



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
People's Democratic republic of Algeria  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministry of Higher Education and Scientific Research  
جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم  
University Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
Faculty of Sciences and Technology  
قسم الهندسة المدنية والمعمارية  
Civil engineering & architecture department



N° d'ordre : M ...../GCA/2020

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

**Filière** : GENIE CIVIL

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

### *Thème*

**Etude de la Deuxième Rocate Sud d'Oran Section Belgaid-El kerma  
Lot n°01 du PK00+000 au PK05+000**

**Présenté par :**

- BENADOUDA DJAMEL

- FEHIM LEILA

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

**Président :** Mr. KERAOUTI RABEH.

**Examineur:** Mme. ELMASCRI SETTI.

**Encadrant :** Mr. ROUAM SERIK Mohamed.

**Année Universitaire : 2019 / 2020**



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
People's Democratic republic of Algeria  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministry of Higher Education and Scientific Research  
جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم  
University Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
Faculty of Sciences and Technology  
قسم الهندسة المدنية والمعمارية  
Civil engineering & architecture department



N° d'ordre : M ...../GCA/2020

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

**Filière** : GENIE CIVIL

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

### *Thème*

**Etude de la Deuxième Rocade Sud d'Oran Section Belgaid-El kerma  
Lot n°01 du PK00+000 au PK05+000**

**Présenté par :**

- BENADOUDA DJAMEL

- FEHIM LEILA

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

**Président :** Mr. KERAOUTI RABEH.

**Examineur:** Mme. ELMASCRI SETTI.

**Encadrant :** Mr. ROUAM SERIK Mohamed.

**Année Universitaire : 2019 / 2020**

# Remerciement

Toute notre remerciement à ALLAH qui nous à donner la force, le courage pour élaborer ce travail.

Nous remercions profondément nos familles qui nous ont soutenus durant tout le cursus.

C'est avec une profonde reconnaissance et particulière que nous remercions notre encadreur Mr ROUAM pour son aide, ses conseils et ses remarques qui nous ont permet de faciliter à accomplir notre travail de fin d'étude.

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

# Dédicace

Tout d'abord je tiens à remercier le bon dieu de m'avoir aidé à arriver jusqu' à ce niveau d'études et de réaliser ce modeste travail que je dédie

- A mes très chers parents et que dieu le tout puissant les gardes en bonne santé

- À ma très chère femme

- A mes très chers enfants Younes et Hadil

-A mes très chers frères et mes sœurs

-A tout la promotion 2020

En fin a toutes personnes qui mont soutenu et aide à réaliser ce travail

Djamel

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail à lame de mon père disparu  
trop tôt Allah yerhmah qui m'a suivi durant

Tous mon parcours scolaire

Ma mère le symbole de tendresse qui

N'a pas arrêté de m'encourager,

Sans oublier mes sœurs Amel et Nawal,

Mes frères Abdelkader et Slimane;

à mes grands-parents qui n'ont cesse de prier pour moi,

à mes cousines, mes cousins et tous mes

collègues de l'Université.

Je vous remercie tous

Leila

# 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 KARMA lot 1 du (PK00+000 au PK05+000).

Cette étude se compose de deux parties :

- La première partie : étude bibliographique.
- La deuxième partie : étude géométrique.

# 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 KARMA (PK00+000 to PK05+000).

This study consists of three parts:

- The first part: bibliographical study.
- The second part: geometric study.

# 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 بلقا يد- الكرمة ( النقطة الكيلو مترية 00+000 إلى النقطة الكيلو مترية 05+000).

تتكون هذه الدراسة من جزأين :

- الجزء الأول: دراسة ببليوغرافية.
- الجزء الثاني: دراسة هندسية

# Sommaire

Introduction général	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 Maroc	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	25
II.5. Catégorie de la route	27
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> : Localisation de la rocade sud-ouest de Casablanca.	4
<b>Figure n°2</b> : ceinture routière du secteur : A25 et les rocades (Flandre).	5
<b>Figure n°3</b> : La rocade de Tunis.	5
<b>Figure n°4</b> : 3 <sup>ème</sup> 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 4 <sup>ème</sup> boulevard périphérique d'Oran	11
<b>Figure n°8</b> : localisation géographique du 4 <sup>ème</sup> 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>	25
<b>Tableau n°4 : Sinuosité</b>	26
<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 au dévers.

**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**

## **Général**

### Introduction :

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale. A travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés, elles sont le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie locale. La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance du réseau existant, soit par défaut, soit par saturation, ou de mauvaise conception, Il est alors nécessaire pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes. Ceci pousse à mener des études de dédoublement.

D'où l'importance de notre projet consiste a étudié le lot N°01 de la deuxième rocad sud d'oran section belgaid – el karma du PK 00+000 au PK 05+000 sur 05 Kms.

### Notre projet a deux avantages:

**Les avantages directs** :concernent principalement tous les usagers de la route : gain de temps et de confort, garantir la sécurité et l'économie de fonctionnement des véhicules. Ces avantages peuvent être mesurés en unités physiques (heures, nombre d'accidents, de décès, de blessés, journées d'hospitalisation, carburants, ...)

**Les avantages indirects** concernent la politique du transport et plus généralement, le développement économique national ou local et l'aménagement du territoi

# **Partie I**

## **Etude Bibliographique**

# **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

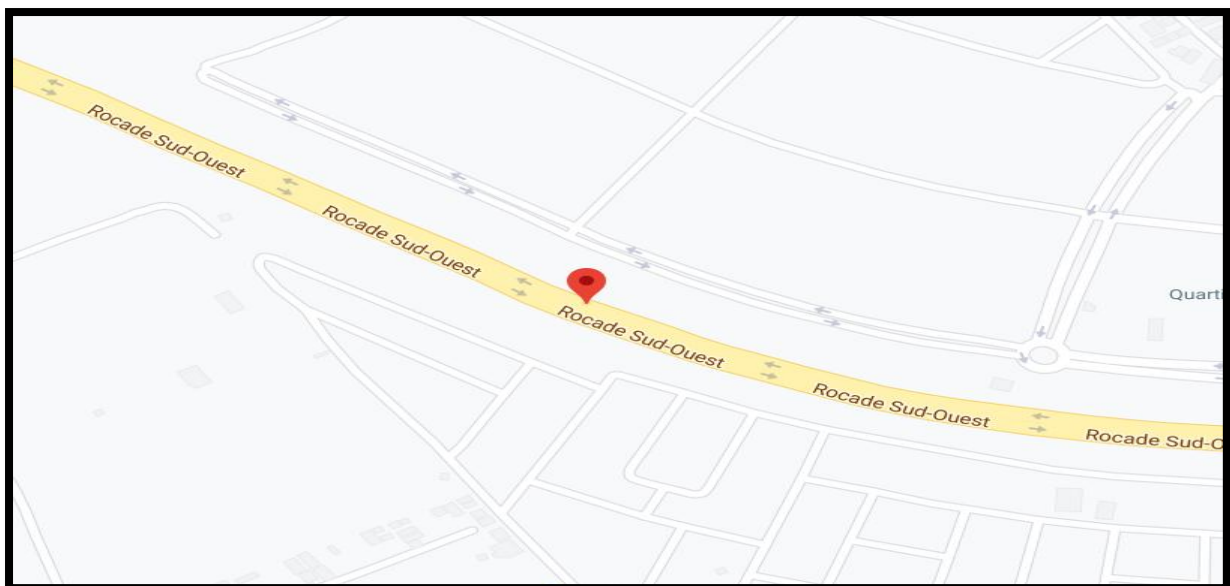
### **I.2. Rocade en France :**

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 Maroc:**

La **rocade sud-ouest de Casablanca**, est une voie express ouverte le premier octobre 2014 afin de participer au dés-engorgement de la capitale économique du Maroc et à l'amélioration de sa sécurité routière tout en favorisant l'accès aux trois autoroutes existantes (Casablanca - El Jadida, Casablanca - Marrakech et Casablanca - Rabat) et la desserte de la zone touristique du littoral Ouest, des nouvelles zones d'urbanisation et des deux nouveaux malls le MoroccoMall et AnfaPlace.

Ce projet, qui a nécessité une enveloppe budgétaire de 253 millions de DH (hors acquisition du foncier), a consisté en la construction d'une voie express 2 × 2 sur 8,3 Kilomètres et l'aménagement de deux échangeurs. Cette infrastructure routière est le fruit d'un partenariat entre le ministère de l'Équipement du Transport et de la Logistique, la région du Grand Casablanca et la Commune urbaine.



**Figure n°1:** Localisation de la rocade sud-ouest de Casablanca.

#### I.4. Rode en Belgique :

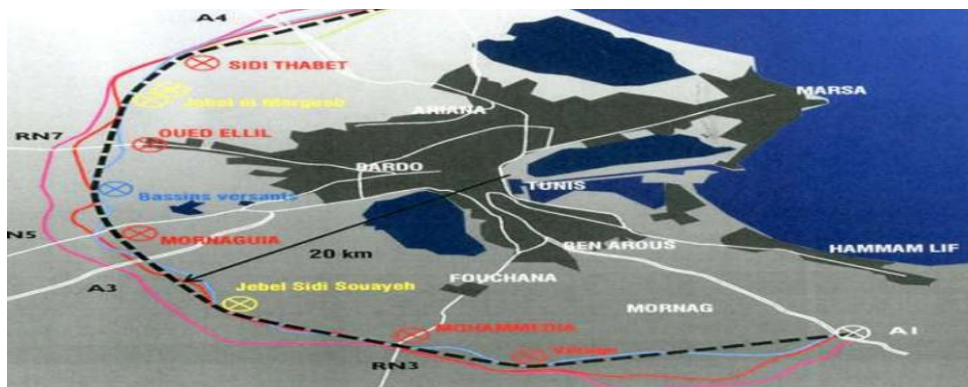
En **Belgique** (Bruxelles), l'alternative proposée sur Verlinghem-Pérenchies-Frelinghien ; - Relier le futur rond-point rue Bouchery à Pérenchies RD654 (sortie du chemin du Vieux Soldat) au chemin du Temple par un barreau à créer pour rejoindre le carrefour existant à l'entrée de la rue des Flandres. - 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 rode de la Lys RD945 – (cessionnaire Duquesne Agricole). La figure ci-dessous représente La ceinture routière du secteur : A25 et les rodes de la Flandre :



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

#### I.5. Rode de Tunis :

Le ministère de l'équipement et de l'environnement engagera en 2014 la libération de l'emprise foncière du projet de Rode 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 TunisHamamet et devrait démarrer au cours des prochaines années d'après le ministère.



**Figure n°3 :** La rode de Tunis.

# **Chapitre II**

## **Les Rocades en Algérie**

**II.1. Les rocades en Algérie :**

Ce tableau présente quelque rocade en Algérie :

<b><u>Rocade</u></b>	<b><u>Liaison</u></b>	<b><u>itinéraire</u></b>
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.**

### 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.

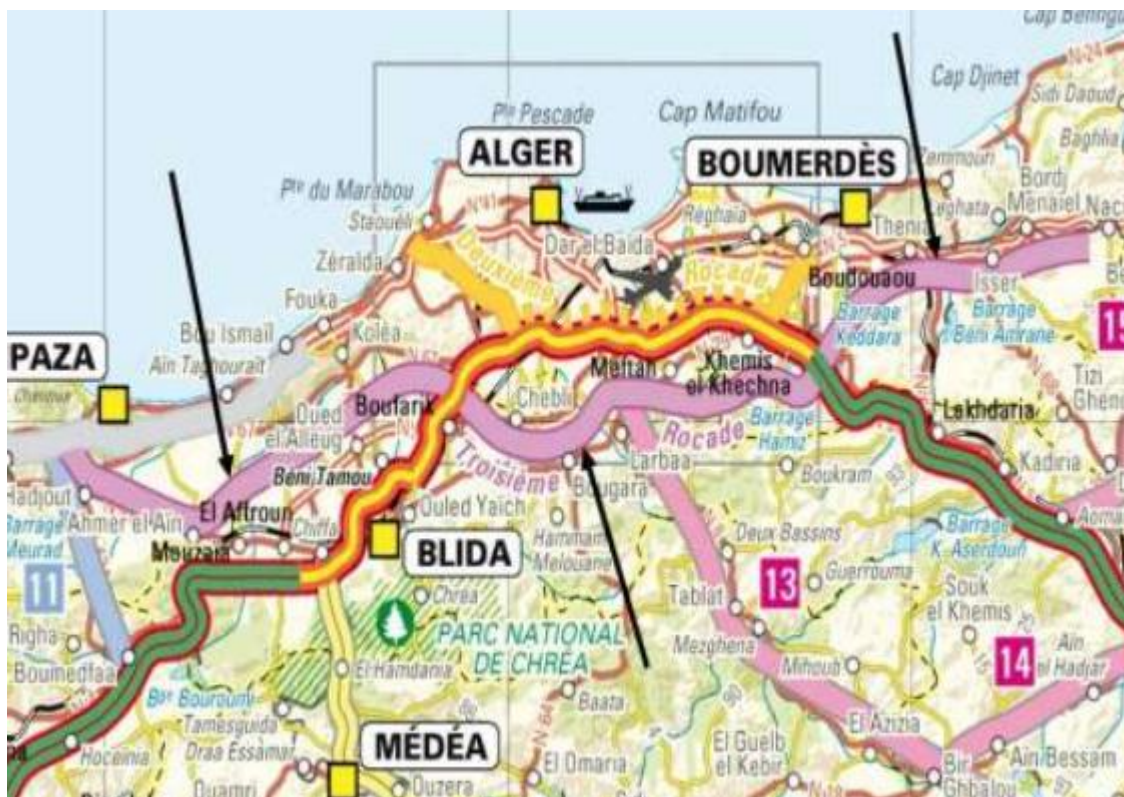
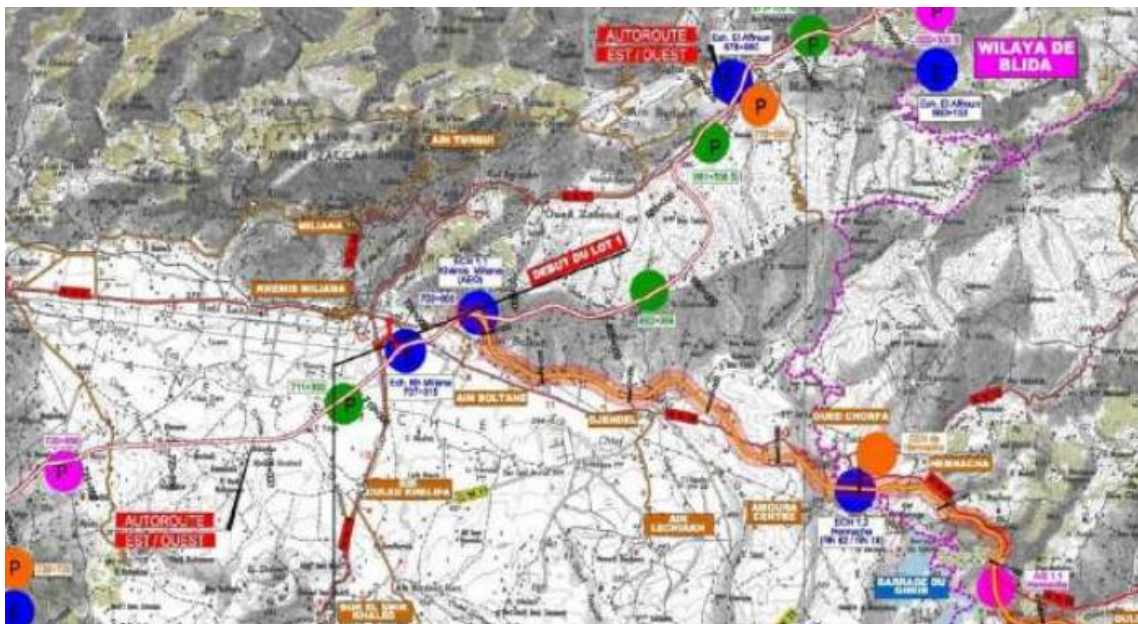


Figure n°4 :3ème rocade d'Alger.

### **II.1.2 La 4ème Rocade d'Alger :**

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



**Figure 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.

### 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**



**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.

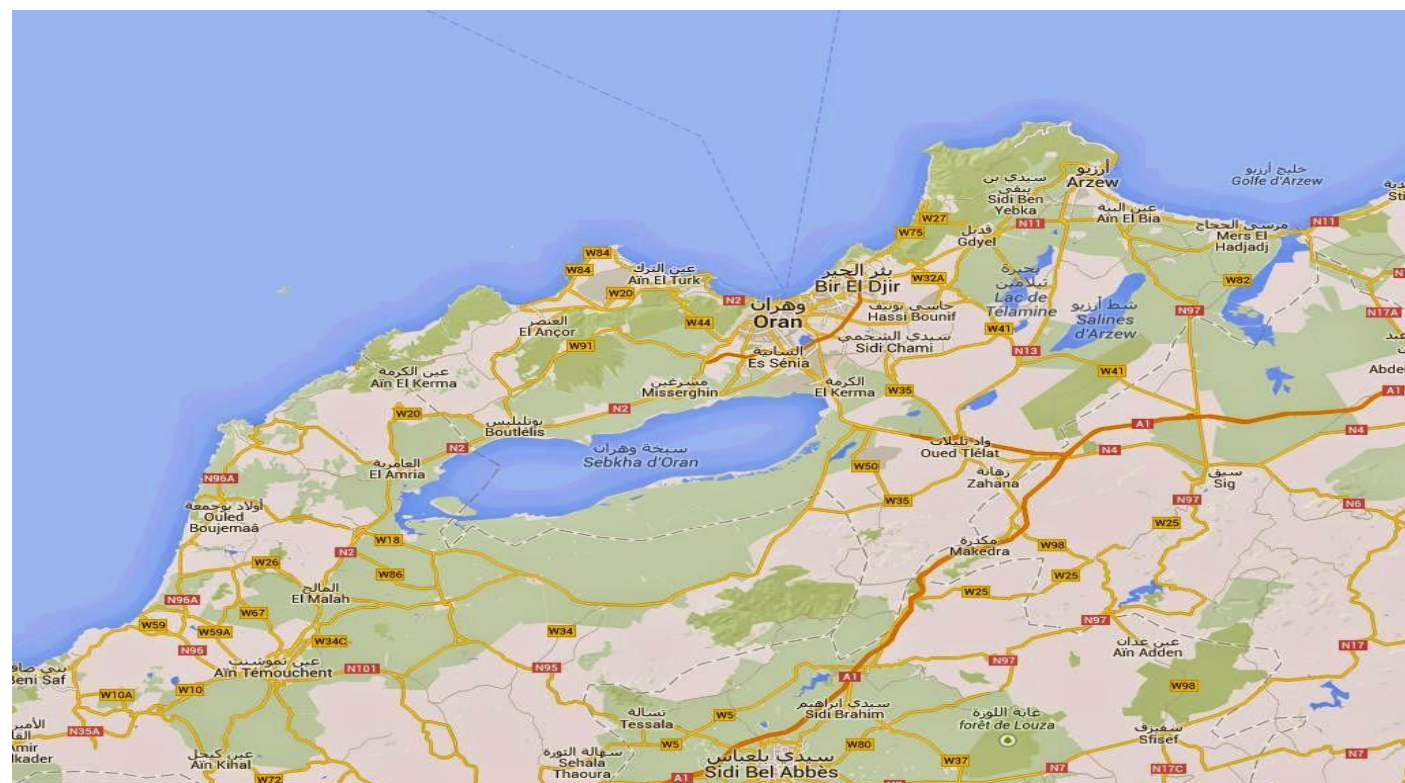
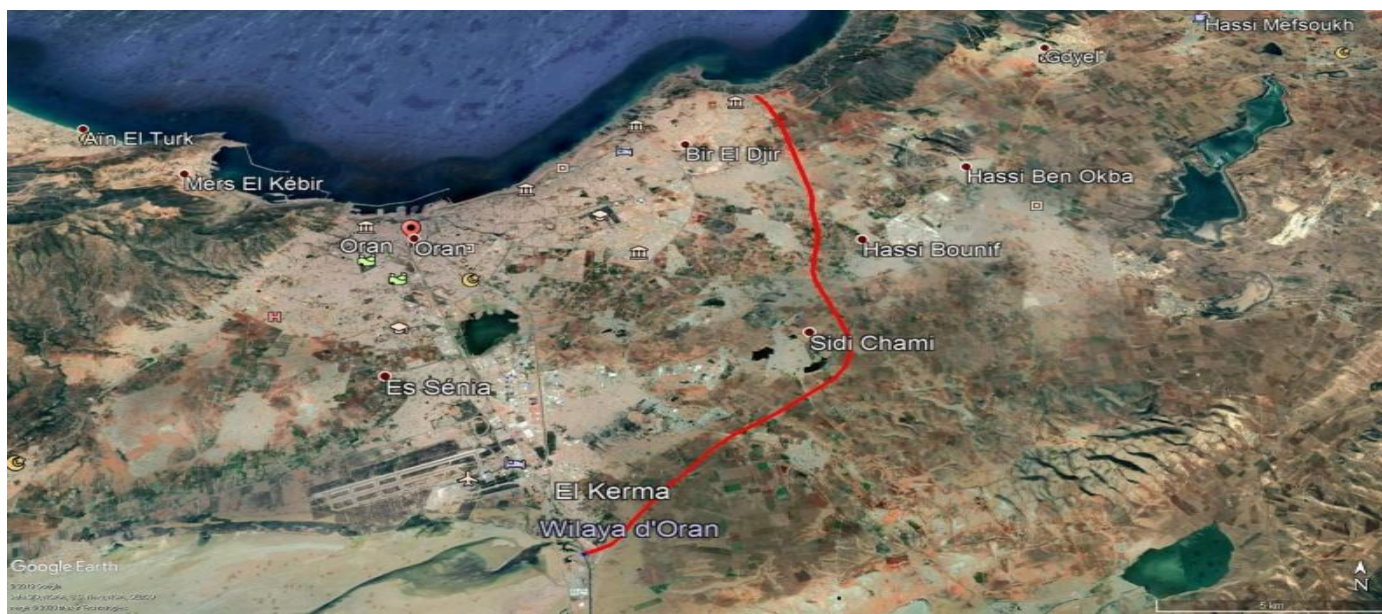


Figure n°10 : carte du réseau routier de la wilaya d'Oran.

## 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 en évitant les bouchons et la congestion au niveau de l'entrée d'El Bahia par la route nationale N° 4.

Tous ce flux va être canalisé par cette deuxième rocade. Notre projet consiste à étudier le lot N°01 du PK 00+000 au PK 05+000. Cette section rentre dans 02 communes à savoir la commune de Bir el Djir et la commune de Hassi Bounif.



**Figure n°11 : tracé globale de la deuxième rocade sud d'Oran section BELGAID -ELKARMA.**



**Figure n°12 : tracé du tronçon étudié de la deuxième rocade sud d'Oran section BELGAID -ELKARMA.**

**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-ELKARMA :

- 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.
- Désengorge la ville d'Oran de la circulation.

# **Chapitre II**

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

### II.1. Généralités :

L'exécution de chaque projet routier doit être précédée par une reconnaissance du terrain, à ce niveau se concentre 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 ( $L=L_1+L_2+L_3+\dots+L_n$ ).

**II.3. Calcul de la dénivelée cumulée moyenne:****Tableaux :**

PT N°	PK	distance partiel	Z terrain naturel	DH
PT-1	0	0	219,617	
PT-2	10,65	10,65	219,788	0,171
PT-3	25	14,35	220,017	0,229
PT-4	50	25	220,417	0,4
PT-5	75	25	220,817	0,4
PT-6	100	25	221,217	0,4
PT-7	125	25	221,617	0,4
PT-8	150	25	222,017	0,4
PT-9	175	25	222,417	0,4
PT-10	200	25	222,762	0,345
PT-11	225	25	223,003	0,241
PT-12	250	25	223,14	0,137
PT-13	275	25	223,173	0,033
PT-14	300	25	223,102	-0,071
PT-15	325	25	222,927	-0,175
PT-16	350	25	222,68	-0,247
PT-17	375	25	222,43	-0,25
PT-18	400	25	222,18	-0,25
PT-19	425	25	221,93	-0,25
PT-20	450	25	221,734	-0,196
PT-21	475	25	221,737	0,003
PT-22	500	25	221,937	0,2
PT-23	525	25	222,121	0,184
PT-24	550	25	222,2	0,079
PT-25	575	25	222,176	-0,024
PT-26	600	25	222,048	-0,128
PT-27	620,99	20,99	221,859	-0,189
PT-28	625	4,01	221,815	-0,044
PT-29	650	25	221,497	-0,318
PT-30	656,97	6,97	221,407	-0,09
PT-31	675	18,03	221,171	-0,236
PT-32	700	25	220,846	-0,325
PT-33	725	25	220,52	-0,326
PT-34	750	25	220,194	-0,326
PT-35	775	25	219,868	-0,326
PT-36	800	25	219,542	-0,326
PT-37	825	25	219,216	-0,326

PT-38	850	25	218,883	-0,333
PT-39	875	25	218,467	-0,416
PT-40	900	25	218,006	-0,461
PT-41	925	25	217,545	-0,461
PT-42	950	25	217,084	-0,461
PT-43	975	25	216,623	-0,461
PT-44	1000	25	216,162	-0,461
PT-45	1011,74	11,74	215,946	-0,216
PT-46	1025	13,26	215,701	-0,245
PT-47	1050	25	215,253	-0,448
PT-48	1075	25	214,869	-0,384
PT-49	1100	25	214,486	-0,383
PT-50	1125	25	214,103	-0,383
PT-51	1150	25	213,717	-0,386
PT-52	1168,81	18,81	213,383	-0,334
PT-53	1175	6,19	213,26	-0,123
PT-54	1200	25	212,698	-0,562
PT-55	1225	25	212,033	-0,665
PT-56	1250	25	211,263	-0,77
PT-57	1275	25	210,422	-0,841
PT-58	1300	25	209,578	-0,844
PT-59	1325	25	208,734	-0,844
PT-60	1350	25	207,89	-0,844
PT-61	1375	25	207,046	-0,844
PT-62	1400	25	206,24	-0,806
PT-63	1425	25	205,627	-0,613
PT-64	1450	25	205,221	-0,406
PT-65	1475	25	205,022	-0,199
PT-66	1500	25	205,032	0,01
PT-67	1525	25	205,242	0,21
PT-68	1550	25	205,512	0,27
PT-69	1575	25	205,782	0,27
PT-70	1600	25	206,052	0,27
PT-71	1601,99	1,99	206,074	0,022
PT-72	1625	23,01	206,322	0,248
PT-73	1650	25	206,562	0,24
PT-74	1675	25	206,701	0,139
PT-75	1700	25	206,736	0,035
PT-76	1725	25	206,667	-0,069
PT-77	1750	25	206,494	-0,173
PT-78	1775	25	206,218	-0,276
PT-79	1800	25	205,837	-0,381

<b>PT-80</b>	1825	25	205,356	-0,481
<b>PT-81</b>	1837,44	12,44	205,103	-0,253
<b>PT-82</b>	1850	12,56	204,847	-0,256
<b>PT-83</b>	1875	25	204,339	-0,508
<b>PT-84</b>	1900	25	203,831	-0,508
<b>PT-85</b>	1925	25	203,323	-0,508
<b>PT-86</b>	1950	25	202,814	-0,509
<b>PT-87</b>	1975	25	202,306	-0,508
<b>PT-88</b>	2000	25	201,798	-0,508
<b>PT-89</b>	2025	25	201,289	-0,509
<b>PT-90</b>	2050	25	200,781	-0,508
<b>PT-91</b>	2075	25	200,273	-0,508
<b>PT-92</b>	2100	25	199,721	-0,552
<b>PT-93</b>	2125	25	199,066	-0,655
<b>PT-94</b>	2150	25	198,307	-0,759
<b>PT-95</b>	2175	25	197,444	-0,863
<b>PT-96</b>	2200	25	196,477	-0,967
<b>PT-97</b>	2225	25	195,448	-1,029
<b>PT-98</b>	2250	25	194,418	-1,03
<b>PT-99</b>	2275	25	193,388	-1,03
<b>PT-100</b>	2300	25	192,359	-1,029
<b>PT-101</b>	2325	25	191,329	-1,03
<b>PT-102</b>	2350	25	190,374	-0,955
<b>PT-103</b>	2375	25	189,623	-0,751
<b>PT-104</b>	2400	25	189,08	-0,543
<b>PT-105</b>	2425	25	188,745	-0,335
<b>PT-106</b>	2450	25	188,618	-0,127
<b>PT-107</b>	2475	25	188,698	0,08
<b>PT-108</b>	2500	25	188,986	0,288
<b>PT-109</b>	2525	25	189,481	0,495
<b>PT-110</b>	2550	25	190,13	0,649
<b>PT-111</b>	2575	25	190,784	0,654
<b>PT-112</b>	2600	25	191,361	0,577
<b>PT-113</b>	2625	25	191,833	0,472
<b>PT-114</b>	2650	25	192,202	0,369
<b>PT-115</b>	2675	25	192,467	0,265
<b>PT-116</b>	2700	25	192,627	0,16
<b>PT-117</b>	2725	25	192,684	0,057
<b>PT-118</b>	2750	25	192,637	-0,047
<b>PT-119</b>	2775	25	192,486	-0,151
<b>PT-120</b>	2800	25	192,23	-0,256
<b>PT-121</b>	2825	25	191,877	-0,353

PT-122	2850	25	191,502	-0,375
PT-123	2875	25	191,127	-0,375
PT-124	2900	25	190,752	-0,375
PT-125	2925	25	190,377	-0,375
PT-126	2950	25	190,002	-0,375
PT-127	2975	25	189,627	-0,375
PT-128	3000	25	189,252	-0,375
PT-129	3025	25	188,877	-0,375
PT-130	3050	25	188,502	-0,375
PT-131	3075	25	188,127	-0,375
PT-132	3100	25	187,752	-0,375
PT-133	3125	25	187,377	-0,375
PT-134	3150	25	187,002	-0,375
PT-135	3175	25	186,627	-0,375
PT-136	3200	25	186,252	-0,375
PT-137	3225	25	185,877	-0,375
PT-138	3250	25	185,525	-0,352
PT-139	3275	25	185,351	-0,174
PT-140	3300	25	185,385	0,034
PT-141	3325	25	185,603	0,218
PT-142	3350	25	185,778	0,175
PT-143	3375	25	185,849	0,071
PT-144	3400	25	185,816	-0,033
PT-145	3425	25	185,679	-0,137
PT-146	3450	25	185,438	-0,241
PT-147	3475	25	185,093	-0,345
PT-148	3500	25	184,644	-0,449
PT-149	3525	25	184,091	-0,553
PT-150	3550	25	183,434	-0,657
PT-151	3575	25	182,673	-0,761
PT-152	3598,1	23,1	181,878	-0,795
PT-153	3600	1,9	181,809	-0,069
PT-154	3625	25	180,863	-0,946
PT-155	3650	25	179,941	-0,922
PT-156	3675	25	179,203	-0,738
PT-157	3687,03	12,03	178,922	-0,281
PT-158	3700	12,97	178,672	-0,25
PT-159	3725	25	178,349	-0,323
PT-160	3750	25	178,234	-0,115
PT-161	3775	25	178,326	0,092
PT-162	3800	25	178,569	0,243
PT-163	3825	25	178,819	0,25

<b>PT-164</b>	3850	25	179,069	0,25
<b>PT-165</b>	3875	25	179,319	0,25
<b>PT-166</b>	3900	25	179,551	0,232
<b>PT-167</b>	3925	25	179,687	0,136
<b>PT-168</b>	3950	25	179,719	0,032
<b>PT-169</b>	3975	25	179,647	-0,072
<b>PT-170</b>	4000	25	179,472	-0,175
<b>PT-171</b>	4025	25	179,192	-0,28
<b>PT-172</b>	4050	25	178,808	-0,384
<b>PT-173</b>	4069,94	19,94	178,427	-0,381
<b>PT-174</b>	4075	5,06	178,32	-0,107
<b>PT-175</b>	4100	25	177,728	-0,592
<b>PT-176</b>	4125	25	177,062	-0,666
<b>PT-177</b>	4141,94	16,94	176,608	-0,454
<b>PT-178</b>	4150	8,06	176,392	-0,216
<b>PT-179</b>	4162,65	12,65	176,053	-0,339
<b>PT-180</b>	4175	12,35	175,722	-0,331
<b>PT-181</b>	4200	25	175,052	-0,67
<b>PT-182</b>	4225	25	174,382	-0,67
<b>PT-183</b>	4234,65	9,65	174,124	-0,258
<b>PT-184</b>	4250	15,35	173,712	-0,412
<b>PT-185</b>	4275	25	173,042	-0,67
<b>PT-186</b>	4300	25	172,373	-0,669
<b>PT-187</b>	4325	25	171,703	-0,67
<b>PT-188</b>	4350	25	171,033	-0,67
<b>PT-189</b>	4375	25	170,363	-0,67
<b>PT-190</b>	4400	25	169,693	-0,67
<b>PT-191</b>	4425	25	169,023	-0,67
<b>PT-192</b>	4450	25	168,353	-0,67
<b>PT-193</b>	4475	25	167,684	-0,669
<b>PT-194</b>	4500	25	167,014	-0,67
<b>PT-195</b>	4525	25	166,344	-0,67
<b>PT-196</b>	4550	25	165,721	-0,623
<b>PT-197</b>	4575	25	165,198	-0,523
<b>PT-198</b>	4600	25	164,676	-0,522
<b>PT-199</b>	4625	25	164,153	-0,523
<b>PT-200</b>	4650	25	163,63	-0,523
<b>PT-201</b>	4675	25	163,107	-0,523
<b>PT-202</b>	4700	25	162,585	-0,522
<b>PT-203</b>	4725	25	162,062	-0,523
<b>PT-204</b>	4750	25	161,539	-0,523
<b>PT-205</b>	4775	25	160,954	-0,585

<b>PT-206</b>	4800	25	160,264	-0,69
<b>PT-207</b>	4825	25	159,471	-0,793
<b>PT-208</b>	4850	25	158,574	-0,897
<b>PT-209</b>	4875	25	157,573	-1,001
<b>PT-210</b>	4900	25	156,467	-1,106
<b>PT-211</b>	4925	25	155,259	-1,208
<b>PT-212</b>	4950	25	154,009	-1,25
<b>PT-213</b>	4975	25	152,759	-1,25
<b>PT-214</b>	5000	25	151,509	-1,25
	<b>Σ</b>	<b>5000</b>	<b>Σ</b>	<b>-68,108</b>

Tableau n°2 : dénivelé de chaque profil.

Alors  $H/L = 68.108/5000 = 0.0136216$

$D_c = 1.36 \%$

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
<b>1</b>	<b>plat</b>	<b><math>D_c &lt; 1.5\%</math></b>
<b>2a</b>	<b>Plat mais inondable</b>	<b><math>D_c = 1.5\%</math></b>
<b>2b</b>	<b>Terrain vallonné</b>	<b><math>1.5\% &lt; D_c \leq 4\%</math></b>
<b>3</b>	<b>Terrain montagneux</b>	<b><math>D_c &gt; 4\%</math></b>

Tableau n°3 : détermination de nature des terrains.

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

#### 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 :

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

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

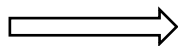
Tableau n°4 : Sinuosité.

Dans notre cas :

$L = 4000m$

$L_s = 0$

$\sigma = 0$



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

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

**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).

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

**Tableau n°6 : vitesse de référence.**

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

# **Chapitre III**

## **Etude du trafic**

### **III.1. Généralité :**

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

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

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

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

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

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

#### **a) Trafic normal:**

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.

#### **b) Trafic dévié:**

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.

#### **c) Trafic total:**

C'est la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

#### **d) Trafic induit:**

C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.

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

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

**2.1- Mesure des trafics :**

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires :

- ✓ **Les 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)

**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.

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 %**.

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

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

**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:

$$S = 2/3$$

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

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

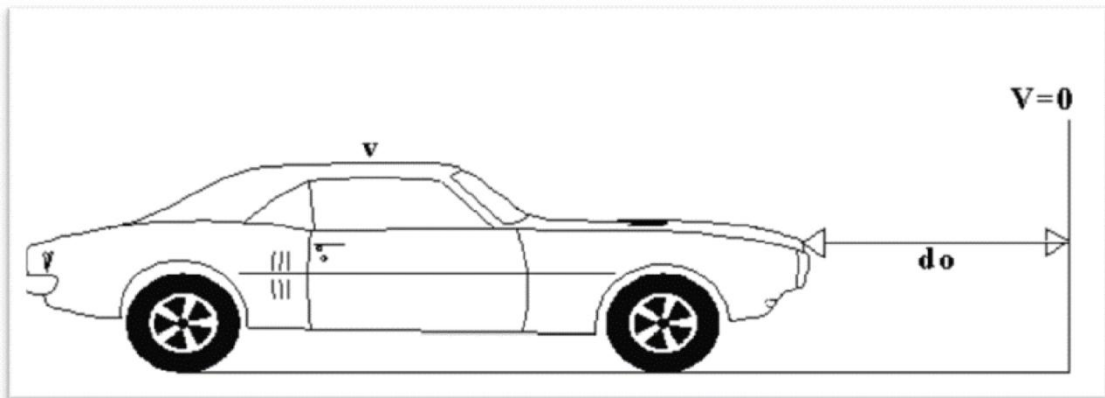
# **Chapitre IV**

## **Paramètre Cinématique**

**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 :

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

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

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.

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

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 :

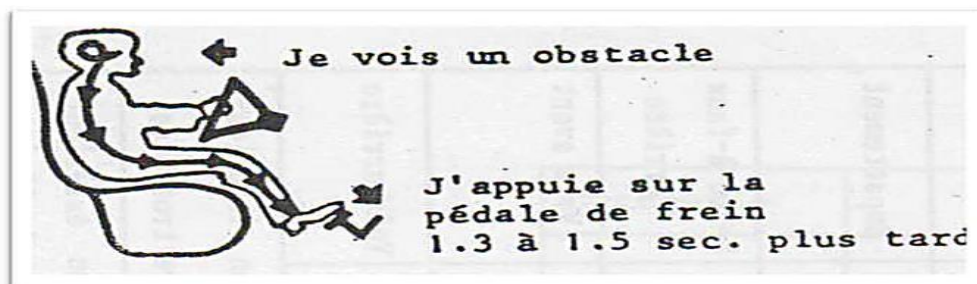


Figure n°14: temps de réactions.

**Dans une attention concentrée :**

t = 1.2 s pour un obstacle imprévisible

t = 0.6 s pour un obstacle prévisible

On prend t = 1.8 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			

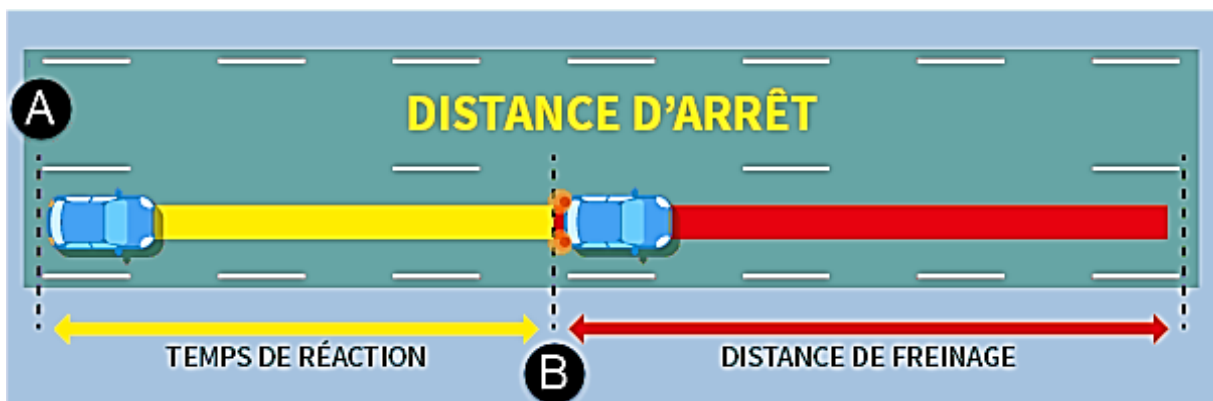
**Tableau n°12 :** Les valeurs du temps et de perception réaction t en fonction de E, CAT et Vr.

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

$d_1 = v \times t$  Avec : v : m/s t : 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.

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

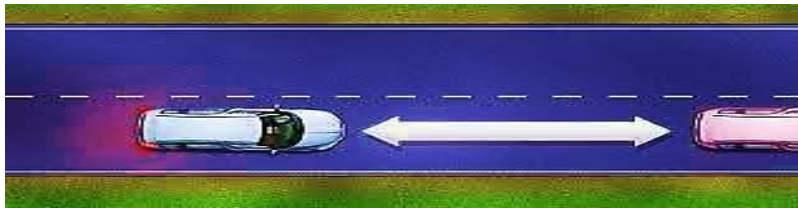
**dvd<sub>N</sub>** : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement normale

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

Distance	Vr(Km/h)					
	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)

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

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

- En rampe :  $e = +0.052$

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

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

- 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 :  $d = 1.25 \times 129.87 + (0.50 \times 100) = 212.33 \text{ m}$

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

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

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

Espacement entre véhicules :

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

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

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



# **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.

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

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

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

**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

**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.

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

**V.6.3. Le rayon au devers minimal  $RH_d$  :**

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
<b>d min</b>	-2.50%	-2.50%	-3%	-3%	-4%
<b>d max</b>	7%	7%	8%	8%	9%

**Tableau n°16 : Dévers [Normes B40].**

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

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

Tableau n°17: Valeur du coefficient  $f_t$ .V.6.7. Détermination du coefficient  $F''$  en fonction de la catégorie :

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

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

- Tableau récapitulatif :

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

Tableau n°19 : Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques.

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

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

Tableau n°20 : les rayons en plan selon la B40.

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

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

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

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

On remarque que les valeurs calculées correspondent réellement aux 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 :

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

### **V.7. courbes de raccordements :**

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

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

#### **V.7.1. Clothoïde :**

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

$$K = C.L$$

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



**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) :**

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

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

$$\pm 1500 < R \leq 5000m$$

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

$$\pm R > 5000m \quad \Delta R = 2.5 m$$

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

**Condition de gauchissement :**

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

**$\Delta d$**  : variation de dévers.

**Condition de confort dynamique :**

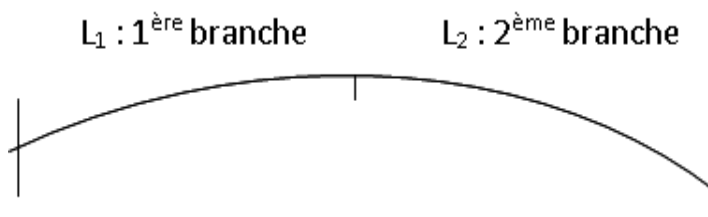
Cette condition consiste à limiter le temps de parcours  $t$  du raccordement et la variation par unité de temps de l'accélération transversale d'un véhicule.

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

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

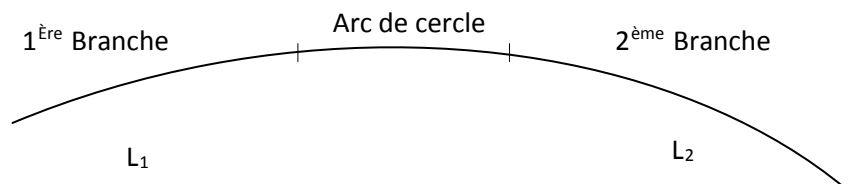
**V.7.5. Vérification de non chevauchement :**

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



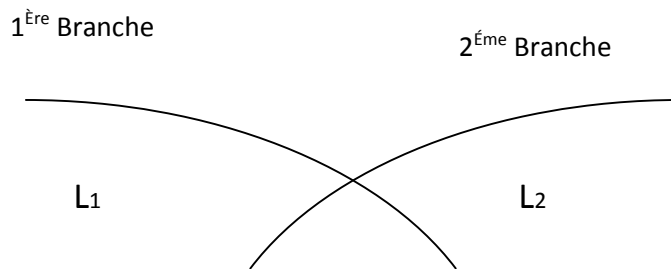
**Clothoïde sans arc de cercle :**

**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.



**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**

**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. Éléments de composition du profil en long :**

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

- L'altitude du terrain naturel
- L'altitude de la ligne du projet
- La déclivité de la ligne du projet

**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 de 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 raccords circulaires qui y doit satisfaire les conditions de visibilité et de confort. On distingue deux types de raccords :

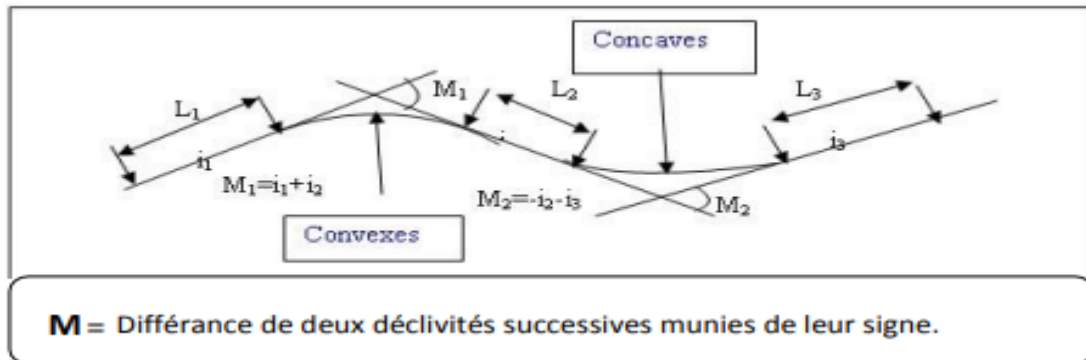


Figure n°19 : raccordement convexe et concave.

#### 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 :

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

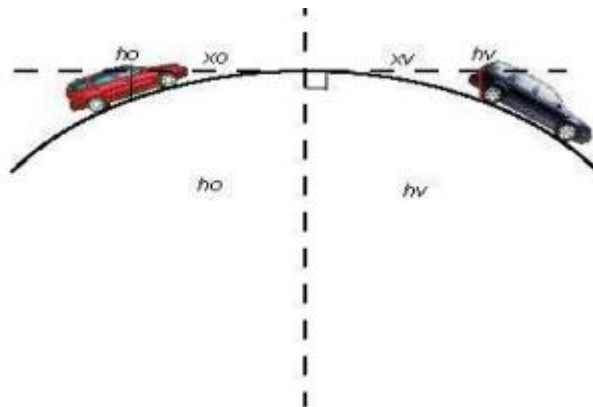
$$R_{v\min} \geq 0,23 V^2 \text{ (cat 3-4-5).}$$

Tel que :

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

**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 opposes puissent s’apercevoir a une distance double de la distance d’arrêt minimum. Le rayon de raccordement est donne par la formule suivante :

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

d : Distance d’arrêt (m).

h<sub>0</sub> : Hauteur de l’œil (m).

h<sub>1</sub> : Hauteur de l’obstacle (m).

Dans le cas d’une route unidirectionnelle :

h<sub>0</sub>=1.1 m, h<sub>1</sub>= 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	10000
Min-normal	RVN1	20000
Dépassement	RVD	20000

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

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

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

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

Dans notre cas :

Rayon	Symbole	Valeur
M in -absolu	R'vm1	3000
M in - 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<sub>1</sub> de la droite (AS).
- Donnée la pente P<sub>2</sub> de la droite (DS).
- Donnée le rayon R.

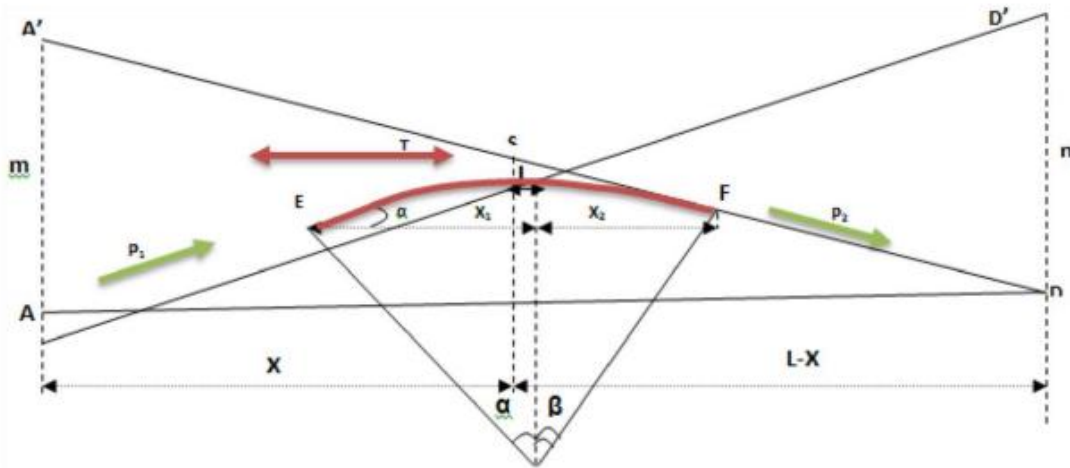


Figure n°21 : Détermination du profil en long.

**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 :

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

S     $X_S = X + X_A.$

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

**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.

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

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

$$LR=2T$$

**VI.7.4. Calcul de la flèche :**

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

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

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

**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.

$$X_1=R.p_1 ; X_2= R.p_2 \quad X_J = X_E + R.P_1$$

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

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 ou les déclivités sont de sens contraire :

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

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

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

$$Rv = 6010 \text{ m.}$$

$$T = \frac{6010}{200} |1.60 - 1.00|$$

$$\Rightarrow T = 18.03 \text{ m}$$

La longueur L du raccordement verticale :

$$L = 2 \times T$$

$$L = 2 \times 18.03$$

$$\Rightarrow L = 36.06 \text{ m}$$

La flèche F :

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

$$F = \frac{18.03^2}{2(6010)}$$

$$\Rightarrow F = 0.027 \text{ m}$$

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>	1.60 -1.00	Rentrant	Sens contraire	6010	<b>18.03</b>	<b>36.06</b>	<b>0.027</b>
<b>S2</b>	-1.00 1.00	Saillant	Sens contraire	3010	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>S3</b>	1.00 -1.30	Rentrant	Sens contraire	6010	<b>9.015</b>	<b>18.03</b>	<b>0.007</b>
<b>S4</b>	-1.30 -1.84	Rentrant	Même sens	6010	<b>16.227</b>	<b>32.454</b>	<b>0.022</b>
<b>S5</b>	-1.84 -1.53	Saillant	Même sens	3010	<b>4.666</b>	<b>9.331</b>	<b>0.004</b>
<b>S6</b>	-1.53 -3.38	Rentrant	Même sens	6010	<b>55.593</b>	<b>111.185</b>	<b>0.257</b>
<b>S7</b>	-3.38 1.08	Saillant	Sens contraire	3010	<b>34.615</b>	<b>69.23</b>	<b>0.199</b>
<b>S8</b>	1.08 -2.03	Rentrant	Sens contraire	6010	<b>28.548</b>	<b>57.095</b>	<b>0.068</b>
<b>S9</b>	-2.03 -4.12	Rentrant	Même sens	6010	<b>62.805</b>	<b>125.610</b>	<b>0.328</b>
<b>S10</b>	-4.12 2.63	Saillant	Sens contraire	3010	<b>22.425</b>	<b>44.850</b>	<b>0.084</b>
<b>S11</b>	2.63 -1.50	Rentrant	Sens contraire	6010	<b>33.957</b>	<b>67.914</b>	<b>0.096</b>
<b>S12</b>	-1.50 1.03	Saillant	Sens contraire	3010	<b>7.0735</b>	<b>14.147</b>	<b>0.008</b>
<b>S13</b>	1.03 -3.80	Rentrant	Sens contraire	6010	<b>83.239</b>	<b>166.480</b>	<b>0.576</b>
<b>S14</b>	-3.80 1.00	Saillant	Sens contraire	3010	<b>42.14</b>	<b>84.28</b>	<b>0.295</b>
<b>S15</b>	1.00 -2.68	Rentrant	Sens contraire	6010	<b>50.484</b>	<b>100.968</b>	<b>0.212</b>

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

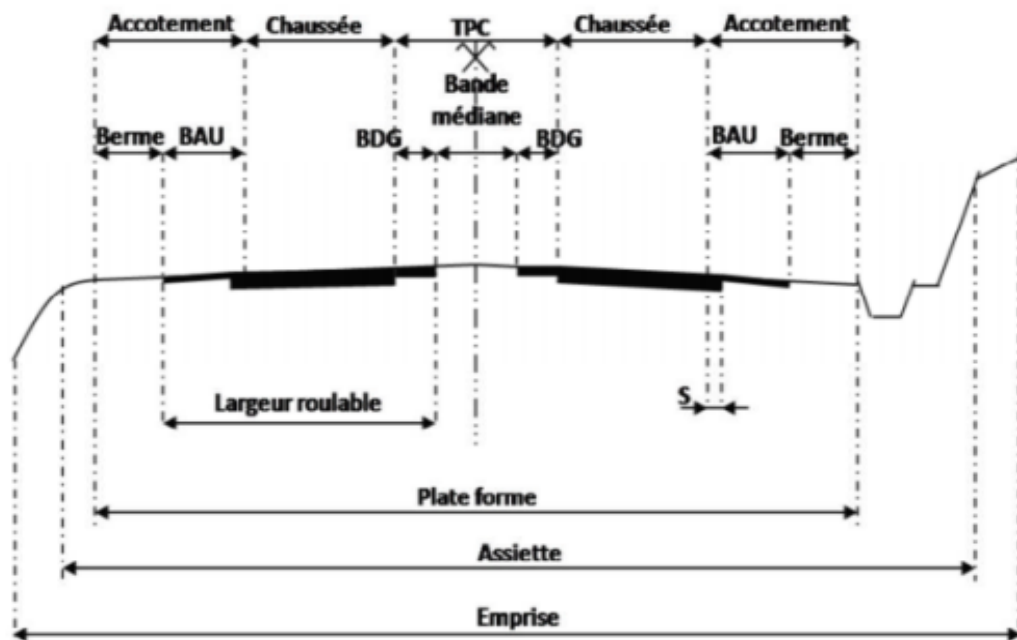
# **Chapitre VII**

## **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.

**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 compose 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.

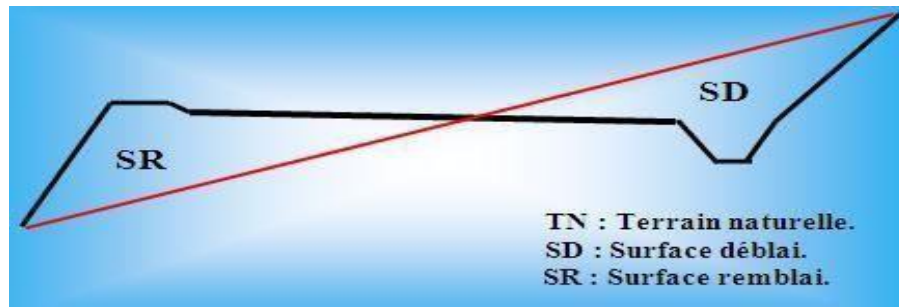


Figure n°23 : volume déblai, remblai.

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

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

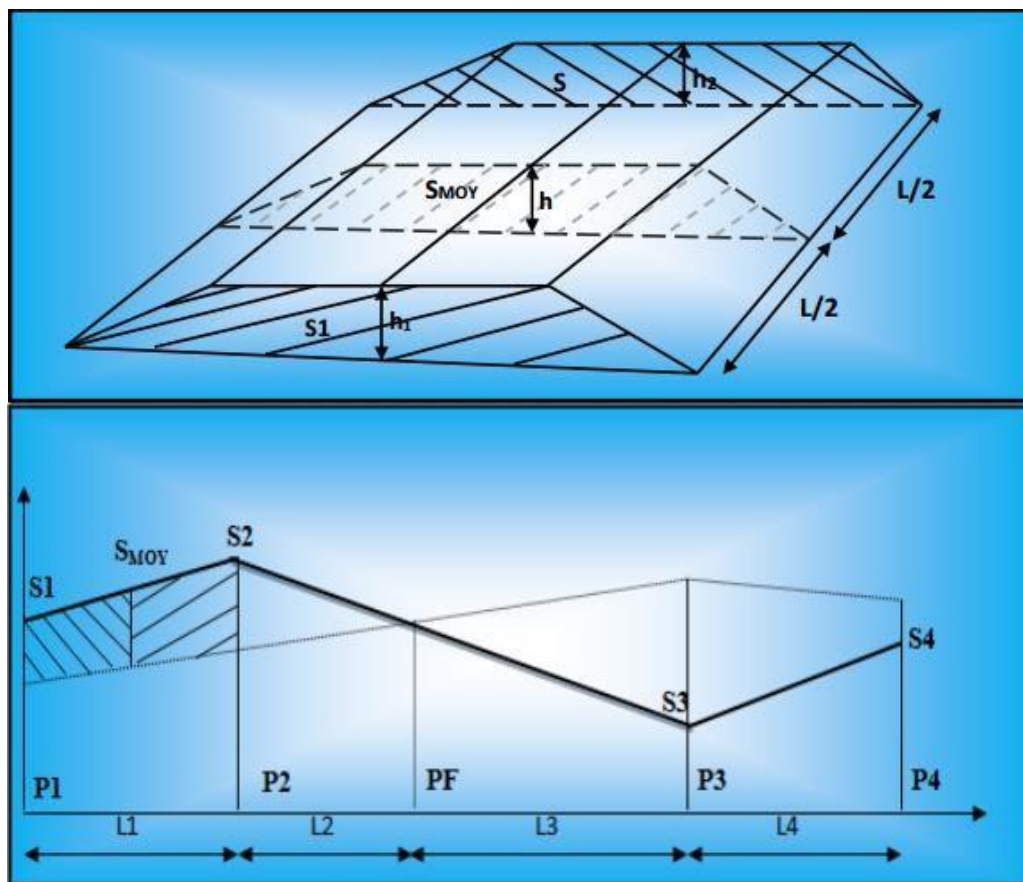


Figure n°24 : Calcul volume déblai; Remblai.

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

**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 membre 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 **97355m<sup>3</sup>**

Volume des déblais :  **$V_D = 174540\text{m}^3$**

Volume des remblais :  **$V_R = 766375\text{m}^3$**

Différence de volume :  **$V_D - V_R = -(591835)\text{m}^3$**

# **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 vie.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser.

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante de l'étude. Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant des caractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de la structure de la chaussée.

Tout cela en fonction de paramètres très fondamentaux suivants :

- Le trafic
- L'environnement de la route (le climat essentiellement)
- Le sol support

Principe de la constitution des chaussées

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

- **De la charge des véhicules**

La charge maximale autorisée sur un jumelage isolé est de 65 KN (6.5 tonnes) soit un essieu standard de 130 KN (13 T).

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

- **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 tangentielle 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 composée de la couches 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.

❖ **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.B</b> - <b>G.N.T</b> - <b>SOL SUPPORT</b>	- <b>B.B</b> - <b>G.T +G.B ou G.T</b> - <b>SOL SUPPORT</b>	- <b>BETON DE CIMENT</b> - <b>G.T</b> - <b>SOL SUPPORT</b>

**Figure n°25 : les différentes catégories 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.

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.

**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 :

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

**IX.5. Application au projet :****Méthode de l'indice CBR :****1) Données de l'étude :**

- Le trafic à l'année de compactage 2017 **TMJA<sub>0</sub> = 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 **τ = 6%**
- La vitesse de base sur le tracé **V<sub>b</sub> = 100km/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)**

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 :

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

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

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

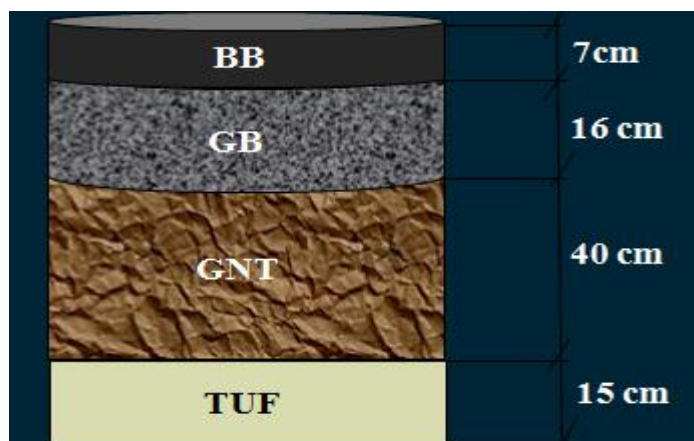


Figure n°26: Les couches de corps de chaussée.

# **Chapitre X**

**Etude**

**Géotechnique**

**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.

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

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

**❖ 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.

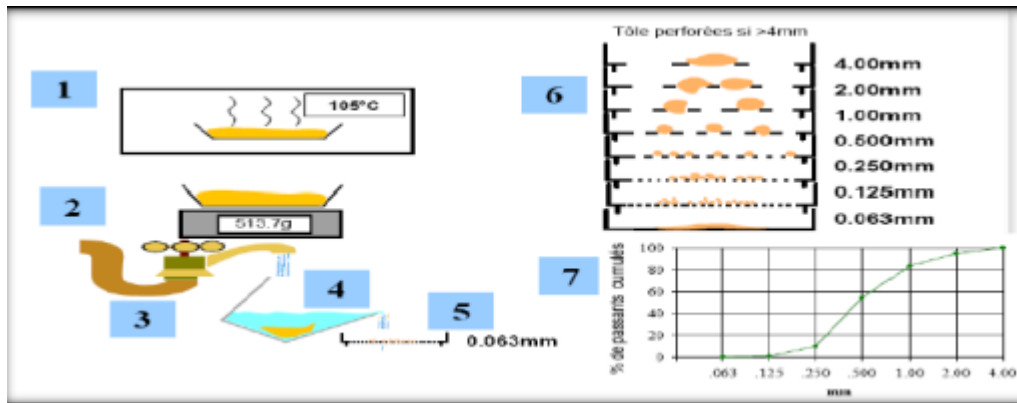
**Refus** : sur un tamis : matériau qui est retenu sur le tamis.

**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.

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, pinceaux.
- Balance dont la portée limite est compatible avec les masses à peser et permettant de faire toutes les pesées avec une précision relative de 0,1 %.
- Étuve ventilée réglée à 105 °C ± 5 °C.
- Un dispositif de lavage.
- Colonne de tamis.



**Figure n°29** : Tamisage électrique et manuel.

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

L'échantillon doit être préparé suivant les prescriptions de la norme P 18-553. La masse  $M$  de l'échantillon pour 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 :

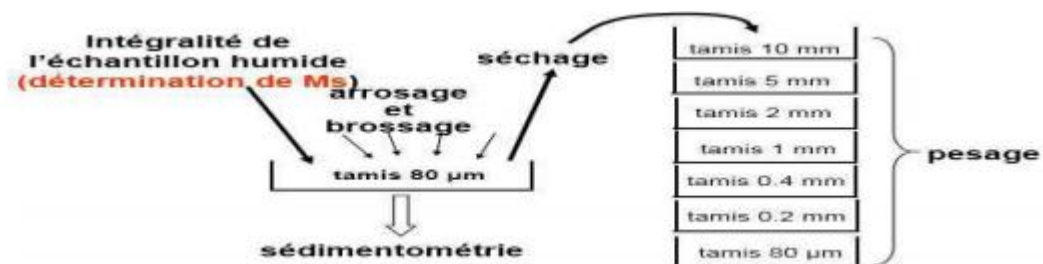


Figure n°31 : Mode opératoire 01.

**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

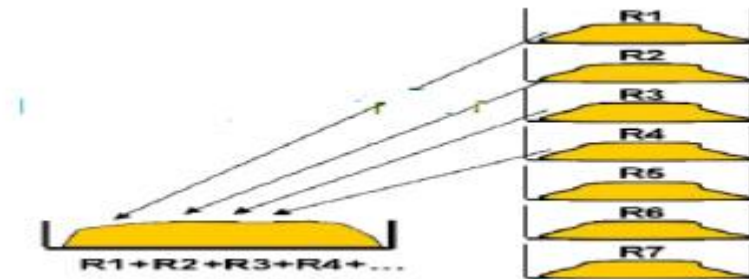
Calcul du pourcentage des refus (%) ( $PR_i$ ) :

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

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

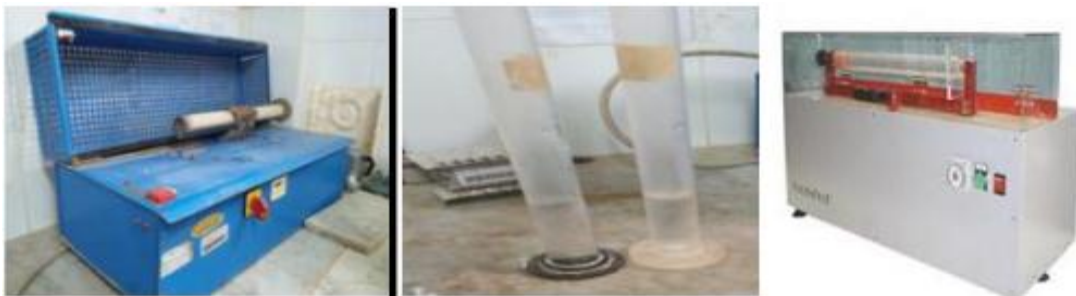
Le but de cet essai est de permettre de mesurer rapidement l'importance relative des éléments fins au sein d'un matériau sableux, il rend compte globalement de la qualité et la quantité des éléments fins qui flocculent et l'élément sableux qui sédimentent.

**c. Principe :**

L'essai consiste à verser un échantillon de sable et une petite quantité de solution flocculante 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 flocculante afin de faire remonter les particules 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.

**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

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 à 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.

**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 rhomogénéisqtiôfr.de l'humidité. Une période de repos de 24 heures est nécessaire pour les argiles, et quelques minutes sont suffisantes pour les limons.

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

**e.1 Matériels utilisés :**

- Spatule, coupelle, marbre pour malaxage, godet
- 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.**

**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.

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 :**

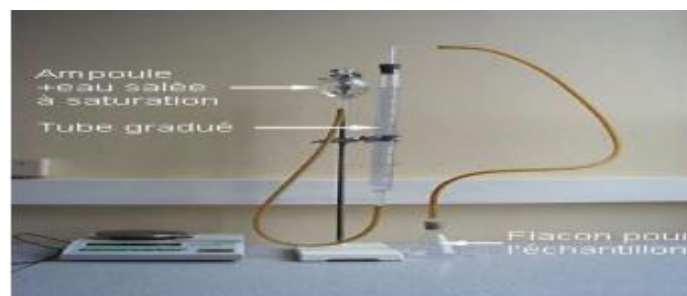
L'essai de carbonate ( $\text{CaCO}_3$ ) c'est la méthode de détermination de la teneur en carbonate dans des échantillons de sols (y compris les sédiments), de matières utilisées sur ou dans les sols et de déchets. Cette détermination est systématique sur les matières amendées mais pas sur les sols.

### **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.**

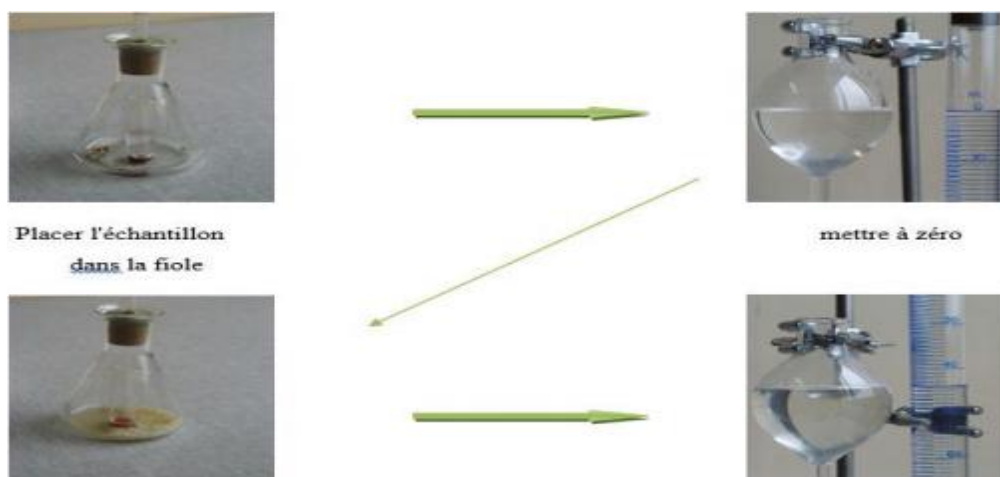
**d. Préparation de l'échantillon :**

- 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.

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

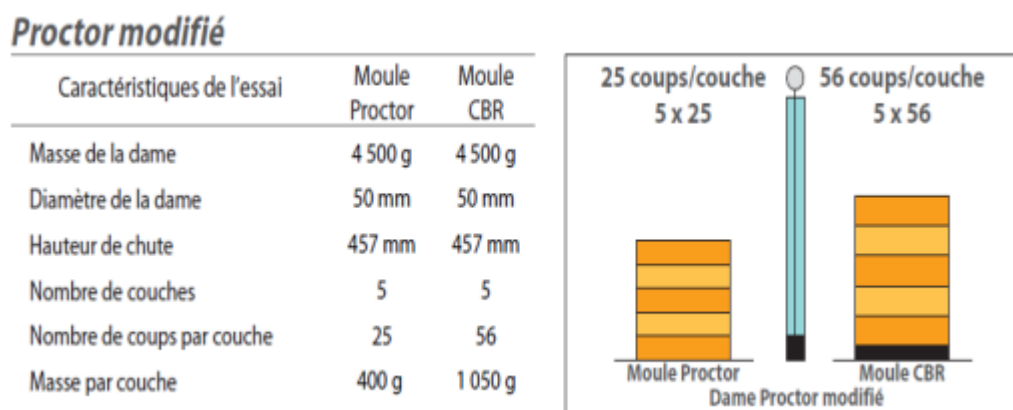
**Tableau n°27 :** Qualification des horizons en fonction de leur teneur en calcaire total selon le GEPPA.

**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.

**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.

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.

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

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

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

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.

**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**

**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).

**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.

**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.

**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.

- 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.

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.

**▪ 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 doive 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:**

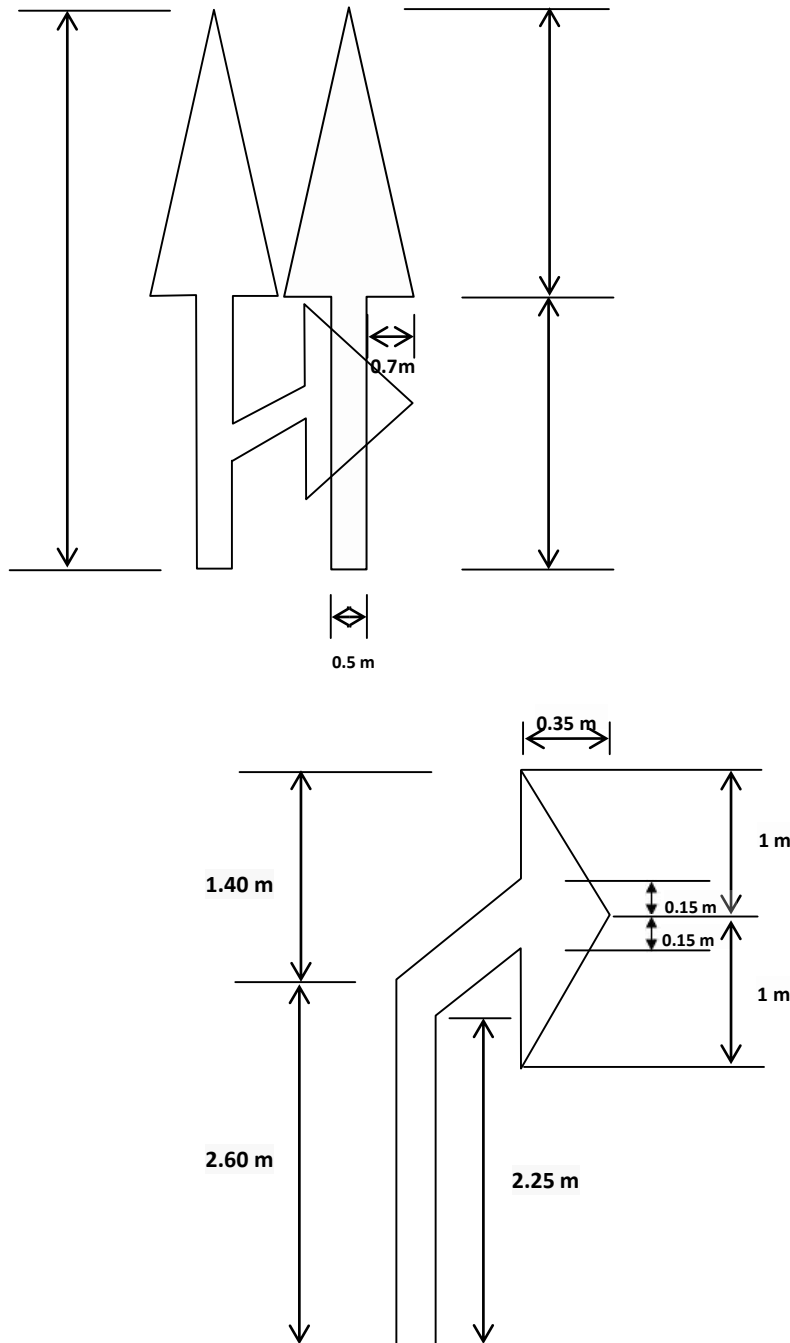


Figure n°48 : flèche de sélection.

❖ **Marque sur la chaussée :**

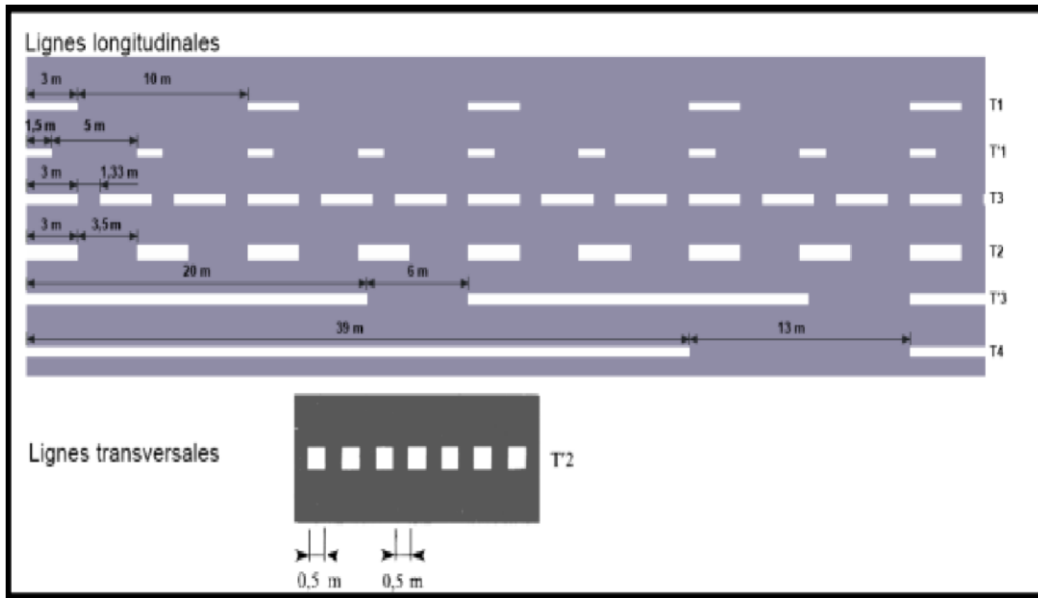


Figure n°49: marque sur la chaussée.

❖ **Flèche de rabattement :**

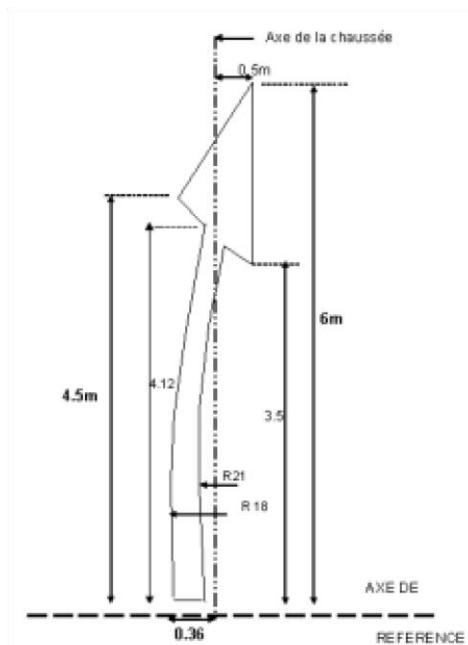


Figure n°50 : flèche de rabattement.

❖ **Schéma de signalisation stop sur chaussée :**

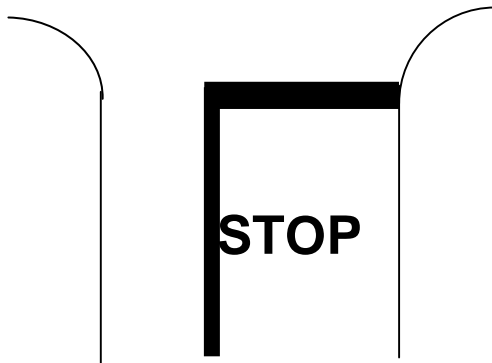


Figure n°51 : Schéma de signalisation stop sur chaussée.

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

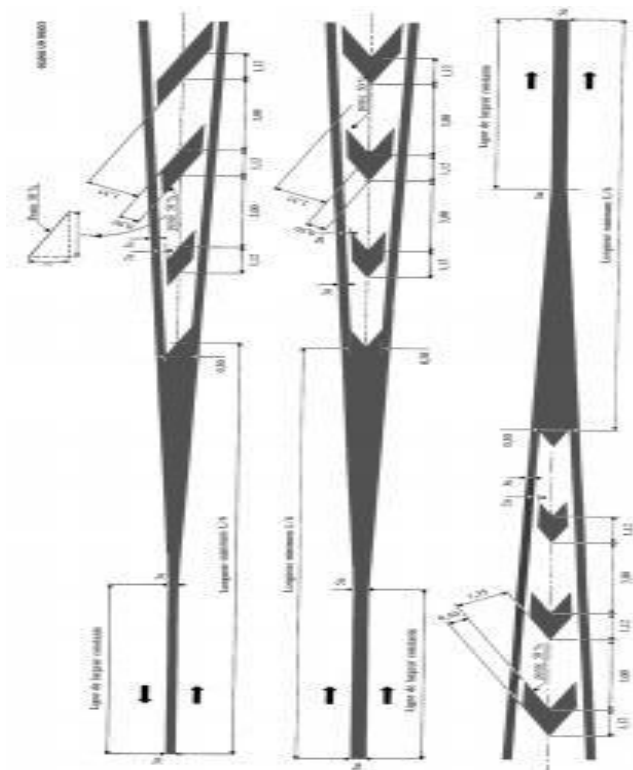


Figure n°52 : Schémas de marquage par hachures (sur le nez d'ilot).

**B. Les signalisations verticales :**

**Plaques de signalisation :**

➤ Les signaux de danger type A :



A1a



A1b



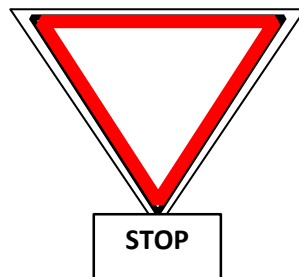
A1c



A1d

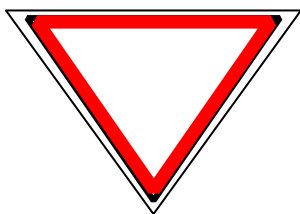


A22



A23

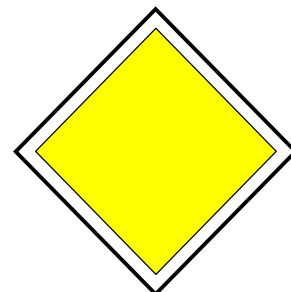
➤ Les signaux d'intersection et de priorité type B :



B1

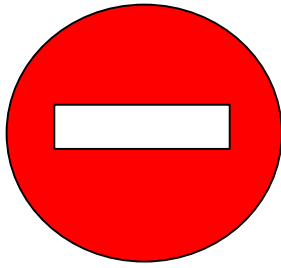


B2



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.

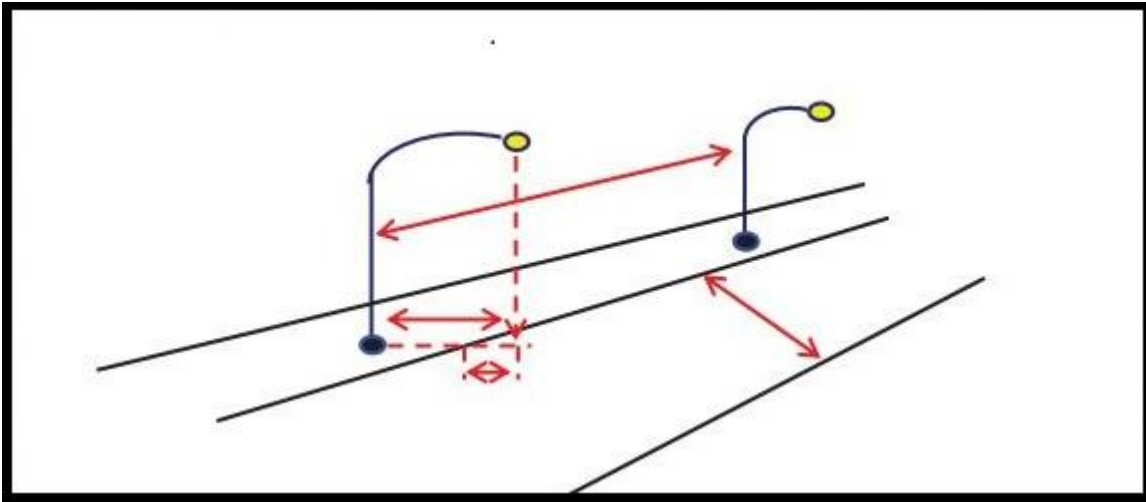


Figure n°55 : paramètres de l'implantation des luminaires.

#### **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**

**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.

- 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	1 000 000,00	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	1 000 000,00	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>	12,00	5 000,00	60 000,00
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>	120,00	1 200,00	144 000,00
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>	100,00	4 000,00	400 000,00

## 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	50,00	1 000,00	50 000,00
8	Déplacement des balises de protection et toutes sujétions de bonne exécution.	U	10,00	10 000,00	100 000,00
9	Arbre dont le diamètre mesuré à 1 m du sol est inférieur à 20 cm	U	6,00	3 000,00	18 000,00
10	Arbre dont le diamètre mesuré à 1 m du sol entre 20 cm et 40 cm.	U	15,00	3 500,00	52 500,00
11	Arbre dont le diamètre mesuré à 1 m du sol supérieur à 40 cm	U	6,00	5 000,00	30 000,00
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>	97 355,00	120,00	11 682 600,00
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>	174 540,00	300,00	52 362 000,00
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>	20,00	4 000,00	80 000,00
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>	766 375,00	650,00	498 143 750,00
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	5,00	10 000,00	50 000,00
20	Grille carrée plate, modèle type 600.	U	6,00	15 000,00	90 000,00
21	Grille carrée plate, légère type 600.	U	5,00	18 000,00	90 000,00
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>	1 815,00	400,00	726 000,00
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>	17,00	2 000,00	34 000,00
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>	165,00	2 500,00	412 500,00
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>	1 518,00	600,00	910 800,00
26	F/pose de buse en béton armé Diamètre 1200 mm. y/c la construction des têtes d'ouvrages en béton armé.	ml	50,00	25 000,00	1 250 000,00
27	F/pose de buse en béton armé Diamètre 1500 mm. y/ c la construction des têtes d'ouvrages en béton armé	ml	66,00	30 000,00	1 980 000,00
28	Semi Buses pour T.P.C et banquettes Ø300.	ml	4 050,00	500,00	2 025 000,00
29	cunettes préfabriquées sur talus et toutes sujétions de bonne exécution.-	ml	940,00	1 000,00	940 000,00
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>	21 635,00	500,00	10 817 500,00

## 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>	34 720,00	550,00	19 096 000,00
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	62 315,00	5 000,00	311 575 000,00
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	21 265,00	5 500,00	116 957 500,00
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>	90 800,00	110,00	9 988 000,00
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>	88 090,00	120,00	10 570 800,00
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>	29 120,00	550,00	16 016 000,00
37	Bordures de trottoirs, il comprend la fourniture, le transport et la mise en place des bordures et toutes sujétions de bonne exécution.	ml	1 850,00	700,00	1 295 000,00
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 maitre d'ouvrage et toutes sujétions de bonne exécution	m <sup>3</sup>	2 525,00	600,00	1 515 000,00
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>	600,00	650,00	390 000,00

## Devis Quantitatif et Estimatif

40	Béton de propreté de 10 cm d'épaisseur pour fond de fouille dosé à 100kg/m <sup>3</sup> et toutes sujétions de bonne exécution.	m <sup>3</sup>	187,00	12 000,00	2 244 000,00
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>	1 191,00	25 000,00	29 775 000,00
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>	1 150,00	25 000,00	28 750 000,00
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>	285,00	25 000,00	7 125 000,00
44	Acier haute adhérence FeE40A. comprend la fourniture, mise en œuvre et le façonnage et toutes sujétions de bonne exécution.	T	315,00	400,00	126 000,00
45	Chape d'étanchéité sur l'ouvrage et toutes sujétions de bonne exécution Badigeonnage du coffrage des parties extérieures	m <sup>2</sup>	1 162,00	1 000,00	1 162 000,00
46	Badigeonnage du coffrage des parties extérieures	m <sup>2</sup>	951,00	50,00	47 550,00
47	Protection de gazoduc.	ml	50,00	100 000,00	5 000 000,00
48	Protection de câble souterrain.	ml	80,00	100 000,00	8 000 000,00
49	Protection de conduite d'eau.	ml	390,00	100 000,00	39 000 000,00
50	Déplacement de conduites existantes de toutes natures et la réalisation des regards, y compris toutes sujétions de bonne exécution	ml	100,00	100 000,00	10 000 000,00
51	Déplacement de lampadaires y compris toutes sujétions de bonne exécution	U	7,00	1 000,00	7 000,00
52	Déplacement de poteaux électrique y compris toutes sujétions de bonne exécution.	U	20,00	5 000,00	100 000,00
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>	330,00	80,00	26 400,00
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	25,00	1 000,00	25 000,00
60	Panneaux Type A, signaux d'avertissement de danger. A 1a, A 1b, A B3a	U	18,00	15 000,00	270 000,00
61	signaux d'interdiction ou de restriction Panneaux Type B, B 1, B12, B14.	U	19,00	15 000,00	285 000,00
62	Panneaux Type C et Type D, signaux d'indication ou de direction. C 207, C 208, D 21a	U	22,00	15 000,00	330 000,00
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	10,00	12 000,00	120 000,00
65	F/ Pose de Portiques avec panneaux de signalisation	U	9,00	1 500 000,00	13 500 000,00
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	13 600,00	3 500,00	47 600 000,00
68	Fourniture et Mise en place Glissière de sécurité métallique.	ml	1 050,00	2 500,00	2 625 000,00
69	F/Pose de Garde corps	ml	120,00	8 000,00	960 000,00
70	F/pose de Candélabres.	U	95,00	30 000,00	2 850 000,00
71	F/Pose de Clôture métallique pour Autoroute	ml	8 000,00	6 000,00	48 000 000,00
			<b>TOTAL HT</b>		<b>1 343 043 500,00</b>
			<b>TVA 19%</b>		<b>255 178 265,00</b>
			<b>TOTAL TTC</b>		<b>1 598 221 765,00</b>

**Arrêté le présent devis quantitatif et estimatif à la somme de : Un Milliard Sinque Cent Quatre Vingt Dix Huite Million Deux Cent Vingt un Sept Cent Soixante Sinque Dinars**



# Conclusion

Dans notre étude nous avons essayé de respecter toute les contraintes et les normes existantes qu'on ne peut pas les négliger et on prend en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement.

Cette étude nous a permis d'appliquer les connaissances théoriques acquises pour cerner les problèmes réels existants concernant l'étude et la réalisation des projets routiers. ET une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels auto CAD et Covadis.

On était limité par le temps, le manque de salles de calculs et d'autre contraintes mais cela ne nous a pas empêché pour venir à bout de ce travail grâce aux orientations de nos professeurs.

Nous espérons acquérir plus dans notre vie professionnelle et toucher les grands projets et surtout voir tout cela de près.

# **Bibliographie**

- B40 Normes Techniques d'Aménagement des Routes.
- Les cours et TD 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-1	0.00	219.617	219.975	723,081.160	3, 959,922.122
PT-2	10.65	219.788	220.347	723,090.501	3, 959,917.009
PT-3	25.00	220.017	220.716	723,103.051	3, 959,910.047
PT-4	50.00	220.417	221.679	723,124.727	3, 959,897.592
PT-5	75.00	220.817	221.832	723,146.160	3, 959,884.723
PT-6	100.00	221.217	220.693	723,167.341	3, 959,871.443
PT-7	125.00	221.617	219.507	723,188.263	3, 959,857.759
PT-8	150.00	222.017	219.104	723,208.917	3, 959,843.675
PT-9	175.00	222.417	218.916	723,229.298	3, 959,829.196
PT-10	200.00	222.762	218.809	723,249.396	3, 959,814.329
PT-11	225.00	223.003	219.103	723,269.204	3, 959,799.077
PT-12	250.00	223.140	219.823	723,288.715	3, 959,783.447
PT-13	275.00	223.173	219.504	723,307.923	3, 959,767.445
PT-14	300.00	223.102	218.556	723,326.819	3, 959,751.077
PT-15	325.00	222.927	217.454	723,345.396	3, 959,734.348
PT-16	350.00	222.680	216.497	723,363.649	3, 959,717.266
PT-17	375.00	222.430	216.763	723,381.570	3, 959,699.835
PT-18	400.00	222.180	217.125	723,399.152	3, 959,682.063
PT-19	425.00	221.930	218.010	723,416.389	3, 959,663.956
PT-20	450.00	221.734	218.787	723,433.275	3, 959,645.521
PT-21	475.00	221.737	219.456	723,449.803	3, 959,626.765
PT-22	500.00	221.937	220.157	723,465.968	3, 959,607.694
PT-23	525.00	222.121	220.960	723,481.763	3, 959,588.316
PT-24	550.00	222.200	220.866	723,497.182	3, 959,568.638
PT-25	575.00	222.176	220.519	723,512.220	3, 959,548.667
PT-26	600.00	222.048	220.154	723,526.871	3, 959,528.411
PT-27	620.99	221.859	219.830	723,538.871	3, 959,511.186
PT-28	625.00	221.815	219.771	723,541.135	3, 959,507.880
PT-29	650.00	221.497	219.384	723,555.260	3, 959,487.252
PT-30	656.97	221.407	219.281	723,559.196	3, 959,481.504
PT-31	675.00	221.171	218.997	723,569.281	3, 959,466.555
PT-32	700.00	220.846	218.611	723,582.917	3, 959,445.602
PT-33	725.00	220.520	218.187	723,596.148	3, 959,424.390
PT-34	750.00	220.194	217.750	723,608.968	3, 959,402.928
PT-35	775.00	219.868	217.406	723,621.374	3, 959,381.224
PT-36	800.00	219.542	217.038	723,633.359	3, 959,359.284
PT-37	825.00	219.216	216.890	723,644.921	3, 959,337.119

<b>PT-38</b>	850.00	218.883	216.783	723,656.054	3, 959,314.735
<b>PT-39</b>	875.00	218.467	216.286	723,666.755	3, 959,292.141
<b>PT-40</b>	900.00	218.006	215.536	723,677.019	3, 959,269.346
<b>PT-41</b>	925.00	217.545	214.757	723,686.843	3, 959,246.358
<b>PT-42</b>	950.00	217.084	214.385	723,696.223	3, 959,223.185
<b>PT-43</b>	975.00	216.623	213.847	723,705.156	3, 959,199.835
<b>PT-44</b>	1000.00	216.162	213.486	723,713.638	3, 959,176.319
<b>PT-45</b>	1011.74	215.946	213.088	723,717.466	3, 959,165.218
<b>PT-46</b>	1025.00	215.701	212.639	723,721.795	3, 959,152.687
<b>PT-47</b>	1050.00	215.253	212.389	723,730.304	3, 959,129.180
<b>PT-48</b>	1075.00	214.869	212.693	723,739.264	3, 959,105.841
<b>PT-49</b>	1100.00	214.486	213.176	723,748.672	3, 959,082.679
<b>PT-50</b>	1125.00	214.103	213.036	723,758.522	3, 959,059.702
<b>PT-51</b>	1150.00	213.717	212.944	723,768.813	3, 959,036.919
<b>PT-52</b>	1168.81	213.383	212.482	723,776.844	3, 959,019.909
<b>PT-53</b>	1175.00	213.260	212.355	723,779.527	3, 959,014.331
<b>PT-54</b>	1200.00	212.698	212.125	723,790.364	3, 958,991.802
<b>PT-55</b>	1225.00	212.033	211.305	723,801.200	3, 958,969.273
<b>PT-56</b>	1250.00	211.263	210.211	723,812.037	3, 958,946.744
<b>PT-57</b>	1275.00	210.422	208.976	723,822.874	3, 958,924.214
<b>PT-58</b>	1300.00	209.578	208.078	723,833.711	3, 958,901.685
<b>PT-59</b>	1325.00	208.734	207.467	723,844.547	3, 958,879.156
<b>PT-60</b>	1350.00	207.890	206.842	723,855.384	3, 958,856.627
<b>PT-61</b>	1375.00	207.046	205.266	723,866.221	3, 958,834.097
<b>PT-62</b>	1400.00	206.240	203.944	723,877.057	3, 958,811.568
<b>PT-63</b>	1425.00	205.627	203.128	723,887.894	3, 958,789.039
<b>PT-64</b>	1450.00	205.221	202.806	723,898.731	3, 958,766.510
<b>PT-65</b>	1475.00	205.022	202.083	723,909.568	3, 958,743.981
<b>PT-66</b>	1500.00	205.032	201.793	723,920.404	3, 958,721.451
<b>PT-67</b>	1525.00	205.242	201.755	723,931.241	3, 958,698.922
<b>PT-68</b>	1550.00	205.512	201.467	723,942.078	3, 958,676.393
<b>PT-69</b>	1575.00	205.782	201.113	723,952.914	3, 958,653.864
<b>PT-70</b>	1600.00	206.052	200.818	723,963.751	3, 958,631.334
<b>PT-71</b>	1601.99	206.074	200.807	723,964.614	3, 958,629.539
<b>PT-72</b>	1625.00	206.322	200.644	723,974.404	3, 958,608.718
<b>PT-73</b>	1650.00	206.562	200.527	723,984.621	3, 958,585.902
<b>PT-74</b>	1675.00	206.701	200.128	723,994.398	3, 958,562.893
<b>PT-75</b>	1700.00	206.736	199.453	724,003.730	3, 958,539.701
<b>PT-76</b>	1725.00	206.667	199.077	724,012.615	3, 958,516.333
<b>PT-77</b>	1750.00	206.494	198.815	724,021.048	3, 958,492.799
<b>PT-78</b>	1775.00	206.218	198.497	724,029.028	3, 958,469.107
<b>PT-79</b>	1800.00	205.837	198.471	724,036.550	3, 958,445.266

<b>PT-80</b>	1825.00	205.356	198.240	724,043.613	3, 958,421.285
<b>PT-81</b>	1837.44	205.103	198.169	724,046.954	3, 958,409.305
<b>PT-82</b>	1850.00	204.847	198.096	724,050.272	3, 958,397.188
<b>PT-83</b>	1875.00	204.339	197.975	724,056.873	3, 958,373.075
<b>PT-84</b>	1900.00	203.831	197.712	724,063.474	3, 958,348.962
<b>PT-85</b>	1925.00	203.323	198.698	724,070.076	3, 958,324.850
<b>PT-86</b>	1950.00	202.814	199.228	724,076.677	3, 958,300.737
<b>PT-87</b>	1975.00	202.306	197.425	724,083.279	3, 958,276.624
<b>PT-88</b>	2000.00	201.798	196.227	724,089.880	3, 958,252.512
<b>PT-89</b>	2025.00	201.289	195.720	724,096.481	3, 958,228.399
<b>PT-90</b>	2050.00	200.781	195.472	724,103.083	3, 958,204.286
<b>PT-91</b>	2075.00	200.273	195.078	724,109.684	3, 958,180.174
<b>PT-92</b>	2100.00	199.721	194.467	724,116.286	3, 958,156.061
<b>PT-93</b>	2125.00	199.066	193.552	724,122.887	3, 958,131.948
<b>PT-94</b>	2150.00	198.307	191.995	724,129.489	3, 958,107.836
<b>PT-95</b>	2175.00	197.444	191.268	724,136.090	3, 958,083.723
<b>PT-96</b>	2200.00	196.477	190.588	724,142.691	3, 958,059.610
<b>PT-97</b>	2225.00	195.448	189.965	724,149.293	3, 958,035.498
<b>PT-98</b>	2250.00	194.418	189.339	724,155.894	3, 958,011.385
<b>PT-99</b>	2275.00	193.388	188.999	724,162.496	3, 957,987.272
<b>PT-100</b>	2300.00	192.359	188.832	724,169.097	3, 957,963.160
<b>PT-101</b>	2325.00	191.329	189.050	724,175.699	3, 957,939.047
<b>PT-102</b>	2350.00	190.374	188.938	724,182.300	3, 957,914.934
<b>PT-103</b>	2375.00	189.623	187.994	724,188.901	3, 957,890.822
<b>PT-104</b>	2400.00	189.080	187.203	724,195.503	3, 957,866.709
<b>PT-105</b>	2425.00	188.745	186.774	724,202.104	3, 957,842.596
<b>PT-106</b>	2450.00	188.618	186.565	724,208.706	3, 957,818.484
<b>PT-107</b>	2475.00	188.698	186.438	724,215.307	3, 957,794.371
<b>PT-108</b>	2500.00	188.986	186.012	724,221.908	3, 957,770.258
<b>PT-109</b>	2525.00	189.481	185.792	724,228.510	3, 957,746.146
<b>PT-110</b>	2550.00	190.130	185.728	724,235.111	3, 957,722.033
<b>PT-111</b>	2575.00	190.784	186.028	724,241.713	3, 957,697.920
<b>PT-112</b>	2600.00	191.361	186.162	724,248.314	3, 957,673.808
<b>PT-113</b>	2625.00	191.833	185.689	724,254.916	3, 957,649.695
<b>PT-114</b>	2650.00	192.202	185.139	724,261.517	3, 957,625.582
<b>PT-115</b>	2675.00	192.467	185.094	724,268.118	3, 957,601.469
<b>PT-116</b>	2700.00	192.627	184.790	724,274.720	3, 957,577.357
<b>PT-117</b>	2725.00	192.684	183.418	724,281.321	3, 957,553.244
<b>PT-118</b>	2750.00	192.637	182.416	724,287.923	3, 957,529.131
<b>PT-119</b>	2775.00	192.486	182.611	724,294.524	3, 957,505.019
<b>PT-120</b>	2800.00	192.230	182.699	724,301.126	3, 957,480.906
<b>PT-121</b>	2825.00	191.877	182.660	724,307.727	3, 957,456.793

<b>PT-122</b>	2850.00	191.502	182.493	724,314.328	3, 957,432.681
<b>PT-123</b>	2875.00	191.127	182.445	724,320.930	3, 957,408.568
<b>PT-124</b>	2900.00	190.752	183.537	724,327.531	3, 957,384.455
<b>PT-125</b>	2925.00	190.377	182.292	724,334.133	3, 957,360.343
<b>PT-126</b>	2950.00	190.002	182.315	724,340.734	3, 957,336.230
<b>PT-127</b>	2975.00	189.627	182.018	724,347.335	3, 957,312.117
<b>PT-128</b>	3000.00	189.252	182.022	724,353.937	3, 957,288.005
<b>PT-129</b>	3025.00	188.877	182.094	724,360.538	3, 957,263.892
<b>PT-130</b>	3050.00	188.502	181.801	724,367.140	3, 957,239.779
<b>PT-131</b>	3075.00	188.127	181.623	724,373.741	3, 957,215.667
<b>PT-132</b>	3100.00	187.752	181.369	724,380.343	3, 957,191.554
<b>PT-133</b>	3125.00	187.377	181.233	724,386.944	3, 957,167.441
<b>PT-134</b>	3150.00	187.002	180.974	724,393.545	3, 957,143.329
<b>PT-135</b>	3175.00	186.627	180.567	724,400.147	3, 957,119.216
<b>PT-136</b>	3200.00	186.252	180.185	724,406.748	3, 957,095.103
<b>PT-137</b>	3225.00	185.877	179.639	724,413.350	3, 957,070.991
<b>PT-138</b>	3250.00	185.525	179.086	724,419.951	3, 957,046.878
<b>PT-139</b>	3275.00	185.351	178.710	724,426.553	3, 957,022.765
<b>PT-140</b>	3300.00	185.385	178.449	724,433.154	3, 956,998.653
<b>PT-141</b>	3325.00	185.603	178.375	724,439.755	3, 956,974.540
<b>PT-142</b>	3350.00	185.778	179.225	724,446.357	3, 956,950.427
<b>PT-143</b>	3375.00	185.849	179.382	724,452.958	3, 956,926.314
<b>PT-144</b>	3400.00	185.816	180.493	724,459.560	3, 956,902.202
<b>PT-145</b>	3425.00	185.679	180.788	724,466.161	3, 956,878.089
<b>PT-146</b>	3450.00	185.438	180.694	724,472.762	3, 956,853.976
<b>PT-147</b>	3475.00	185.093	179.821	724,479.364	3, 956,829.864
<b>PT-148</b>	3500.00	184.644	178.201	724,485.965	3, 956,805.751
<b>PT-149</b>	3525.00	184.091	176.960	724,492.567	3, 956,781.638
<b>PT-150</b>	3550.00	183.434	177.052	724,499.168	3, 956,757.526
<b>PT-151</b>	3575.00	182.673	176.924	724,505.770	3, 956,733.413
<b>PT-152</b>	3598.10	181.878	176.649	724,511.870	3, 956,711.129
<b>PT-153</b>	3600.00	181.809	176.614	724,512.372	3, 956,709.301
<b>PT-154</b>	3625.00	180.863	175.476	724,519.240	3, 956,685.263
<b>PT-155</b>	3650.00	179.941	172.192	724,526.569	3, 956,661.362
<b>PT-156</b>	3675.00	179.203	167.120	724,534.356	3, 956,637.606
<b>PT-157</b>	3687.03	178.922	166.941	724,538.265	3, 956,626.231
<b>PT-158</b>	3700.00	178.672	167.976	724,542.538	3, 956,613.983
<b>PT-159</b>	3725.00	178.349	172.333	724,550.772	3, 956,590.378
<b>PT-160</b>	3750.00	178.234	176.329	724,559.006	3, 956,566.773
<b>PT-161</b>	3775.00	178.326	176.656	724,567.240	3, 956,543.167
<b>PT-162</b>	3800.00	178.569	177.247	724,575.474	3, 956,519.562
<b>PT-163</b>	3825.00	178.819	179.238	724,583.708	3, 956,495.957

<b>PT-164</b>	3850.00	179.069	181.027	724,591.942	3, 956,472.352
<b>PT-165</b>	3875.00	179.319	182.268	724,600.176	3, 956,448.747
<b>PT-166</b>	3900.00	179.551	182.224	724,608.410	3, 956,425.142
<b>PT-167</b>	3925.00	179.687	180.804	724,616.644	3, 956,401.537
<b>PT-168</b>	3950.00	179.719	180.102	724,624.878	3, 956,377.932
<b>PT-169</b>	3975.00	179.647	178.897	724,633.113	3, 956,354.327
<b>PT-170</b>	4000.00	179.472	177.362	724,641.347	3, 956,330.722
<b>PT-171</b>	4025.00	179.192	174.559	724,649.581	3, 956,307.117
<b>PT-172</b>	4050.00	178.808	172.146	724,657.815	3, 956,283.511
<b>PT-173</b>	4069.94	178.427	170.811	724,664.382	3, 956,264.685
<b>PT-174</b>	4075.00	178.320	170.562	724,666.048	3, 956,259.906
<b>PT-175</b>	4100.00	177.728	169.153	724,674.217	3, 956,236.278
<b>PT-176</b>	4125.00	177.062	167.776	724,682.111	3, 956,212.558
<b>PT-177</b>	4141.94	176.608	166.753	724,687.186	3, 956,196.398
<b>PT-178</b>	4150.00	176.392	166.317	724,689.500	3, 956,188.675
<b>PT-179</b>	4162.65	176.053	165.707	724,692.990	3, 956,176.521
<b>PT-180</b>	4175.00	175.722	165.443	724,696.240	3, 956,164.602
<b>PT-181</b>	4200.00	175.052	165.820	724,702.429	3, 956,140.380
<b>PT-182</b>	4225.00	174.382	166.028	724,708.294	3, 956,116.078
<b>PT-183</b>	4234.65	174.124	165.902	724,710.520	3, 956,106.693
<b>PT-184</b>	4250.00	173.712	165.577	724,714.059	3, 956,091.752
<b>PT-185</b>	4275.00	173.042	164.955	724,719.822	3, 956,067.425
<b>PT-186</b>	4300.00	172.373	164.284	724,725.586	3, 956,043.099
<b>PT-187</b>	4325.00	171.703	163.755	724,731.349	3, 956,018.772
<b>PT-188</b>	4350.00	171.033	158.336	724,737.112	3, 955,994.445
<b>PT-189</b>	4375.00	170.363	159.530	724,742.875	3, 955,970.119
<b>PT-190</b>	4400.00	169.693	163.993	724,748.638	3, 955,945.792
<b>PT-191</b>	4425.00	169.023	165.200	724,754.402	3, 955,921.466
<b>PT-192</b>	4450.00	168.353	166.449	724,760.165	3, 955,897.139
<b>PT-193</b>	4475.00	167.684	166.137	724,765.928	3, 955,872.812
<b>PT-194</b>	4500.00	167.014	165.624	724,771.691	3, 955,848.486
<b>PT-195</b>	4525.00	166.344	164.054	724,777.454	3, 955,824.159
<b>PT-196</b>	4550.00	165.721	162.908	724,783.218	3, 955,799.832
<b>PT-197</b>	4575.00	165.198	161.439	724,788.981	3, 955,775.506
<b>PT-198</b>	4600.00	164.676	160.552	724,794.744	3, 955,751.179
<b>PT-199</b>	4625.00	164.153	160.674	724,800.507	3, 955,726.852
<b>PT-200</b>	4650.00	163.630	159.365	724,806.271	3, 955,702.526
<b>PT-201</b>	4675.00	163.107	159.533	724,812.034	3, 955,678.199
<b>PT-202</b>	4700.00	162.585	158.182	724,817.797	3, 955,653.872
<b>PT-203</b>	4725.00	162.062	158.249	724,823.560	3, 955,629.546
<b>PT-204</b>	4750.00	161.539	157.028	724,829.323	3, 955,605.219
<b>PT-205</b>	4775.00	160.954	156.550	724,835.087	3, 955,580.893

<b>PT-206</b>	4800.00	160.264	156.655	724,840.850	3, 955,556.566
<b>PT-207</b>	4825.00	159.471	156.090	724,846.613	3, 955,532.239
<b>PT-208</b>	4850.00	158.574	155.098	724,852.376	3, 955,507.913
<b>PT-209</b>	4875.00	157.573	153.863	724,858.139	3, 955,483.586
<b>PT-210</b>	4900.00	156.467	152.149	724,863.903	3, 955,459.259
<b>PT-211</b>	4925.00	155.259	150.524	724,869.666	3, 955,434.933
<b>PT-212</b>	4950.00	154.009	149.724	724,875.429	3, 955,410.606
<b>PT-213</b>	4975.00	152.759	148.226	724,881.192	3, 955,386.279
<b>PT-214</b>	5000.00	151.509	146.346	724,886.955	3, 955,361.953

## Les éléments des profils en long

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
<b>D1</b>	PENTE= 1.60%	174.274	0.00	219.617
<b>PAR1</b>	S= 252.40 Z=223.656	156.260	174.27	222.406
	R = 6,010.000			
<b>D2</b>	PENTE= -1.00%	101.435	330.53	222.874
<b>PAR2</b>	S= 462.07 Z=221.559	60.200	431.97	221.860
	R = 3,010.000			
<b>D3</b>	PENTE= 1.00%	4.347	492.17	221.860
<b>PAR3</b>	S= 565.74 Z=222.596	138.447	496.52	221.904
	R = 6,010.000			
<b>D4</b>	PENTE= -1.30%	205.867	634.96	221.693
<b>PAR4</b>	S= 857.07 Z=218.798	32.475	840.83	219.010
	R = 6,010.000			
<b>D5</b>	PENTE= -1.84%	168.076	873.30	218.499
<b>PAR5</b>	S= 1046.06 Z=215.313	9.357	1041.38	215.399
	R = 3,010.000			

<b>D6</b>	PENTE= -1.53%	93.929	1050.74	215.241
<b>PAR6</b>	S= 1200.06 Z=212.952	110.777	1144.67	213.801
	R = 6,010.000			
<b>D7</b>	PENTE= -3.38%	129.304	1255.44	211.082
<b>PAR7</b>	S= 1451.81 Z=204.452	134.127	1384.75	206.716
	R = 3,010.000			
<b>D8</b>	PENTE= 1.08%	112.158	1518.87	205.176
<b>PAR8</b>	S= 1724.57 Z=207.397	187.084	1631.03	206.387
	R = 6,010.000			
<b>D9</b>	PENTE= -2.03%	259.072	1818.12	205.496
<b>PAR9</b>	S= 2139.85 Z=198.954	125.323	2077.19	200.228
	R = 6,010.000			
<b>D10</b>	PENTE= -4.12%	126.379	2202.51	196.374
<b>PAR10</b>	S= 2430.45 Z=186.986	203.126	2328.89	191.169
	R = 3,010.000			
<b>D11</b>	PENTE= 2.63%	36.060	2532.02	189.657
<b>PAR11</b>	S= 2692.18 Z=193.870	248.213	2568.08	190.606
	R = 6,010.000			
<b>D12</b>	PENTE= -1.50%	422.020	2816.29	192.008
<b>PAR12</b>	S= 3276.39 Z=185.107	76.153	3238.31	185.678
	R = 3,010.000			
<b>D13</b>	PENTE= 1.03%	3.210	3314.46	185.499
<b>PAR13</b>	S= 3462.90 Z=187.028	290.453	3317.67	185.532
	R = 6,010.000			
<b>D14</b>	PENTE= -3.80%	28.791	3608.13	181.505

<b>PAR14</b>	S= 3709.20 Z=177.661	144.565	3636.92	180.410
	R = 3,010.000			
<b>D15</b>	PENTE= 1.00%	103.645	3781.48	178.384
<b>PAR15</b>	S= 3995.69 Z=180.526	221.136	3885.13	179.421
	R = 6,010.000			
<b>D16</b>	PENTE= -2.68%	426.891	4106.26	177.564
<b>PAR16</b>	S= 4542.01 Z=165.888	17.721	4533.15	166.125
	R = 3,010.000			
<b>D17</b>	PENTE= -2.09%	196.579	4550.87	165.703
<b>PAR17</b>	S= 4834.88 Z=159.765	174.846	4747.45	161.593
	R = 6,010.000			
<b>D18</b>	PENTE= -5.00%	148.331	4922.30	155.394

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

Elément	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
<b>DR1</b>	ANG=131.8870 (g)	10.648	0.00	723,081.160	3, 959,922.122
<b>ARC2</b>	XC=722,466.243 YC=3, 958,776.700	610.345	10.65	723,090.501	3, 959,917.009
	R=1,300.000				
<b>DR3</b>	ANG=161.7761 (g)	35.974	620.99	723,538.871	3, 959,511.186
<b>ARC4</b>	XC=722,486.568 YC=3, 958,747.018	354.775	656.97	723,559.196	3, 959,481.504
	R=1,300.000				
<b>ARC5</b>	XC=724,948.363	157.068	1011.74	723,717.466	3, 959,165.218
	YC=3, 959,583.418				
	R=1,300.000				
<b>DR6</b>	ANG=171.4579 (g)	433.182	1168.81	723,776.844	3, 959,019.909
<b>ARC7</b>	XC=722,793.095 YC=3, 958,066.031	235.445	1601.99	723,964.614	3, 958,629.539
	R=1,300.000				
<b>DR8</b>	ANG=182.9879 (g)	1,760.667	1837.44	724,046.954	3, 958,409.305
<b>ARC9</b>	XC=725,765.730 YC=3, 957,054.403	88.923	3598.10	724,511.870	3, 956,711.129
	R=1,300.000				
<b>DR10</b>	ANG=178.6332 (g)	382.911	3687.03	724,538.265	3, 956,626.231
<b>CLO11</b>	A=254.558 R=900.000	72.000	4069.94	724,664.382	3, 956,264.685
<b>DR12</b>	ANG=185.1909 (g)	791.973	4234.65	724,710.520	3, 956,106.693