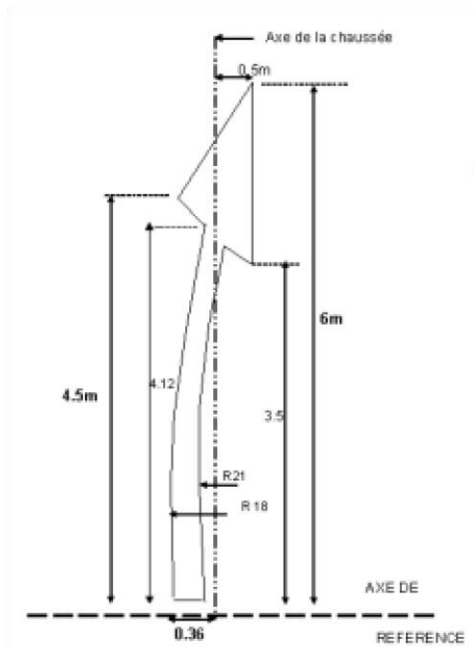


Figure n°50 : Flèche de rabattement.

❖ Schéma de signalisation stop sur chaussée :

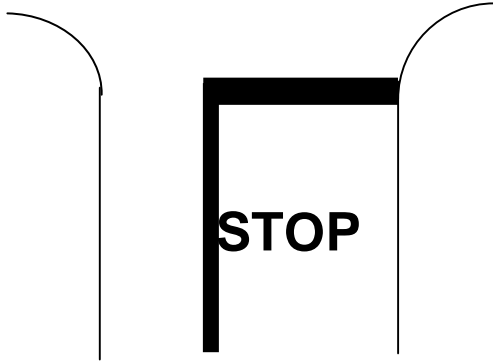


Figure n°51 : Schéma de signalisation stop sur chaussée.

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

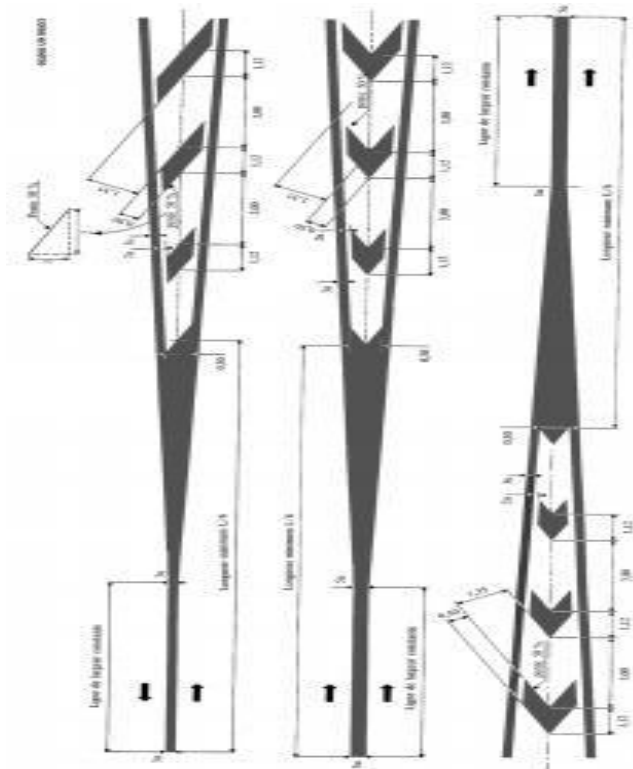


Figure n°52 : Schémas de marquage par hachures (sur le nez d'îlot).

### **B. Les signalisations verticales :**

#### **Plaques de signalisation :**

➤ **Les signaux de danger type A :**



**A1a**



**A1b**



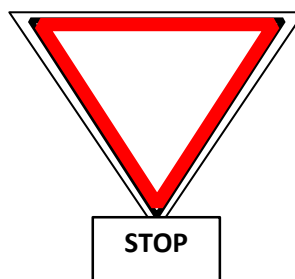
**A1c**



**A1d**

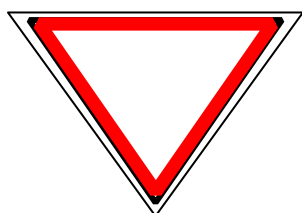


**A22**



**A23**

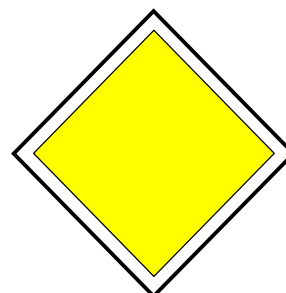
➤ **Les signaux d'intersection et de priorité type B :**



**B1**

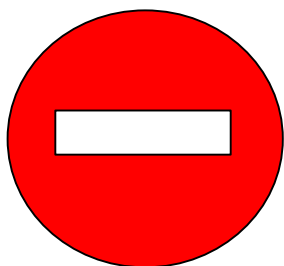


**B2**



**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°53 : Panneaux spéciaux (type A).

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



Figure n°54 : 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'espacement (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.



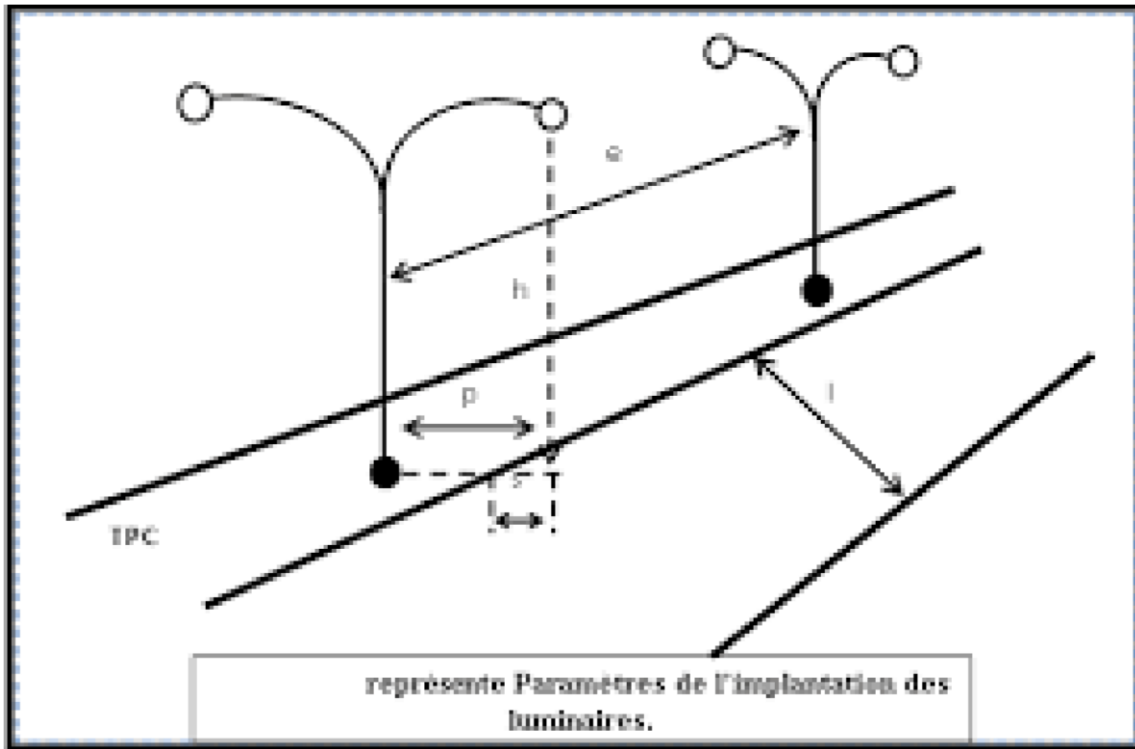


Figure n°55 : Paramètres de l'implantation des luminaires.

### 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 ; A la facilitation des évacuations sanitaires des villages vers les villes ; A 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).
- 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.

## Chapitre X: Impact sur l'environnement

---

- les mesures réglementaires concernant toute attaque visant à nuire à l'intégrité des forêts classées, des domaines protégées 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 estimatif Et quantitatif**

## Devis Quantitatif et Estimatif

N°	DESIGNTION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	MONTANT
1	Amenée du matériel et installation du chantier il comprend l'amenée du matériel, l'installation, l'aménagement et le fonctionnement des bases et toutes sujétions de bonne exécution.	F	1,00	1 000000,00	1 000 000,00
2	Repli du matériel et des installations de chantier, il comprend le repliement du matériel le démontage des installations, la démolition des bases et la remise en état des lieux	F	1,00	1 000000,00	1 000 000,00
3	Démolition d'ouvrages ou de parties d'ouvrages en béton armé, il comprend la démolition et la mise en dépôt des produits démolis en un lieu agréé par le maitre d'ouvrage, ainsi que le nettoyage et l'évacuation à la décharge publique et toutes sujétions de bonne exécution	m <sup>3</sup>	10,00	2 000,00	20 000,00
4	Démolition d'ouvrages ou de parties d'ouvrages en béton non armé, en moellons, en briques ou en gabion. il comprend la démolition et la mise en dépôt des produits démolis en un lieu agréé par le maitre d'ouvrage, ainsi que le nettoyage et l'évacuation à la décharge publique et toutes sujétions de bonne exécution	m <sup>3</sup>	10,00	5 000,00	50 000,00
5	Démolition de structures en béton armé et maçonnerie. il comprend la démolition et la mise en dépôt des produits démolis en un lieu agréé par le maitre d'ouvrage, ainsi que le nettoyage et l'évacuation à la décharge publique et toutes sujétions de bonne exécution	m <sup>3</sup>	70,00	1 200,00	84 000,00
6	Démolition et reconstitution de clôture légère il comprend : la démolition et la mise en dépôt des produits démolis en un lieu agréé par le maitre d'ouvrage, et l'évacuation à la décharge publique ainsi que la reconstitution de clôture et toutes sujétions de bonne exécution.	m <sup>3</sup>	20,00	4 000,00	80 000,00

## Devis Quantitatif et Estimatif

7	Démolition de conduites existantes. il comprend la démolition et la mise en dépôt des produits démolis en un lieu agréé par le maitre d'ouvrage, ainsi que le nettoyage et l'évacuation à la décharge publique et toutes sujétions de bonne exécution	ml	20,00	1 000,00	20 000,00
8	Déplacement des balises de protection et toutes sujétions de bonne exécution.	U	5,00	10 000,00	50 000,00
9	Arbre dont le diamètre mesuré à 1 m du sol est inférieur à 20 cm	U	5,00	3 000,00	15 000,00
10	Arbre dont le diamètre mesuré à 1 m du sol entre 20 cm et 40 cm.	U	162,00	3 500,00	567 000,00
11	Arbre dont le diamètre mesuré à 1 m du sol supérieur à 40 cm	U	5,00	5 000,00	25 000,00
12	Décapage de la terre végétale sur une épaisseur de 0,30m, il comprend le décapage, et mise en dépôt en un lieu agréé par le maitre d'ouvrage ou évacuation à la décharge publique	m <sup>3</sup>	88 265,00	120,00	10 591 800,00
13	Scarification de la couche de roulement de la chaussée existante y compris évacuation à la décharge publique.	m <sup>2</sup>	10 000,00	100,00	1 000 000,00
14	Déblai en terrain meuble mis en remblai, il comprend l'extraction, le chargement, le transport, le compactage de la plate forme et toutes sujétions de bonne exécution.	m <sup>3</sup>	27 610,00	300,00	8 283 000,00
15	Déblai mis en dépôt. il comprend l'extraction, le chargement, le transport, le compactage de la plate forme et toutes sujétions de bonne exécution et le lieu de dépôt sera agréé par le maitre d'ouvrage	m <sup>3</sup>	100,00	300,00	30 000,00
16	Déblai rocheux. il comprend l'extraction, le chargement, le transport, le compactage de la plate forme et toutes sujétions de bonne exécution et l'évacuation à la décharge publique.	m <sup>3</sup>	10,00	4 000,00	40 000,00
17	Remblai il comprend l'extraction, le chargement, le transport, le compactage des remblais à 90% de l'OPM et toutes sujétions de bonne exécution.	m <sup>3</sup>	659 400,00	650,00	428 610 000,00
18	Réglage et finition de la plate-forme et toutes sujétions de bonne exécution.	m <sup>2</sup>	180 000,00	120,00	21 600 000,00

## Devis Quantitatif et Estimatif

19	-Grille carrée plate, modèle type 400.	U	2,00	10 000,00	20 000,00
20	Grille carrée plate, modèle type 600.	U	12,00	15 000,00	180 000,00
21	Grille carrée plate, légère type 600.	U	2,00	18 000,00	36 000,00
22	Ouverture de tranchée, il comprend l'exécution des tranchées dans terrain toutes natures y compris évacuation à la décharge et toutes sujétions de bonne exécution.	m <sup>3</sup>	550,00	400,00	220 000,00
23	Fourniture, transport et mise en œuvre de lit de sable, Il comprend la fourniture, le transport et mise en œuvre du lit de sable sur 20 cm d'épaisseur (sable de carrière) et toutes sujétions de bonne exécution	m <sup>3</sup>	20,00	2 000,00	40 000,00
24	Remblai en sable à 10 cm au-dessus des buses, Il comprend la fourniture, le transport et mise en œuvre du lit de sable sur 10 cm d'épaisseur (sable de carrière) et toutes sujétions de bonne exécution	m <sup>3</sup>	162,00	2 500,00	405 000,00
25	Remblai sélectionné, il comprend la fourniture, le transport et la mise en œuvre de remblai sélectionné pour le comblement des fouilles des tranchées des buses, y compris compactage par couches successives de 20 cm et ttes sujétions de mise en œuvre	m <sup>3</sup>	82,00	600,00	49 200,00
26	F/pose de buse en béton armé Diamètre 1200 mm.y/c la construction des têtes d'ouvrages en béton armé.	ml	81,00	25 000,00	2 025 000,00
27	F/pose de buse en béton armé Diamètre 1500 mm. y/ c la construction des têtes d'ouvrages en béton armé	ml	20,00	30 000,00	600 000,00
28	Semi Buses pour T.P.C et banquette Ø300.	ml	3 980,00	500,00	1 990 000,00
29	cunettes préfabriquées sur talus et toutes sujétions de bonne exécution.-	ml	865,00	1 000,00	865 000,00
30	Exécution de la couche de forme en tuf comprend l'extraction, le chargement, le transport, le déchargement, le compactage à 95% de l'OPM et toutes sujétions de bonne exécution.	m <sup>3</sup>	36 190,00	500,00	18 095 000,00



## Devis Quantitatif et Estimatif

31	Exécution de la couche de fondation en GNT comprend l'extraction, le chargement, le transport, le réglage aux cotes des plans et toutes sujétions de bonne exécution.	m <sup>3</sup>	33 790,00	550,00	18 584 500,00
32	Exécution de la couche de base en GB comprend la fourniture, le transport et mise du matériau et toutes sujétions de bonne exécution.	T	59 415,00	5 000,00	297 075 000,00
33	Exécution de la couche de roulement en BB comprend la fourniture, le transport la mise en œuvre du matériau et toutes sujétions de bonne exécution.	T	20 810,00	5 500,00	114 455 000,00
34	Exécution de l'imprégnation en Cut Back 0/1 comprend le balayage, l'épandage du liant et toutes sujétions de bonne exécution	m <sup>2</sup>	132 455,00	110,00	14 570 050,00
35	Exécution de la couche d'accrochage en émulsion cationique comprend l'accrochage en émulsion cationique dosé à 0,30kg/m <sup>2</sup> et toutes sujétions de bonne exécution.	m <sup>2</sup>	122 770,00	120,00	14 732 400,00
36	Rechargement d'accotements et trottoirs. TPC, il comprend l'extraction, le chargement, le transport, le déchargement, le compactage à 95% de l'OPM et toutes sujétions de bonne exécution.	m <sup>3</sup>	32 750,00	550,00	18 012 500,00
37	Bordures de trottoirs, il comprend la fourniture, le transport et la mise en place des bordures et toutes sujétions de bonne exécution.	ml	1 730,00	700,00	1 211 000,00
38	B Dalot pour rétablissement des pistes. Déblai pour fouilles, y compris l'épuisement nécessaire comprend l'excavation, débroussaillage, démolitions de maçonnerie éventuelle, le boisage et le blindage des fouilles, mise en dépôt en un lieu agréé par le maître d'ouvrage et toutes sujétions de bonne exécution	m <sup>3</sup>	1 780,00	600,00	1 068 000,00
39	Remblais pour fouilles comprend le transport, le déchargement, le réglage et le compactage par couche de 20cm à une densité sèche de 95% de l'essai Proctor normal et toutes sujétions de bonne exécution.	m <sup>3</sup>	450,00	650,00	292 500,00

## Devis Quantitatif et Estimatif

40	Béton de propreté de 10 cm d'épaisseur pour fond de fouille dosé à 100kg/m3 et toutes sujétions de bonne exécution.	m <sup>3</sup>	137,00	12 000,00	1 644 000,00
41	Béton RN 27 pour radier et piédroits comprend la mise en œuvre du béton et toutes sujétions inhérentes à ce type de béton	m <sup>3</sup>	935,00	25 000,00	23 375 000,00
42	Béton RN 27 pour dalle comprend la mise en œuvre du béton et toutes sujétions inhérentes à ce type de béton	m <sup>3</sup>	871,00	25 000,00	21 775 000,00
43	Béton RN 27 pour Mur en retour comprend la mise en œuvre du béton et toutes sujétions inhérentes à ce type de béton	m <sup>3</sup>	226,00	25 000,00	5 650 000,00
44	Acier haute adhérence FeE40A. comprend la fourniture, mise en œuvre et le façonnage et toutes sujétions de bonne exécution.	T	245,00	400,00	98 000,00
45	Chape d'étanchéité sur l'ouvrage et toutes sujétions de bonne exécution Badigeonnage du coffrage des parties extérieures	m <sup>2</sup>	850,00	1 000,00	850 000,00
46	Badigeonnage du coffrage des parties extérieures	m <sup>2</sup>	681,00	50,00	34 050,00
47	Protection de gazoduc.	ml	10,00	100 000,00	1 000 000,00
48	Protection de câblesouterrain.	ml	10,00	100 000,00	1 000 000,00
49	Protection de conduite d'eau.	ml	585,00	100 000,00	58 500 000,00
50	Déplacement de conduites existantes de toutes natures et la réalisation des regards, y compris toutes sujétions de bonne exécution	ml	10,00	100 000,00	1 000 000,00
51	Déplacement de lampadaires y compris toutes sujétions de bonne exécution	U	5,00	1 000,00	5 000,00
52	Déplacement de poteaux électrique y compris toutes sujétions de bonne exécution.	U	3,00	5 000,00	15 000,00
53	Marquage sur chaussée par hachures.	m <sup>2</sup>	1 300,00	80,00	104 000,00
54	Marquage sur chaussée en ligne continue.	m <sup>2</sup>	1 800,00	90,00	162 000,00
55	Marquage sur chaussée, en ligne discontinue : - Type T 1, Largeur 15 cm	m <sup>2</sup>	450,00	80,00	36 000,00

## Devis Quantitatif et Estimatif

56	Marquage sur chaussée, en ligne discontinue : - Type T 2, Largeur 37.5 cm	m <sup>2</sup>	262,00	80,00	20 960,00
57	Marquage sur chaussée, en ligne discontinue : -Type T3, Largeur 22.5 cm	m <sup>2</sup>	1 570,00	80,00	125 600,00
58	Marquage sur chaussée, par des flèches : - Flèches de direction, longueur : 4,00 m	U	20,00	1 000,00	20 000,00
59	Marquage sur chaussée, par des flèches : - Flèches de rabattement, longueur : 6,00 m	U	16,00	1 000,00	16 000,00
60	Panneaux Type A, signaux d'avertissement de danger. A 1a, A 1b, A B3a	U	9,00	15 000,00	135 000,00
61	signaux d'interdiction ou de restriction Panneaux Type B, B 1, B12, B14.	U	10,00	15 000,00	150 000,00
62	Panneaux Type C et Type D, signaux d'indication ou de direction. C 207, C 208, D 21a	U	10,00	15 000,00	150 000,00
63	Panneaux type B21a1 ; R402 signaux d'obligation	U	10,00	15 000,00	150 000,00
64	F/Pose de Musoir. Type J14a	U	3,00	12 000,00	36 000,00
65	F/ Pose de Portiques avec panneaux de signalisation	U	6,00	1 500 000,00	9 000 000,00
66	Bornes kilométrique en béton armé.	U	8,00	2 000,00	16 000,00
67	Mise en œuvre de Glissière de sécurité en béton GBA.	ml	14 590,00	3 500,00	51 065 000,00
68	Fourniture et Mise en place Glissière de sécurité métallique.	ml	680,00	2 500,00	1 700 000,00
69	F/Pose de Garde corps	ml	120,00	8 000,00	960 000,00
70	F/pose de Candélabres.	U	88,00	30 000,00	2 640 000,00
71	F/Pose de Clôture métallique pour Autoroute	ml	8 000,00	6 000,00	48 000 000,00
				<b>TOTAL HT</b>	<b>1 207 024 560,00</b>
				<b>TVA 19%</b>	<b>229 334 666,40</b>
				<b>TOTAL TTC</b>	<b>1 436 359 226,40</b>

**Arrêté le présent devis quantitatif et estimatif à la somme de : Un Milliard Quatre Cent Trente-six Millions Trois Cent Cinquante Neuf Mille Deux Cent Vingt Six Dinars et Quarante Centimes.**

# Devis Quantitatif et Estimatif

---

# Conclusion

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour nous de mettre en application les connaissances théoriques acquises pendant le cycle de notre formation au profit de notre projet.

Cette étude nous a permis de chercher des solutions à la majorité des techniques qui peuvent se présenter lors d'une étude d'un projet routier dans les agglomérations comme la wilaya d'Oran où nous a été confié un tronçon routier.

Pour notre étude nous avons appliqué rigoureusement la majorité des normes, des directives et les recommandations liés au domaine routier pour contrecarrer les contraintes rencontrées sur le terrain. Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé notre modeste travail a été dans un premier temps la prise en considération du confort et de la sécurité des usagers de la route et dans un second temps l'économie et l'aspect environnement lié à l'impact de la réalisation de cette route.

Il était pour nous d'une part l'occasion de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine et d'autre part d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet des travaux publics.

De plus une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels l'AUTOCAD et COVADIS.

# **Bibliographie**

- B40 Normes Techniques d'Aménagement des Routes.
- Les cours de routes « 3<sup>ème</sup> année licence et 1<sup>ère</sup> année master » de l'université d'Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.
- Mémoire pour l'obtention du master en ingénierie de l'eau et de l'environnement, Travaux dirigés par : Dr Ismail GUEYE, Enseignant-Chercheur à 2IE et Djamel DERGUINI, Chef mission de contrôle des travaux de construction et de bitumage de la route Arboutchatak-Bitkine, Promotion 2011- 2012.
- [www.Oran-aujourd'hui.com/pages/Oran/wilaya-de-Oran.html](http://www.Oran-aujourd'hui.com/pages/Oran/wilaya-de-Oran.html).
- Étude APS et ADP de la pénétrante autoroutière reliant la ville de Mostaganem a autoroute EST-OUEST (DUPK 35+000 AU PK 45+000) avec conception d'un échangeur, promotion 2013.
- Etude d'aménagement de la rocade côtière relier Honaine-Ouardania sur 10 km dans la wilaya de Tlemcen, promotion 2012.
- Mémoire de fin d'étude, Etude géométrique et géotechnique BOURI & TIDJEDIT (ING-VOA, Promo 2013).
- Mémoire de fin d'étude, Etude géométrique et géotechnique BOURI & TIDJEDIT (ING-VOA, Promo 2013).
- Mémoire de fin d'étude, Etude d'un tronçon routier neuf évitement de la RN 17 AB de Sirat (DU PK 23+447 AU PK 26+400), HADDAR Med, promotion 2017, chapitre 10 « implantation ».
- <https://iste-editions.fr/products/les-essais-in-situ-en-geotechnique> ; L'auteur Ingénieur et directeur du bureau d'étude géotechnique Gaia Tech, Jacques Monnet a enseigné les essais in situ à Poly Tech' Grenoble.
- Identification et analyse des caractéristiques mécaniques des matériaux utilisés pour la Réalisation de l'autoroute est/ouest tronçon Constantine-Annaba. Modélisation numérique de l'essai de plaque par la méthode des éléments finis. Promotion 2012.
- Construction en terre focus sur la fabrication et la construction en blocs de terre Compressée.
- Définition d'essai équivalent de sable, Wikipédia.
- Code de bonne pratique.
- Etude géotechnique de la pénétrante à l'autoroute est-ouest section Mostaganem ; BAGHDALI.
- Définition d'essai de carbonate, Wikipédia.

- Figure prise du PDF, Code de bonne pratique, R 81/10, Edité par le Centre de recherches routières, Etablissement reconnu par application de l'Arrêté-loi du 30 janvier 1947, Boulevard de la Woluwe 42 – 1200 Bruxelles.
- Code de bonne pratique, R 81/10, Edité par le Centre de recherches routières, Etablissement reconnu par application de l'Arrêté-loi du 30 janvier 1947, Boulevard de la Woluwe 42 – 1200 Bruxelles.
- Mémoire de fin d'étude, Etude géométrique et géotechnique BOURI & TIDJEDIT (ING-VOA, Promo 2013).
- Projet de fin d'étude ; étude d'un tronçon autoroutier sur 6 Km avec étude d'un échangeur sur la RN03 Ain Touta-Batna ; Mehdaoui Belkacem et Reguieg Ismail promotion 2012.



# **Annexe**

# Tabulation

PT N°	PK	Z terrain naturel	Z projet	X	Y
PT-552	13000.00	103.779	95.151	725,201.252	3, 947,786.335
PT-553	13025.00	103.519	95.139	725,182.404	3, 947,769.911
PT-554	13050.00	103.155	95.191	725,163.556	3, 947,753.486
PT-555	13075.00	102.686	95.218	725,144.709	3, 947,737.061
PT-556	13100.00	102.114	95.182	725,125.861	3, 947,720.637
PT-557	13125.00	101.462	95.031	725,107.014	3, 947,704.212
PT-558	13150.00	100.806	94.905	725,088.166	3, 947,687.787
PT-559	13175.00	100.149	94.657	725,069.319	3, 947,671.363
PT-560	13200.00	99.493	94.471	725,050.471	3, 947,654.938
PT-561	13225.00	98.836	94.250	725,031.623	3, 947,638.513
PT-562	13250.00	98.179	94.243	725,012.776	3, 947,622.089
PT-563	13275.00	97.523	94.451	724,993.928	3, 947,605.664
PT-564	13300.00	96.866	94.241	724,975.081	3, 947,589.240
PT-565	13325.00	96.220	94.235	724,956.233	3, 947,572.815
PT-566	13350.00	95.731	94.474	724,937.386	3, 947,556.390
PT-567	13375.00	95.451	94.682	724,918.538	3, 947,539.966
PT-568	13400.00	95.378	96.054	724,899.690	3, 947,523.541
PT-569	13425.00	95.512	96.109	724,880.843	3, 947,507.116
PT-570	13450.00	95.762	95.931	724,861.995	3, 947,490.692
PT-571	13475.00	96.012	95.938	724,843.148	3, 947,474.267
PT-572	13497.16	96.233	95.954	724,826.444	3, 947,459.711
PT-573	13500.00	96.262	95.930	724,824.302	3, 947,457.841
PT-574	13525.00	96.512	96.588	724,805.581	3, 947,441.272
PT-575	13550.00	96.762	97.585	724,787.068	3, 947,424.471
PT-576	13553.47	96.797	97.687	724,784.514	3, 947,422.119
PT-577	13575.00	97.012	97.928	724,768.689	3, 947,407.524
PT-578	13600.00	97.262	98.112	724,750.311	3, 947,390.575
PT-579	13625.00	97.512	97.924	724,731.933	3, 947,373.627
PT-580	13650.00	97.762	97.874	724,713.556	3, 947,356.678
PT-581	13675.00	98.012	97.736	724,695.178	3, 947,339.729
PT-582	13700.00	98.262	97.500	724,676.800	3, 947,322.780
PT-583	13725.00	98.512	97.561	724,658.423	3, 947,305.832
PT-584	13750.00	98.762	97.504	724,640.045	3, 947,288.883
PT-585	13775.00	99.012	97.231	724,621.667	3, 947,271.934
PT-586	13800.00	99.262	97.479	724,603.290	3, 947,254.985
PT-587	13825.00	99.512	97.693	724,584.912	3, 947,238.036
PT-588	13850.00	99.762	97.953	724,566.534	3, 947,221.088

<b>PT-589</b>	13875.00	100.000	98.089	724,548.157	3, 947,204.139
<b>PT-590</b>	13900.00	100.167	98.231	724,529.779	3, 947,187.190
<b>PT-591</b>	13925.00	100.257	98.196	724,511.401	3, 947,170.241
<b>PT-592</b>	13950.00	100.268	98.192	724,493.024	3, 947,153.293
<b>PT-593</b>	13975.00	100.203	98.291	724,474.646	3, 947,136.344
<b>PT-594</b>	14000.00	100.112	98.379	724,456.268	3, 947,119.395
<b>PT-595</b>	14025.00	100.022	98.318	724,437.891	3, 947,102.446
<b>PT-596</b>	14050.00	99.931	98.211	724,419.513	3, 947,085.497
<b>PT-597</b>	14075.00	99.841	98.272	724,401.135	3, 947,068.549
<b>PT-598</b>	14100.00	99.754	98.465	724,382.757	3, 947,051.600
<b>PT-599</b>	14125.00	99.804	98.627	724,364.380	3, 947,034.651
<b>PT-600</b>	14150.00	100.056	98.502	724,346.002	3, 947,017.702
<b>PT-601</b>	14175.00	100.369	98.497	724,327.624	3, 947,000.754
<b>PT-602</b>	14200.00	100.671	98.709	724,309.247	3, 946,983.805
<b>PT-603</b>	14225.00	100.885	98.985	724,290.869	3, 946,966.856
<b>PT-604</b>	14250.00	100.996	99.265	724,272.491	3, 946,949.907
<b>PT-605</b>	14275.00	101.003	99.425	724,254.114	3, 946,932.958
<b>PT-606</b>	14300.00	100.905	99.182	724,235.736	3, 946,916.010
<b>PT-607</b>	14325.00	100.704	98.748	724,217.358	3, 946,899.061
<b>PT-608</b>	14350.00	100.399	98.467	724,198.981	3, 946,882.112
<b>PT-609</b>	14375.00	99.989	98.076	724,180.603	3, 946,865.163
<b>PT-610</b>	14400.00	99.511	97.608	724,162.225	3, 946,848.215
<b>PT-611</b>	14425.00	99.031	97.187	724,143.848	3, 946,831.266
<b>PT-612</b>	14450.00	98.551	96.657	724,125.470	3, 946,814.317
<b>PT-613</b>	14475.00	98.071	96.521	724,107.092	3, 946,797.368
<b>PT-614</b>	14500.00	97.592	96.079	724,088.715	3, 946,780.419
<b>PT-615</b>	14504.36	97.515	95.976	724,085.509	3, 946,777.463
<b>PT-616</b>	14525.00	97.234	95.824	724,070.316	3, 946,763.493
<b>PT-617</b>	14550.00	97.083	95.797	724,051.737	3, 946,746.767
<b>PT-618</b>	14575.00	97.140	95.833	724,032.764	3, 946,730.488
<b>PT-619</b>	14576.36	97.149	95.841	724,031.716	3, 946,729.620
<b>PT-620</b>	14583.68	97.208	95.867	724,026.052	3, 946,724.989
<b>PT-621</b>	14600.00	97.381	95.857	724,013.243	3, 946,714.872
<b>PT-622</b>	14625.00	97.653	96.508	723,993.276	3, 946,699.828
<b>PT-623</b>	14650.00	97.924	95.892	723,973.071	3, 946,685.106
<b>PT-624</b>	14655.68	97.986	95.895	723,968.470	3, 946,681.780
<b>PT-625</b>	14675.00	98.196	95.906	723,952.808	3, 946,670.464
<b>PT-626</b>	14700.00	98.467	96.164	723,932.544	3, 946,655.822
<b>PT-627</b>	14725.00	98.731	96.375	723,912.280	3, 946,641.181
<b>PT-628</b>	14750.00	98.910	96.275	723,892.016	3, 946,626.539
<b>PT-629</b>	14775.00	98.986	96.127	723,871.752	3, 946,611.898
<b>PT-630</b>	14800.00	98.957	96.022	723,851.488	3, 946,597.256

<b>PT-631</b>	14825.00	98.825	95.897	723,831.225	3, 946,582.614
<b>PT-632</b>	14850.00	98.588	95.855	723,810.961	3, 946,567.973
<b>PT-633</b>	14875.00	98.250	95.900	723,790.697	3, 946,553.331
<b>PT-634</b>	14900.00	97.882	96.085	723,770.433	3, 946,538.690
<b>PT-635</b>	14925.00	97.592	96.022	723,750.169	3, 946,524.048
<b>PT-636</b>	14950.00	97.406	96.197	723,729.905	3, 946,509.406
<b>PT-637</b>	14975.00	97.324	96.033	723,709.641	3, 946,494.765
<b>PT-638</b>	15000.00	97.346	96.005	723,689.378	3, 946,480.123
<b>PT-639</b>	15025.00	97.473	95.913	723,669.114	3, 946,465.482
<b>PT-640</b>	15050.00	97.703	96.156	723,648.850	3, 946,450.840
<b>PT-641</b>	15075.00	98.037	96.194	723,628.586	3, 946,436.198
<b>PT-642</b>	15100.00	98.499	96.374	723,608.322	3, 946,421.557
<b>PT-643</b>	15125.00	99.169	96.812	723,588.058	3, 946,406.915
<b>PT-644</b>	15150.00	100.029	97.107	723,567.795	3, 946,392.274
<b>PT-645</b>	15175.00	100.926	97.666	723,547.531	3, 946,377.632
<b>PT-646</b>	15200.00	101.824	97.993	723,527.267	3, 946,362.990
<b>PT-647</b>	15225.00	102.721	98.512	723,507.003	3, 946,348.349
<b>PT-648</b>	15250.00	103.618	98.939	723,486.739	3, 946,333.707
<b>PT-649</b>	15275.00	104.472	99.316	723,466.475	3, 946,319.066
<b>PT-650</b>	15300.00	105.222	99.392	723,446.211	3, 946,304.424
<b>PT-651</b>	15325.00	105.868	99.486	723,425.948	3, 946,289.782
<b>PT-652</b>	15350.00	106.411	99.838	723,405.684	3, 946,275.141
<b>PT-653</b>	15375.00	106.849	100.278	723,385.420	3, 946,260.499
<b>PT-654</b>	15400.00	107.183	100.758	723,365.156	3, 946,245.858
<b>PT-655</b>	15425.00	107.414	101.136	723,344.892	3, 946,231.216
<b>PT-656</b>	15444.60	107.521	100.873	723,329.004	3, 946,219.736
<b>PT-657</b>	15450.00	107.540	100.819	723,324.630	3, 946,216.571
<b>PT-658</b>	15475.00	107.562	100.165	723,304.432	3, 946,201.839
<b>PT-659</b>	15500.00	107.481	99.359	723,284.327	3, 946,186.981
<b>PT-660</b>	15525.00	107.295	99.206	723,264.314	3, 946,171.998
<b>PT-661</b>	15550.00	107.005	99.045	723,244.396	3, 946,156.890
<b>PT-662</b>	15575.00	106.612	99.078	723,224.572	3, 946,141.657
<b>PT-663</b>	15600.00	106.150	98.680	723,204.845	3, 946,126.301
<b>PT-664</b>	15625.00	105.686	98.935	723,185.213	3, 946,110.822
<b>PT-665</b>	15650.00	105.222	98.939	723,165.679	3, 946,095.221
<b>PT-666</b>	15675.00	104.758	99.072	723,146.242	3, 946,079.498
<b>PT-667</b>	15700.00	104.294	99.412	723,126.904	3, 946,063.653
<b>PT-668</b>	15725.00	103.831	100.285	723,107.666	3, 946,047.689
<b>PT-669</b>	15750.00	103.388	100.883	723,088.527	3, 946,031.604
<b>PT-670</b>	15775.00	103.120	101.671	723,069.490	3, 946,015.400
<b>PT-671</b>	15800.00	103.061	101.841	723,050.554	3, 945,999.077
<b>PT-672</b>	15825.00	103.209	102.011	723,031.721	3, 945,982.636

<b>PT-673</b>	15850.00	103.565	102.359	723,012.990	3, 945,966.078
<b>PT-674</b>	15875.00	104.095	102.370	722,994.364	3, 945,949.403
<b>PT-675</b>	15900.00	104.645	102.127	722,975.842	3, 945,932.612
<b>PT-676</b>	15925.00	105.195	102.306	722,957.425	3, 945,915.705
<b>PT-677</b>	15950.00	105.745	102.910	722,939.115	3, 945,898.684
<b>PT-678</b>	15975.00	106.295	103.807	722,920.911	3, 945,881.549
<b>PT-679</b>	16000.00	106.845	105.054	722,902.815	3, 945,864.300
<b>PT-680</b>	16025.00	107.395	106.194	722,884.827	3, 945,846.938
<b>PT-681</b>	16050.00	107.945	106.811	722,866.947	3, 945,829.465
<b>PT-682</b>	16075.00	108.495	107.133	722,849.177	3, 945,811.880
<b>PT-683</b>	16100.00	109.045	107.305	722,831.518	3, 945,794.184
<b>PT-684</b>	16125.00	109.595	107.648	722,813.969	3, 945,776.378
<b>PT-685</b>	16150.00	110.145	108.047	722,796.532	3, 945,758.463
<b>PT-686</b>	16175.00	110.695	108.479	722,779.208	3, 945,740.439
<b>PT-687</b>	16200.00	111.244	109.062	722,761.996	3, 945,722.308
<b>PT-688</b>	16225.00	111.732	110.002	722,744.898	3, 945,704.069
<b>PT-689</b>	16250.00	112.116	110.728	722,727.915	3, 945,685.723
<b>PT-690</b>	16275.00	112.401	111.242	722,711.046	3, 945,667.272
<b>PT-691</b>	16300.00	112.663	111.971	722,694.293	3, 945,648.716
<b>PT-692</b>	16325.00	112.925	112.676	722,677.656	3, 945,630.055
<b>PT-693</b>	16350.00	113.187	113.342	722,661.136	3, 945,611.291
<b>PT-694</b>	16375.00	113.466	113.767	722,644.734	3, 945,592.424
<b>PT-695</b>	16400.00	113.916	114.225	722,628.450	3, 945,573.455
<b>PT-696</b>	16425.00	114.574	114.517	722,612.285	3, 945,554.384
<b>PT-697</b>	16450.00	115.433	114.475	722,596.240	3, 945,535.213
<b>PT-698</b>	16475.00	116.344	114.144	722,580.314	3, 945,515.942
<b>PT-699</b>	16500.00	117.171	113.897	722,564.510	3, 945,496.571
<b>PT-700</b>	16525.00	117.894	113.773	722,548.826	3, 945,477.103
<b>PT-701</b>	16550.00	118.513	113.683	722,533.265	3, 945,457.536
<b>PT-702</b>	16575.00	119.028	113.619	722,517.826	3, 945,437.873
<b>PT-703</b>	16600.00	119.439	113.610	722,502.511	3, 945,418.114
<b>PT-704</b>	16625.00	119.745	113.604	722,487.319	3, 945,398.259
<b>PT-705</b>	16650.00	119.948	113.912	722,472.252	3, 945,378.310
<b>PT-706</b>	16675.00	120.047	113.662	722,457.309	3, 945,358.266
<b>PT-707</b>	16700.00	120.042	113.517	722,442.493	3, 945,338.130
<b>PT-708</b>	16706.98	120.022	113.518	722,438.380	3, 945,332.494
<b>PT-709</b>	16725.00	119.933	113.410	722,427.747	3, 945,317.942
<b>PT-710</b>	16750.00	119.720	113.064	722,412.926	3, 945,297.809
<b>PT-711</b>	16775.00	119.432	112.625	722,398.021	3, 945,277.738
<b>PT-712</b>	16800.00	119.124	112.236	722,383.033	3, 945,257.730
<b>PT-713</b>	16825.00	118.723	111.970	722,367.961	3, 945,237.784
<b>PT-714</b>	16850.00	118.219	111.799	722,352.806	3, 945,217.901

<b>PT-715</b>	16875.00	117.610	111.671	722,337.569	3, 945,198.081
<b>PT-716</b>	16900.00	116.897	111.243	722,322.249	3, 945,178.325
<b>PT-717</b>	16916.30	116.377	110.973	722,312.217	3, 945,165.479
<b>PT-718</b>	16925.00	116.081	111.009	722,306.852	3, 945,158.629
<b>PT-719</b>	16950.00	115.213	111.002	722,291.438	3, 945,138.946
<b>PT-720</b>	16975.00	114.498	111.082	722,276.023	3, 945,119.264
<b>PT-721</b>	17000.00	113.990	111.303	722,260.609	3, 945,099.582

## Les éléments des profils en long

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
<b>D39</b>	PENTE= -2.63%	209.460	13107.77	101.915
<b>PAR39</b>	S= 13371.81 Z=94.980	109.157	13317.23	96.414
	R = 3,010.000			
<b>D40</b>	PENTE= 1.00%	434.727	13426.39	95.526
<b>PAR40</b>	S= 13915.59 Z=100.418	108.949	13861.12	99.873
	R = 8,000.000			
<b>D41</b>	PENTE= -0.36%	125.470	13970.07	100.221
<b>PAR41</b>	S= 14119.77 Z=99.679	48.476	14095.54	99.767
	R = 3,010.000			
<b>D42</b>	PENTE= 1.25%	45.038	14144.01	99.982
<b>PAR42</b>	S= 14284.26 Z=101.733	190.412	14189.05	100.544
	R = 6,010.000			
<b>D43</b>	PENTE= -1.92%	118.415	14379.46	99.905
<b>PAR43</b>	S= 14543.10 Z=96.764	90.454	14497.88	97.632
	R = 3,010.000			

<b>D44</b>	PENTE= 1.09%	127.075	14588.33	97.255
<b>PAR44</b>	S= 14792.77 Z=99.474	154.721	14715.41	98.634
	R = 6,010.000			
<b>D45</b>	PENTE= -1.49%	22.673	14870.13	98.322
<b>PAR45</b>	S= 14981.89 Z=96.658	178.189	14892.80	97.985
	R = 6,000.000			
<b>D46</b>	PENTE= 1.48%	5.458	15070.99	97.978
<b>PAR46</b>	S= 15108.16 Z=98.528	63.434	15076.45	98.058
	R = 3,010.000			
<b>D47</b>	PENTE= 3.59%	112.332	15139.88	99.666
<b>PAR47</b>	S= 15415.79 Z=109.567	327.154	15252.21	103.697
	R = 6,010.000			
<b>D48</b>	PENTE= -1.86%	159.467	15579.37	106.532
<b>PAR48</b>	S= 15799.86 Z=102.442	122.059	15738.83	103.574
	R = 3,010.000			
<b>D49</b>	PENTE= 2.20%	336.652	15860.89	103.785
<b>PAR49</b>	S= 16232.17 Z=111.952	69.239	16197.55	111.191
	R = 6,010.000			
<b>D50</b>	PENTE= 1.05%	98.088	16266.78	112.315
<b>PAR50</b>	S= 16404.41 Z=113.758	79.075	16364.87	113.343
	R = 3,010.000			
<b>D51</b>	PENTE= 3.68%	21.467	16443.95	115.211
<b>PAR51</b>	S= 16610.95 Z=121.348	291.078	16465.42	115.999
	R = 6,010.000			
<b>D52</b>	PENTE= -1.17%	29.879	16756.49	119.648

<b>PAR52</b>	S= 16856.44 Z=118.480	140.141	16786.37	119.299
	R = 6,010.000			
<b>D53</b>	PENTE= -3.50%	16.782	16926.51	116.028
<b>PAR53</b>	S= 16980.92 Z=114.124	75.250	16943.29	115.440
	R = 3,010.000			

## Listing de la géométrie de l'axe en plan

Elément	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
<b>DR26</b>	ANG=254.3662 (g)	649.285	12847.87	725,315.942	3, 947,886.282
<b>ARC27</b>	XC=726,140.416 YC=3, 945,951.905	56.316	13497.16	724,826.444	3, 947,459.711
	R=2,000.000				
<b>DR28</b>	ANG=252.5736 (g)	950.888	13553.47	724,784.514	3, 947,422.119
<b>CLO29</b>	A=218.815 R=665.000	72.000	14504.36	724,085.509	3, 946,777.463
<b>DR30</b>	ANG=260.1668 (g)	788.924	14655.68	723,968.470	3, 946,681.780
<b>ARC31</b>	XC=725,671.660 YC=3, 942,977.520	1,262.375	15444.60	723,329.004	3, 946,219.736
	R=4,000.000				
<b>ARC32</b>	XC=717,588.461 YC=3, 948,864.956	209.323	16706.98	722,438.380	3, 945,332.494
	R=6,000.000				
<b>DR33</b>	ANG=242.2964 (g)	1,765.631	16916.30	722,312.217	3, 945,165.479