

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 departement



N° d'ordre : M/GCA/2020

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Voies et ouvrages d'art

Thème

**ETUDE DE LA DEUXIEME ROCADE SUD D'ORAN
SECTION BELGAID-EL KERMA
LOT 5 DU PK 17+000 AU PK21+000**

Présenté par :

Mr. BENHAMZA MEHDI

Mr. AZIL REDOUANE ABDELKADER

Soutenu le 25/06/2020 devant le jury composé de :

Président : Mme. ELMASECRI SETTI.

Examineur : Mr. TALIA AHMED.

Encadrant : Mr. ROUAM SERIK MOHAMED.

Année Universitaire : 2019 / 2020

Dédicaces

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur. Maman (Chacha) que j'adore. Elle a œuvré pour ma réussite, de par son amour et son soutien, tous les sacrifices et ses conseils précieux. Je tiens à dédier ce travail à elle.

A mon père (Kamel), mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, que dieu te bénisse.

A mon frère (Slimane) et à ma sœur (Namira) et ma fiancée (Lila) qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour.

Et je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements. Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études supérieures, mes aimables amis LAGRA HAMZA, DAHO AMIR ABDELKADER, BENDADI MOHAMED EL AMINE, MOHAMED (kiwi) et ainsi que mon binôme et mon fréro AZIL REDOUANE ABDELKADER.

Merci d'être toujours là pour moi.



BENHAMZA MEHDI

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond amour :

A celle qui m'a arrosé de tendresse et d'espoir, à la source d'amour incessible, a la mère des sentiments fragile qui ma bene par ces prière,
(Djamila) ma mère

A mon support dans ma vie, qui m'a appris ma supporté et ma dirigé vers la gloire, (Habib) mon père

A mon cher frère Mohamed El Amine ainsi que mes chères sœurs Nawal et Fatima et ma jumelle Amina

A toutes les personnes de ma grande famille

A mes meilleurs amies : Daho amir abdelkader ,Lagra Hamza , Bendadi med El Amine ,KIWI et sans oublier mon binôme et mon frère :Benhamza Mehdi

Merci d'être toujours là pour moi.

AZIL REDOUANE ABDELKADER

Remerciements

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire.

Tout d'abord, nous remercions profondément nos familles qui nous ont soutenues durant tout le cursus.

Ensuite, ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide et l'encadrement de Mr. ROUAM. On le remercie pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, sa rigueur et sa disponibilité durant notre préparation de ce mémoire.

Nos remerciements s'adressent au chef de département Mr. BOUHALOUFA pour son soutien moral et ses encouragements.

Nous sommes reconnaissant de l'honneur que nous ont fait Mr (TALIA AHMED) et Mme. (ELMASECRI SETTI) en étant examinateur et président du jury en acceptant d'examiner ce travail.

On saisit également cette opportunité pour remercier l'ensemble des enseignants qui ont contribué à notre formation et tout le personnel administratif du département de génie civil.

On remercie aussi l'ingénieur Mr BENALI MEJDOUB qui nous a éclairé le chemin de notre recherche «étude d'une route » sans qui tout cela n'aurait été possible car il a eu l'élégance de nous accueillir au sein de son chantier. Il nous a beaucoup donné et nous a laissé vivre le moment.

Nos remerciements s'adressent également à tous nos professeurs pour leurs générosités et la grande patience dont ils ont su faire preuve malgré leurs charges académiques et professionnelles.

Nos profonds remerciements vont également à toutes les personnes qui nous ont aidés et soutenus de près ou de loin.



Résumé

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

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

Ce projet présente une étude Géotechnique et géométrique de la deuxième rocade sud d'Oran section BELGAID-El KERMA lot 5 du (PK17+000 au PK21+000).

Cette étude se compose de deux parties :

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

Summary

Our end of studies project is concerned in the Field of the infrastructures of transport, and in particular the roads.

The road is considered as 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 second ring road South of Oran section BELGAID-El KERMA (PK17+000 to PK21+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 متري 17 إلى النقطة الكيلو مترية 21).

تتكون هذه الدراسة من جزأين:

• الجزء الأول: دراسة ببليوغرافية.

• الجزء الثاني: دراسة هندسية

Liste des tableaux

Chapitre II	Normes géométriques et données de base	
Tableau n°1 : Dénivelé de chaque profil		22
Tableau n°2 : Détermination de nature des terrains		23
Tableau n°3 : sinuosité norme B40		24
Tableau n°4 : Environnement de la route		24
Tableau n°5 : Vitesse de référence		25
Chapitre III	Etude du trafic	
Tableau n°6 : Valeurs du coefficient P		29
Tableau n°7 : Valeurs de K1 en fonction de l'environnement		30
Tableau n°8 : Valeurs de K2 en fonction de l'environnement		30
Tableau n°9 : Valeurs de capacité théorique		30
Chapitre IV	Paramètre cinématique	
Tableau n°10 : coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40		35
Tableau n°11 : Les valeurs de temps de perception réaction t en fonction de E ,CAT, et vr		36
Tableau n°12 : lois de distance d'arrêt		36
Tableau n°13 : Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse		37
Chapitre V	Trace en plan	
Tableau n°14 : Dévers en fonction de l'environnement		42
Tableau n°15 : dévers		43
Tableau n°16 : Valeur du coefficient ft		43
Tableau n°17 : Valeur du coefficient <<F''>>		43
Tableau n°18 : Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques		43
Tableau n°19 : Les rayons en plan selon B40		44
Chapitre VI	Profil en long	
Tableau n°20 : valeur de déclivité maximale		51
Tableau n°21 : Rayons convexes (angle saillant)		53
Tableau n°22 : Rayons concaves (angle rentrant)		54
Tableau n°23 : Valeur de tangente et de flèche		57
Chapitre IX	Dimensionnement du corps de chaussée	
Tableau n°24 : Coefficient d'équivalence des matériaux		74
Chapitre X	Etude géotechnique	
Tableau n°25 : Nature du sol en fonction d'E.S		88
Tableau n°26 : Qualification des horizons en fonction de leur teneur en calcaire total selon GEPPA		93
Chapitre XII	Signalisation	
Tableau n°27 : Modulation de la ligne continue		109

Liste des figures

Partie I	
Chapitre I : Les rocade en Algérie	
Figure n°1 : La deuxième rocade sud d'Alger	04
Figure n°2 : La 4 ^{ème} rocade d'Alger	05
Figure n°3 : localisation géographique du 4 ^{ème} boulevard périphérique d'Oran	05
Figure n°4 : Localisation géographique de la rocade de Chlef	
Chapitre II : Les rocade à travers le monde	
Figure n°5 : le boulevard périphérique au niveau de la porte d'Auteuil	08
Figure n°6 : La rocade 1 de rabat –salé (Maroc)	08
Figure n°7 : Rocade interne de Porto (Portugal)	09
Figure n°8 : Premier périphérique du Kuwait	09
Partie II	
Chapitre I : Présentation du projet	
Figure n°9 : Limitrophe de la Wilaya d'Oran	12
Figure n°10 : Carte géographique d'Oran	12
Figure n°11 : Carte du réseau routier de la wilaya d'Oran	14
Figure n°12 : Carte qui présente le site	15
Chapitre IV : Paramètre cinématique	
Figure n°13 : Distance de freinage	34
Figure n°14 : Temps de réaction	35
Figure n°15 : Distance d'arrêt	36
Chapitre v : Trace en plan	
Figure n°16 : Eléments géométriques constituant le trace en plan	40
Figure n°17 : Elément de la clothoïde	45
Chapitre VI : Profil en long	
Figure n°18 : Raccordement convexe et concave	52
Figure n°19 : Visibilité	53
Figure n°20 : Détermination du profil en long	54
Chapitre VII : Profil en travers	
Figure n°21 : Elément du profil en travers	59
Figure n°22 : Profil en travers (cas d'un déblai)	61
Figure n°23 : Profil en travers (cas d'un remblai)	61
Figure n°24 : Profil en travers (cas mixte)	62
Chapitre VIII : Cubature	
Figure n°25 : Volume déblai, remblai	65
Figure n°26 : Calcul volume déblai, remblai	65
Chapitre IX : Dimensionnement du corps de chaussée	
Figure n°27 : Coupe type d'une chaussée souple	71
Figure n°28 : La différente catégorie de chaussée	72
Figure n°29 : Les couches de corps de chaussée	76
Chapitre x : Etudes géotechnique	
Figure n°30 : Matériel d'essai teneur en eau	81
Figure n°31 : Analyse granulométrique	83
Figure n°32 : Tamisage électrique et manuel	83
Figure n°33 : Méthode d'essai	84
Figure n°34 : Mode opératoire 01	84
Figure n°35 : Mode opératoire 02	86
Figure n°36 : Matériel utilise s dans l'essai équivalent de sable	86

Figure n°37 : L'essai d'équivalent de sable	87
Figure n°38 : Matériels utilisés	89
Figure n°39 : Limite de plasticité	91
Figure n°40 : Appareillage	91
Figure n°41 : Tamisage de l'échantillon photo	92
Figure n°42 : pesé l'échantillon	92
Figure n°43 : Mode opératoire de l'essai carbonate	92
Figure n°44 : Modalité d'exécution des essais Proctor modifié	93
Figure n°45 : Matériel de l'essai Proctor	94
Figure n°46 : Les étapes de l'essai Proctor	95
Figure n°47 : Matériels d'essai CBR	95
Figure n°48 : Matériels d'essai CBR	96
Figure n°49 : Appareil de compacité (nucléo-densimètre)	98
Figure n°50 : Exemple d'un essai de carottage	100
Chapitre XII : Signalisation	
Figure n°51 : Flèche de rabattement	110
Figure n°52 : Flèche de sélection	111
Figure n°53 : Marque sur la chaussée	112
Figure n°54 : Schéma de signalisation stop sur chaussée	112
Figure n°55 : Implantation du panneau stop sur l'accotement	112
Figure n°56 : Schéma de marquage par hachures	113
Figure n°57 : Les signaux de danger type A	113
Figure n°58 : Les signaux d'intersection et de priorité de type B	114
Figure n°59 : Les signaux d'interdiction de type C	114
Figure n°60 : Les signaux d'obligation signe type B	115
Figure n°61 : Panneaux spéciaux (type A)	115
Figure n°62 : Les signaux d'identification des routes (type E)	116
Figure n°63 : Panneaux du rentré et de la sortie d'une autoroute	116
Figure n°64 : Paramètre de l'implantation des luminaires	118

Nomenclatures

B40 : les normes algériennes routière

TJMA : le trafic journalier moyen annuel

VB : vitesse de bas

Teff : trafic effectif.

K1, K2 : coefficients correcteur

C th: 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).

C1 : catégorie de la route.

PL : poids lourds.

BB : béton bitumineux.

G.N.T : grave non traité.

GB : grave bitume.

GT : grave traité.

GC : grave ciment

SD : sable de dune

INTRODUCTION GENERALE

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.

Le réseau routier joue un rôle essentiel dans le développement d'un pays car il représente une base sur laquelle se fonde plusieurs secteurs tels que le transport des biens et des personnes ; donc il est le moyen vital de l'économie et du développement social d'un pays. Ainsi la croissance socio- économique impose au secteur des travaux publics l'extension de réseau routier

La route joue un rôle moteur dans l'aménagement du territoire, elle favorise l'implantation d'activités économique et industrielles et réduit les couts de transport et donc de production Actuellement, en Algérie le trafic routier a connu une évolution rapide.

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. Il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes. Ceci pousse à mener des études de dédoublement.

D'où l'importance de notre étude, qui consiste à faire l'étude de la deuxième rocade sud d'Oran section Belgaid El Kerma lot 5 du PK 17+000 au PK 21+000

Chapitre I

Les Rocades en Algérie

Introduction :

Appelée plus couramment "périphérique" dans le code de la route, c'est une voie rapide qui fait le tour d'une ville pour éviter d'encombrer les centres villes. En règle générale, la vitesse y est limitée à 110 Km/h, mais cette vitesse peut être abaissée en fonction de la densité de la circulation routière.

I.1.1. La Deuxième rocade Sud d'Alger

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



Figure n°1 : la deuxième rocade Sud d'Alger

I.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.

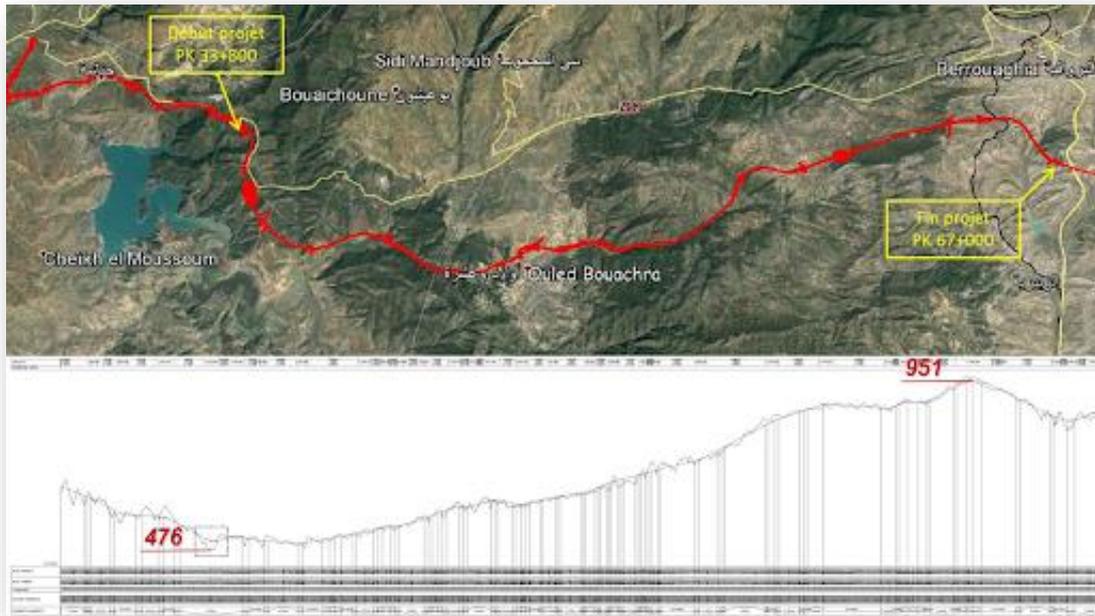


Figure n°2 : La 4ème Rocade d’Alger

II.1.3. 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°3 : localisation géographique du 4eme boulevard périphérique d’Oran

II.1.4. 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 2008¹ 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°4 : Localisation géographique de la rocade de Chlef.

Chapitre II

Les rocades à travers le monde

II.1.1. Rocade en France :

Le boulevard périphérique de Paris, appelé localement Boulevard périphérique, est une voie circulaire, d'une longueur de 35,04 km, qui fait le tour de la ville de Paris. Son nom est souvent abrégé en « le Périphérique » et même « le Périph' » par les utilisateurs réguliers ; il est indiqué par le sigle « BP » sur les panneaux de signalisation



Figure n°5 : Le boulevard périphérique au niveau de la porte d'Auteuil.

II.1.2. La rocade 1 de Rabat-Salé (Maroc)

La rocade 1 de Rabat-Salé, est une voie-express de 19 km contournant les villes de Rabat et Salé et évitant ainsi aux véhicules, la traversée par le centre-ville. Cette rocade de 2x2 voies est gratuite pour tous les types de véhicules. Elle a été inaugurée en 1995, à l'occasion de l'entrée en service de l'autoroute Salé – Kénitra¹.

Elle a subi entre 2017 et 2019 divers aménagements notamment la construction de 5 trémies au niveau de Hay Riad et le passage 3x voies sur la totalité du parcours.



Figure n°6 : La rocade 1 de Rabat-Salé(Maroc)

II.1.3. Rcade interne de porto (Portugal)

La rocade interne de Porto (en portugais : *Via de Cintura Interna*, abrégée *VCI*) est une autoroute urbaine en forme d'anneau (de type périphérique) qui contourne la zone centrale des noyaux urbains de Porto et Vila Nova de Gaia sur une longueur totale de 21 km.

Cette autoroute est gratuite



Figure n°7 : rocade interne de Porto (Portugal)

II.1.4. Premier périphérique du Kuwait

Le Premier périphérique améliorera grandement l'accès au centre-ville de Koweït, tout en réduisant la congestion routière. La portion Sud de la route est en exploitation depuis déjà une décennie, tandis que la portion Nord se trouve actuellement en construction.

La portion Nord, une fois terminée, fermera la boucle de 9 milles (15 km) de long et simplifiera ainsi grandement la circulation dans la ville de Koweït et aux alentours.



Figure n°8 : Premier périphérique du Kuwait

Chapitre I

Présentation du projet

I.2.1. Présentation de la wilaya d'Oran

Oran, surnommée « la radieuse », est la deuxième ville d'Algérie et une des plus importantes du Maghreb. C'est une ville portuaire de la Méditerranée, située au nord-ouest de l'Algérie, à 432 km de la capitale Alger, et le chef-lieu de la wilaya du même nom, en bordure du golfe d'Oran. Cette wilaya a su préserver son identité tout en s'imprégnant de l'influence de ses occupants successifs.

La ville est bordée à l'est par la wilaya de Mostaganem, au sud-est par celle de Mascara, au sud-ouest par celle de Sidi-Bel-Abbès et à l'ouest par celle d'Aïn Témouchent. Son indicatif téléphonique est +213 (0)41.

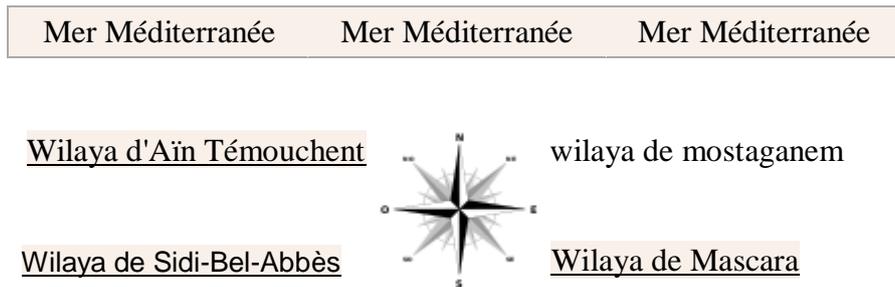


Figure n°9 : limitrophe de la wilaya d'Oran

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

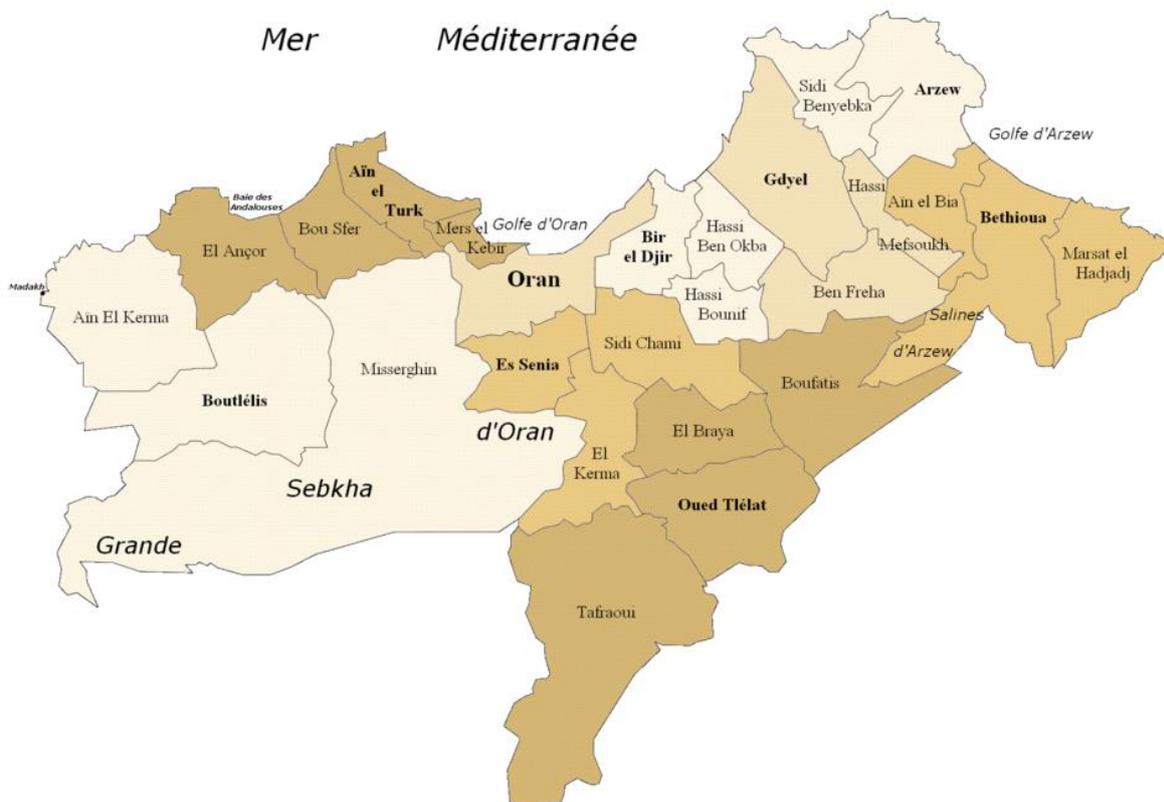


Figure n°10 : carte géographique de la wilaya d'Oran

- **Taux de croissance de la population :**
 - Le taux d'accroissement annuel moyen de la wilaya était de 2,45%.
 - Répartition de la population occupée par secteur d'activité
 - BTPH : 36%
 - Commerces : 18%
 - Transport & communication : 9%
 - Hôtellerie et restauration : 8%
 - Industrie : 6%

- **Daïra et nombre de communes :**
 - 9 Daïras.
 - 26 communes.
- **Infrastructures de base existantes :**
 - **Réseau routier :**
 - Routes nationales et rocares 187KM
 - Chemins de wilaya et rocares 592KM
 - Chemins communaux 274KM

 - **Infrastructures portuaires :**

La wilaya compte trois ports possédant :

 - Port d'Oran : 2^{ème} Port commercial du pays.
 - Port d'Arzew : 1^{er} Port pétrolier du pays.
 - Port de BETHIOUA : Port pétrolier du pays

- **Climatologie :**

Le climat d'Oran est dit tempéré chaud. En hiver, les pluies sont bien plus importantes à Oran qu'elles ne le sont en été. Selon la classification de Koppen-Geiger, le climat est de type Csa. La température moyenne annuelle est de 18.1 °C à Oran. Il tombe en moyenne 376 mm de pluie par an.

Une différence de 61 mm est enregistrée entre le mois le plus sec et le mois le plus humide. La température moyenne au court de l'année varie de 13.0 °C.

Aout est le mois le plus chaud de l'année. La température moyenne est de 25.2 °C à cette période. Le mois le plus froid de l'année est celui de Janvier avec une température moyenne de 12.2 °C.

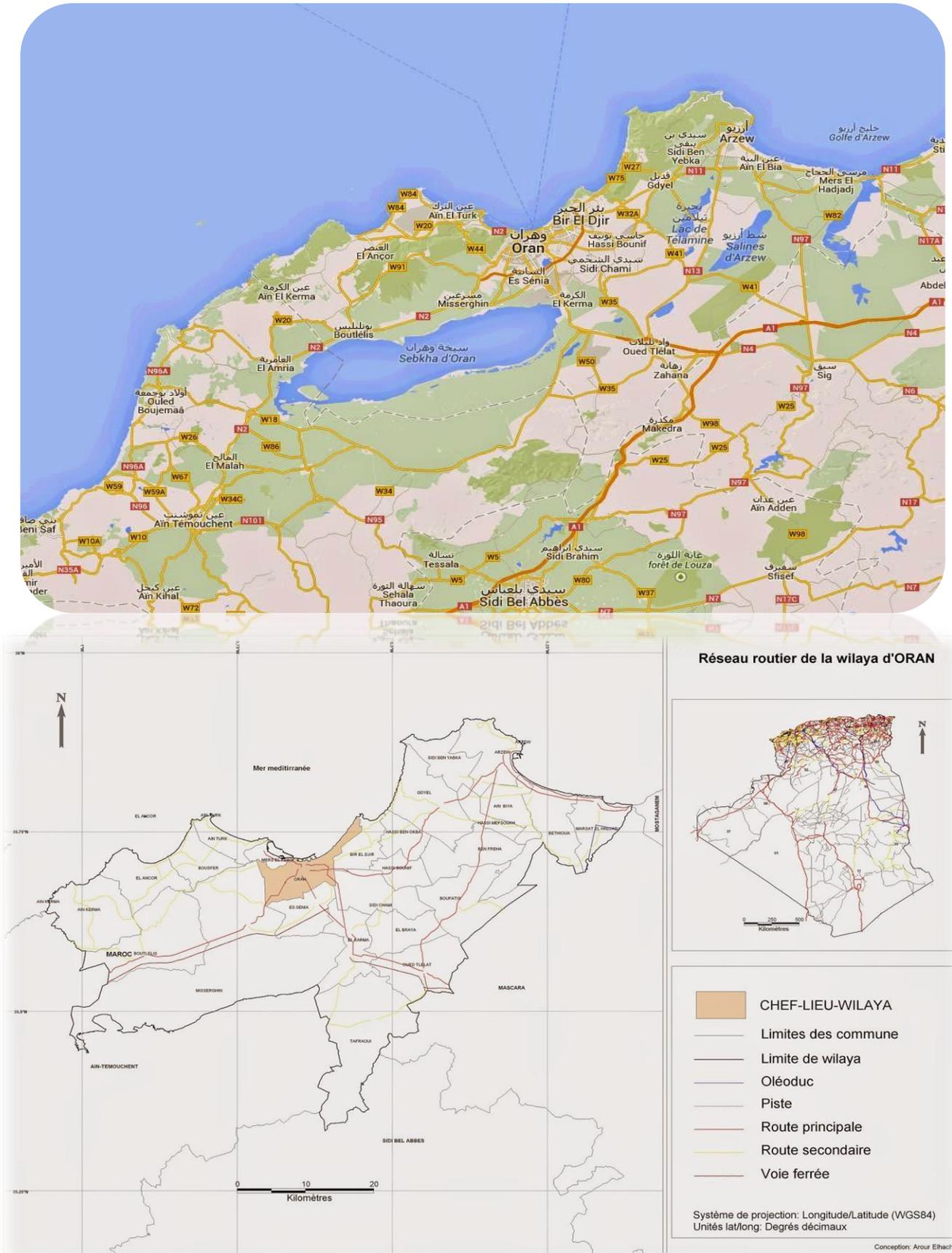


Figure n°11 : carte du réseau routier de la wilaya d'Oran.

I.2.2. Présentation du 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 national N°4.

Tout ce flux va être canalisé par cette deuxième rocade. Notre projet consiste a étudié le lot N°5 du PK 17+000 au PK 21+000. Cette section dans 02 communes à savoir la commune de Sidi Chahmi et la commune d'El Kerma



Figure n°12 : carte qui présente le site

I.2.3. Justification du 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'économique du citoyen et du pays.

I.2.4. Objectif du projet

L'objectif de cette étude est la prise en charge des flux actuels et futurs, de fluidifier la circulation.

Le travail est structuré de ce plan :

- Présentation et justification du projet.
- Etude de trafic.
- La géométrie de la route (tracé en plan, profil en long, profil en travers).
- Etude géométrique et dimensionnement de corps de chaussée.
- Etude d'assainissement.
- Dispositifs de sécurité et de signalisation.
- Devis estimatif et quantitatif.

I.2.5. levé topographique

Pour effectuer l'étude, le levé topographique nous a très utile, pour les raisons suivantes :

1. Le levé topographique représente la forme du terrain et des détails qui s'y trouvent, donc, il reflète la réalité du projet tel qu'il est avant la modernisation.
2. Le nivellement, parti nécessaire du levé, qui permet de donner une cote exacte des points dans chaque profil.
3. Il permet la correction de dévers (soit en courbe ou en alignement).
4. Il permet d'avoir un devis quantitatif plus exact.

Il consiste à relever le maximum de points caractérisant le changement du relief, sous forme de profils perpendiculaires à l'axe de la route existante, sur une bande allant de 50 m à 70 m de part et d'autre de ce dernier.

Chaque profil du levé est constitué par un minimum de onze(11) points. Ces points sont choisis d'une façon suivante :

- ❖ Deux points repérant exactement les bords de chaussée.
- ❖ Deux points délimitant la plateforme existante.
- ❖ Deux points délimitant le haut des fossés.
- ❖ Deux points délimitant le bas des fossés.
- ❖ Deux points délimitant la limite des accotements.
- ❖ Un point repérant l'axe existant.

Ceci étant le minimum, mais certains profils sont composés de plusieurs autres points afin de repérer l'un ou plusieurs des éléments suivants :

Un changement de pente de terrain, de thalweg, un poteau téléphonique ou électrique, un ouvrage, quelle qu'elle soit telle qu'un mur de clôture, ouvrage busé, dalot, construction, piste, un chemin faisant intersection avec la route, etc...

En agglomération, tous les détails possibles sont relevés tels que l'éclairage public, regards, trottoirs, constructions, intersections.

Pour notre étude le lever topographique nous a été confié par la DTP d'Oran direction des travaux publics de la wilaya d'Oran

Chapitre II

Normes géométrique et données de base

II.2.1.Généralités :

L'exécution de chaque projet routier doit être précédée par une reconnaissance du terrain, à ce niveau se concert le rôle de l'étude géotechnique soit pour prévoir les matériaux et les méthodes adéquats aux travaux de terrassement dans la phase d'exécution. La d'étude.

II.2.2.Environment 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 σ

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=L1+L2+L3+...Ln).

Calcul de la dénivelée cumulée moyenne:

Tableaux :

point	PK	Distance partielle (m)	Z terrain naturelle	DH
721	17000	0	113,99	
722	17025	25	113,683	-0,307
723	17050	25	113,433	-0,25
724	17075	25	113,183	-0,25
725	17100	25	112,933	-0,25
726	17125	25	112,683	-0,25
727	17150	25	112,433	-0,25
728	17175	25	112,183	-0,25
729	17200	25	111,933	-0,25
730	17225	25	111,683	-0,25
731	17250	25	111,433	-0,25
732	17275	25	111,183	-0,25
733	17300	25	110,933	-0,25
734	17325	25	110,683	-0,25
735	17350	25	110,433	-0,25
736	17375	25	110,183	-0,25
737	17400	25	109,933	-0,25
738	17425	25	109,683	-0,25
739	17450	25	109,433	-0,25
740	17475	25	109,163	-0,27
741	17500	25	108,838	-0,325
742	17525	25	108,513	-0,325
743	17550	25	108,187	-0,326
744	17575	25	107,862	-0,325
745	17600	25	107,537	-0,325
746	17625	25	107,212	-0,325
747	17650	25	106,886	-0,326
748	17675	25	106,561	-0,325
749	17700	25	106,236	-0,325
750	17725	25	105,911	-0,325
751	17750	25	105,585	-0,326
752	17775	25	105,26	-0,325
753	17800	25	104,935	-0,325
754	17825	25	104,576	-0,359
755	17850	25	104,116	-0,46
756	17875	25	103,552	-0,564
757	17900	25	102,907	-0,645

758	17925	25	102,257	-0,65
759	17950	25	101,646	-0,611
760	17975	25	101,227	-0,419
761	18000	25	101,015	-0,212
762	18025	25	101,011	-0,004
763	18050	25	101,211	0,2
764	18075	25	101,476	0,265
765	18100	25	101,741	0,265
766	18125	25	102,006	0,265
767	18150	25	102,27	0,264
768	18175	25	102,488	0,218
769	18200	25	102,643	0,155
770	18225	25	102,737	0,094
771	18250	25	102,767	0,03
772	18275	25	102,735	-0,032
773	18300	25	102,641	-0,094
774	18325	25	102,484	-0,157
775	18350	25	102,265	-0,219
776	18375	25	101,987	-0,278
777	18400	25	101,697	-0,29
778	18425	25	101,407	-0,29
779	18450	25	101,184	-0,223
780	18475	25	101,165	-0,019
781	18500	25	101,353	0,188
782	18525	25	101,741	0,388
783	18550	25	102,182	0,441
784	18575	25	102,624	0,442
785	18600	25	103,04	0,416
786	18625	25	103,357	0,317
787	18650	25	103,57	0,213
788	18675	25	103,679	0,109
789	18681,93	6,93	103,691	0,012
790	18700	18,07	103,684	-0,007
791	18725	25	103,585	-0,099
792	18750	25	103,383	-0,202
793	18775	25	103,076	-0,307
794	18800	25	102,665	-0,411
795	18825	25	102,15	-0,515
796	18850	25	101,568	-0,582
797	18875	25	100,985	-0,583
798	18900	25	100,402	-0,583
799	18925	25	99,819	-0,583

800	18950	25	99,279	-0,54
801	18975	25	98,932	-0,347
802	19000	25	98,793	-0,139
803	19025	25	98,862	0,069
804	19050	25	99,139	0,277
805	19075	25	99,623	0,484
806	19100	25	100,245	0,622
807	19125	25	100,87	0,625
808	19150	25	101,495	0,625
809	19175	25	102,12	0,625
810	19200	25	102,745	0,625
811	19225	25	103,37	0,625
812	19250	25	103,995	0,625
813	19266,44	16,44	104,406	0,411
814	19275	8,56	104,62	0,214
815	19300	25	105,245	0,625
816	19325	25	105,859	0,614
817	19350	25	106,386	0,527
818	19375	25	106,809	0,423
819	19400	25	107,129	0,32
820	19425	25	107,412	0,283
821	19450	25	107,696	0,284
822	19475	25	107,98	0,284
823	19500	25	108,263	0,283
824	19525	25	108,547	0,284
825	19550	25	108,83	0,283
826	19575	25	109,114	0,284
827	19600	25	109,397	0,283
828	19625	25	109,681	0,284
829	19650	25	109,965	0,284
830	19675	25	110,248	0,283
831	19700	25	110,532	0,284
832	19725	25	110,815	0,283
833	19730,21	5,21	110,875	0,06
834	19750	19,79	111,099	0,224
835	19775	25	111,383	0,284
836	19800	25	111,666	0,283
837	19825	25	111,947	0,281
838	19850	25	112,154	0,207
839	19875	25	112,257	0,103
840	19900	25	112,256	-0,001
841	19925	25	112,151	-0,105

842	19950	25	111,942	-0,209
843	19975	25	111,629	-0,313
844	20000	25	111,211	-0,418
845	20025	25	110,691	-0,52
846	20050	25	110,129	-0,562
847	20075	25	109,567	-0,562
848	20100	25	109,005	-0,562
849	20125	25	108,444	-0,561
850	20150	25	107,882	-0,562
851	20175	25	107,32	-0,562
852	20200	25	106,758	-0,562
853	20225	25	106,196	-0,562
854	20250	25	105,634	-0,562
855	20275	25	105,072	-0,562
856	20300	25	104,511	-0,561
857	20325	25	103,949	-0,562
858	20350	25	103,387	-0,562
859	20375	25	102,825	-0,562
860	20400	25	102,263	-0,562
861	20425	25	101,711	-0,552
862	20450	25	101,317	-0,394
863	20475	25	101,052	-0,265
864	20500	25	100,79	-0,262
865	20525	25	100,527	-0,263
866	20550	25	100,265	-0,262
867	20558,85	8,85	100,172	-0,093
868	20575	16,15	100,002	-0,17
869	20600	25	99,74	-0,262
870	20625	25	99,477	-0,263
871	20650	25	99,215	-0,262
872	20675	25	98,952	-0,263
873	20700	25	98,69	-0,262
874	20725	25	98,427	-0,263
875	20750	25	98,165	-0,262
876	20775	25	97,902	-0,263
877	20800	25	97,64	-0,262
878	20825	25	97,377	-0,263
879	20850	25	97,115	-0,262
880	20875	25	96,852	-0,263
881	20900	25	96,589	-0,263
882	20920,59	20,59	96,373	-0,216
	Σ	3920,59	Σ	-17,617

Tableau n°1 : dénivelé de chaque profil.

Alors :

$$H/L = |-17,617/3920,59| = 0.004493$$

$$Dc = 0.45\%$$

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

Tableau n°2 : détermination de nature des terrains.

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

Sinuosité :

La sinuosité σ d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse L sur la longueur totale de l'itinéraire.

La longueur sinueuse Ls est la longueur des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m.

Calcul de la sinuosité :

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

Avec :

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

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

Tableau n°3 : Sinuosité norme B40.

Dans notre cas :

L= 4000m

Ls= 0

$\sigma =$



Caractéristique d'une sinuosité faible norme B40 (tableau3).

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

Tableau 4 : 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 (tableau4)

II.2.3.Catégorie de la route :

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

Les Cinq catégories de la route sont :

- **CAT 1** : liaison entre les grands centres économiques.
- **CAT 2** : liaison entre d'industrie de transformation et d'industrie légère.
- **CAT 3** : 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.2.4.La vitesse de référence :

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

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

Tableau n°5 : vitesse de référence.

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

Chapitre III

Etude du trafic

III.2.1.Introduction :

L'étude de trafic est une étape primordiale dans toute réflexion relative à un projet routier. Cette étude permettra de déterminer la virulence du trafic, son agressivité et aussi le type d'aménagement à réaliser. Le trafic journalier moyen annuel (TJMA) est nécessaire pour déterminer les différentes caractéristiques d'un tronçon routier (nombre de voies, type d'échanges et aussi dimensionnement de la chaussée). L'étude de trafic s'attachera à la connaissance des flux transitoires :

- De transit, lorsqu'il s'agira d'apprécier l'opportunité d'une déviation d'agglomération a nature des flux, pour déterminer les points d'échange
- Le niveau des trafics et leur évolution pour programmer dans le temps les Investissements
- Les mouvements directionnels permettant de définir les caractéristiques des échanges.
- Le niveau de trafic poids lourds déterminant directement le dimensionnement de la structure de la chaussée.

III.2.2. Analyse de trafic :

Pour connaître en un point et à un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage. Ces derniers nécessitent une logistique et une organisation appropriées

Les analyses de circulation sur les diverses artères du réseau routier sont nécessaires pour l'élaboration des plans d'aménagement ou de transformation de l'infrastructure, détermination des dimensions à donner aux routes et appréciation d'utilité des travaux projetés.

Les éléments de ces analyses sont multiples :

- Statistiques générales.
- Comptages sur routes (manuels, automatique).
- Enquêtes de circulation.

III.2.3. 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. En d'autres termes la déviation de trafic n'est qu'un transfert entre les différentes routes qui atteignent le même point

d) Trafic induit:

C'est le trafic résultant des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

c) Trafic total:

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

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. 2.4. 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.2.5. Calcul de 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 :

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

T_{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° 6 : valeurs du coefficient P

III.2.6. 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 :

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

Avec :

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

Q : est exprimé en UVP/h.

III.2.7. Débit horaire admissible : Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par la formule :

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

Avec :

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

Valeur de K1 :

Env	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.96

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

Valeur de K2 :

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

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

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

Capacité théorique :

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

Tableau n°9 : Valeurs de capacité théorique.

III.2.8.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
- 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 :

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

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

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

Calcul du Trafic effectif :

$$Teff = [(1-Z) +PZ].TMJA_h$$

Avec :

2P : coefficient d'équivalence pris pour le poids lourds pour une route de 3 voies et un environnement **E1** on a **P =2.5**.

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

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

$$\mathbf{Teff = 53128 \text{ uvp/j}}$$

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_{th} : 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 des nombres des voies :

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

Avec:

$$S = 2/3$$

$$N = 2/3 (6375/1350) = 2.98$$

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

Chapitre IV

Paramètre Cinématique

IV.2.1. 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

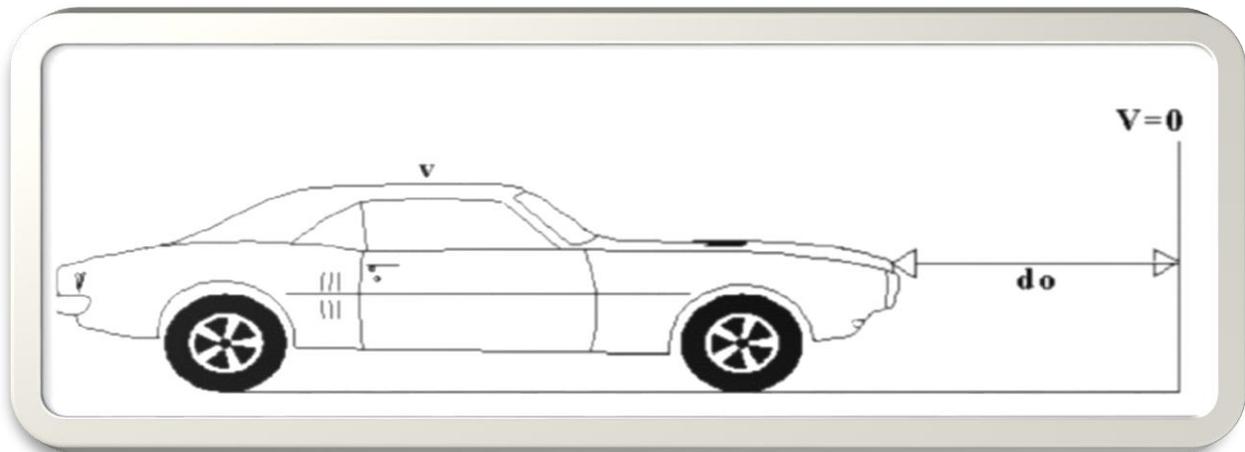


Figure n°13 : Distance de freinage.

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

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

Dans ce cas la formule d_0 sera :

$$\text{Rampe : } d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v r^2}{(f r_l + e)}$$

$$\text{Pente : } d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v r^2}{(f r_l - e)}$$

En palier (e=0) on aura :

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v r^2}{(f r_l)}$$

Vr : vitesse de référence en Km/h.

e : déclivité.

f_r: 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 _{rl}	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°10 : Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40.

Pour notre projet on a $f_l = 0.36$

IV.2.2. 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.

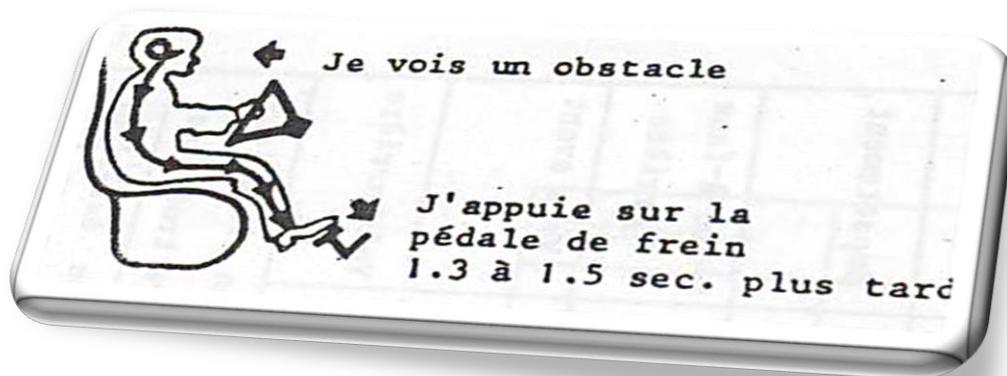


Figure n°14 : temps de réactions

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

Dans une attention concentrée

$t = 1.2$ s pour un obstacle imprévisible

$t = 0.6$ s pour un obstacle prévisible

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

$t = 2$ s pour des vitesses < 100 Km/h

$t = 1.8$ s pour des vitesses ≥ 100 Km/h

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

$$dl = v \times t$$

Avec :

v : m/s

t : s

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

IV.2.3.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).

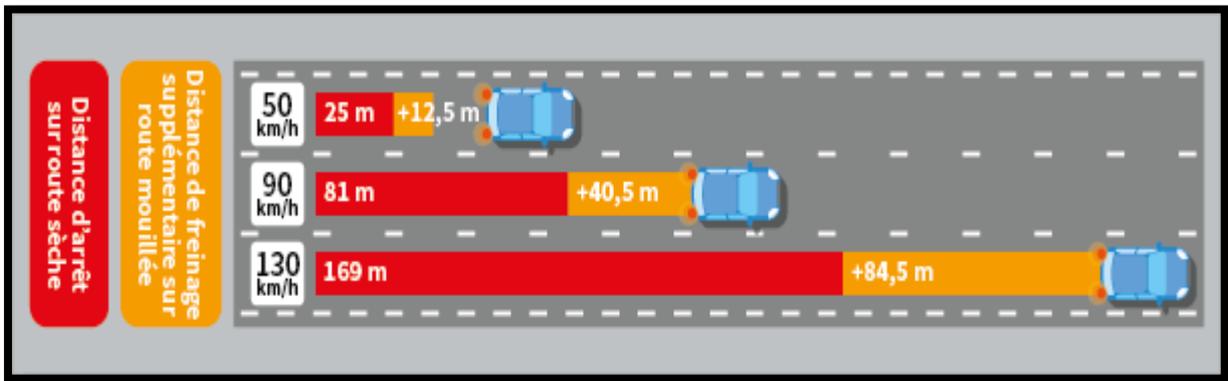


Figure n°15 : Distance d’arrêt.

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

Tableau n°12 : lois de distance d’arrêt.

D1 : distance d’arrête

D0 : distance de freinage

V : vitesse (km/h)

IV.2.4. Manœuvre de dépassement

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

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

dvd_m : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement moyenne

dvd_N : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement normale

dmd : Distance de visibilité de manœuvre et de dépassement

D'après le tableau des normes de B40, on tire les valeurs de dvd_m, dvd_n et dmd en fonction de la vitesse.

IV.2.5. Espacement entre deux véhicules

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.2.6. Application au projet : **EXEMPLE**

Distance de freinage :

Pour notre projet on a fl : 0.36

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

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

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

➤ En rampe : $e = +0.052$

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

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{100^2}{(0.36+0.052)} = 97.08 \text{ m}$$

➤ En pente : $e = -0.052$

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

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

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 : $d = 97.08 + (0.50 \times 100) = 147.08 \text{ m}$

➤ En pente : $d = 129.87 + (0.50 \times 100) = 179.87$

b) En courbe : $V_r 100 \text{ km/h}$ $t = 1.8\text{s}$ \longrightarrow $d = 1.25d_0 + 0.50V_r$

➤ En palier : $d = 111.11 \times 1.25 + (0.50 \times 100) = 188.89 \text{ m}$

➤ En rampe : $d = 97.08 \times 1.25 + (0.50 \times 100) = 171.35 \text{ m}$

➤ En pente : $d = 129.87 \times 1.25 + (0.50 \times 100) = 212.34 \text{ m}$

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

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

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

Espacement entre véhicules :

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

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

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

Chapitre V

Tracé en Plan

V.2.1.Introduction

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

Le tracé en plan est la représentation sur un plan horizontal de l'axe de la route, il est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes ; il est caractérisé par la vitesse de référence appelé ainsi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires a tout aménagement routier.

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

V.2.2. Les éléments du tracé en plan

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments géométriques :

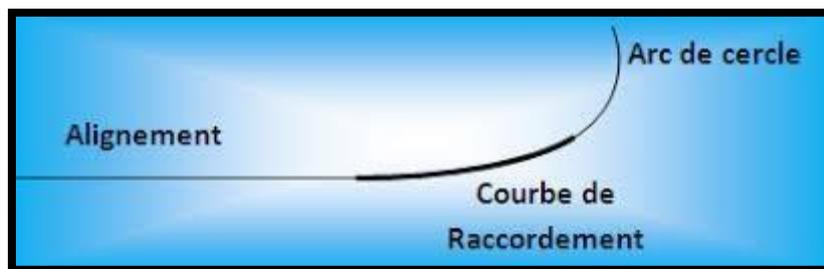


Figure n°16 : Éléments géométriques constituant le tracé en plan

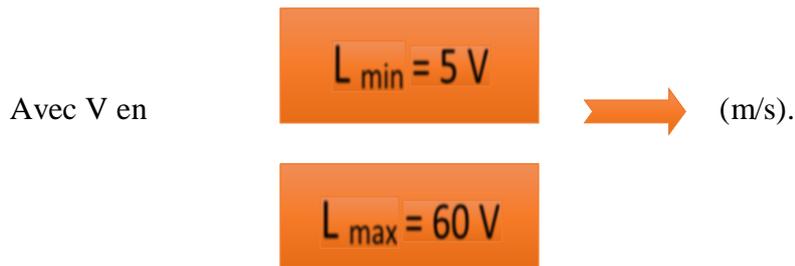
Les éléments du tracé en plans sont:

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

Alignements droit

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

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



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

- Réunion de 2 longues courbes par un alignement court
Solution : alignement à supprimer.
- Réunion de 2 longs alignements par une courbe courte s'est à dire de faible rayon
Solution : augmenter le rayon de sa courbe.

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'intérieur du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente

Remarque

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

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

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

V.2.3. Courbes en plan

- **Le rayon minimal absolu RHM:**

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

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

- **Le rayon minimal normal RHN :**

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

$$R_{Hn} = \frac{(Vr+20)^2}{127(d+ft)}$$

- **Le rayon au dévers minimal RHd :**

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

$$R_{Hd} = \frac{Vr^2}{127(2.d_{min})}$$

dmin = 2.5% en catégorie 1 – 2

dmin = 3% en catégorie 3– 4

• **Le rayon non déversé RHnd :**

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

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

Détermination des dévers m_{ax} et d_{min} :

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

Tableau n°15 : Dévers.

Détermination du coefficient transversal ft :

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°16 : Valeur du coefficient ft.

Détermination du coefficient F'' en fonction de la catégorie :

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

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

Tableau récapitulatif :

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

Tableau n°18 : Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques.

Rayons en plan d'après les normes B40 :

RHm =	250,00 m	RHN =	450,00 m	RHd =	1000,00 m	RHnd =	1400,00 m
d(RHm)=	7,0%	d(RHN)=	5,0%	d(RHd) =	2,5%	d(RHnd) =	-2,5%

Tableau n°19 : les rayons en plan selon B40

- $RHm = \frac{100^2}{127 \times (0.13 + 0.07)} = 393.7008 \text{ m}$

- $RHm = \frac{(100+20)^2}{127 \times (0.13 + 0.07)} = 566.9291 \text{ m}$

- $RHm = \frac{100^2}{127 \times 2 \times 0.025} = 1574.8032 \text{ m}$

- $RHm = \frac{100^2}{127 \times 0.0035} = 22497.1879 \text{ m}$

V.2.3.1. 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.2.3.2. Sur largeur

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

$S = 50 / R$ / R : rayon de l'axe de la route.

- ✚ KA: origine de la Clothoïde.
- ✚ KE : extrémité de la Clothoïde.
- ✚ ΔR : ripage : $\Delta R = L^2 / 24 * R$
- ✚ τ : angle des tangentes :
 $\tau = L / 2 * R$
- ✚ TC : tangente courte.
- ✚ TL : tangente longue
- ✚ σ : angle polaire.
- ✚ SL : corde KE KA.
- ✚ M: centre du cercle d abscisse X_m .
- ✚ X_m : abscisse du centre du cercle M à partir de KA.
- ✚ Y_m : ordonnée du centre du cercle M a partir de KA.
- ✚ X: abscisse de KE
- ✚ Y : ordonnée de KE

V.2.4.4. Longueur de Clothoïde

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

Condition d'optique :

La Clothoïde doit aider à la lisibilité de la route on amorce le virage, la rotation de la tangente doit être $\leq 3^\circ$ pour être perceptible a l'œil **$R > A \geq R/3$** .

❖ **Règle générale (B40):**

- $R \leq 1500\text{m}$ $\Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0,5 m) $L = \sqrt{24R\Delta R}$
- $1500 < R \leq 5000\text{m}$ $L \geq R/9$.
- $R > 5000\text{m}$ $\Delta R = 2,5\text{m}$ $L = 7,75\sqrt{R}$

Condition de confort dynamique :

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

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

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

v_r : vitesse de référence en (km/h)

Δd : variation de dévers.

R : rayon en (m).

Condition de gauchissement :

La demi chaussée extérieur au virage de C.R est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule le raccordement doit d'assurer à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation des dévers. A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversé et de son axe de tel sorte $\Delta p < 0,5/VR$

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

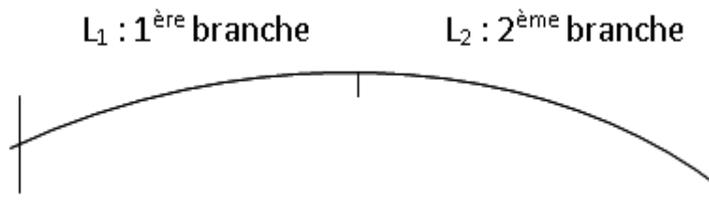
L : longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.

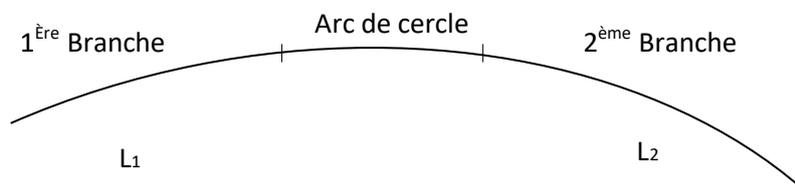
V.2.4.5. Vérification de non chevauchement

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



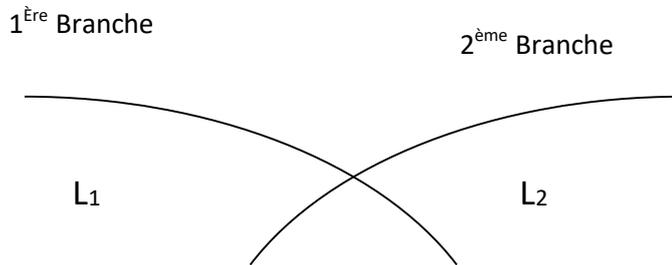
Clothoïde sans arc de cercle.

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



Clothoïde 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.2.1. Définition

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain suivant le plan vertical passant par l'axe de tracé, il est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leur déclivité; (pente sur rampe et des raccordements circulaires (ou parabolique) par leur Rayon).

Les profils en long ont été exécutés à l'échelle 1/1000 et 1/100 comme celle du levé topographique.

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.

VI.2.2. Règles à respecter dans le tracé de la ligne rouge

- Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- Éviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Éviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment :
- Éviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

VI.2.3. Eléments de composition du profil en long

Le profil en long est constitué d'une succession de segment de droites (rampes et pentes) raccordés par des courbes circulaires.

Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

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

VI.2.4. Coordination du tracé en plan du profil en long :

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

- ◆ Une vue satisfaisante de la route en sus des conditions de visibilité minimale.

- ◆ De prévoir de loin l'évolution de la trace.
- ◆ De distinguer clairement les dispositions des points singuliers (carrefours, passage souterraine ...etc.)

Pour éviter les défauts résultats d'une mauvaise coordination trace en plan –profil en long, les règles suivantes sont à suivre :

- Si le profil en long est convexe, augmenter le ripage du raccordement introduisant une courbe en plan.
- Avant un point haut, amorcer la courbe en plan.
- Lorsque le tracé en plan et le profil en long sont simultanément en courbe.
- Faire coïncider le plus possible les raccordements du tracé en plan et celle du profil en long (porter les rayons de raccordement vertical à 6 fois au moins le rayon en plan).

VI.2.5. PALIERS ET DÉCLIVITÉS :

Les paliers sont des sections de routes horizontales. Un véritable palier est à éviter, l'écoulement longitudinal des eaux y est mal assuré et une humidité néfaste à la chaussée tend à s'y maintenir pendant toute la mauvaise saison.

La déclivité est la tangente de l'angle que fait le profil en long avec l'horizontale. Elle est dénommée rampe si la route s'élève dans le sens du kilométrage, et pentes dans le cas contraire.

VI.2.5.1. Déclivité minimum

- Il est recommandable d'éviter les pentes inférieures à 1%, et surtout à 0.5% et ceci dans le but d'éviter la stagnation des eaux.
- Dans les longues sections en déblais on prend $I_{\text{mine}} = 0.5\%$ pour que les ouvrages de canalisation ne soient pas profonds.

VI.2.5.2. Déclivité maximum

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

- La réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe Max).
- L'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).

V_r (km/h)	40	60	80	100	120	140
I_{max}	8	7	6	5	4	4

Tableau n°20 : valeur de déclivité maximale.

Pour notre cas la vitesse $V_r = 100$ km/h donc la pente maximale $I_{\text{max}} = 5\%$

VI.2.6. Les raccordements en profil en long

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

LES TYPES DE RAYONS :

- ♣ Les rayons en angles rentrants (concaves).
- ♣ Les rayons en angle saillant (convexes).

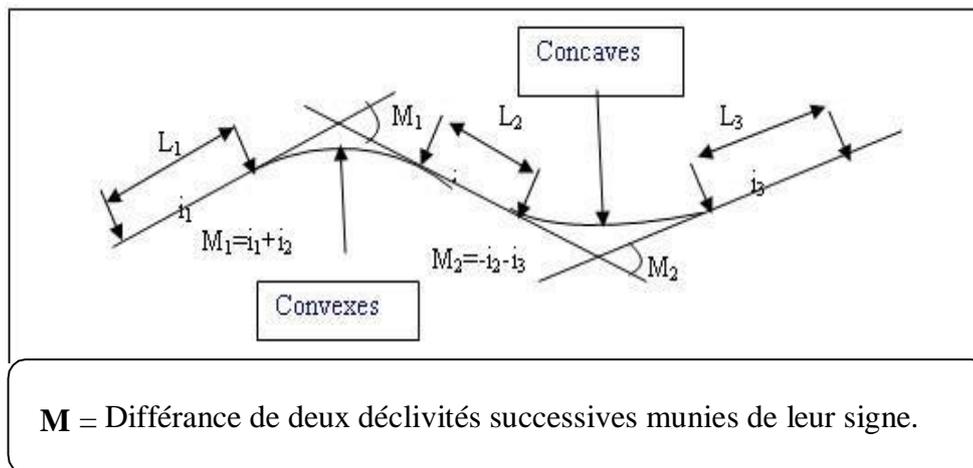


Figure n°18 : raccordement convexe et concave.

On distingue deux types de raccordements :

VI.2.6.1- RACCORDEMENTS CONVEXES (ANGLE SAILLANT) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants, sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité. Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

VI.2.6.1.1. Condition de confort

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à « $g/40$ (cat 1-2) et $g/30$ (Cat 3-4-5) », Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

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

D'où :

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

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

Tel que :

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

VI.2.6.1.2. Condition de visibilité

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

Il faut deux véhicules circulant en sens opposés puissent s'apercevoir a une distance double de la distance d'arrêt au minimum.

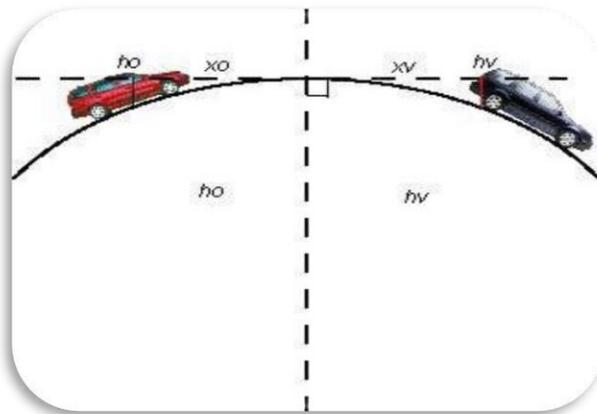


Figure n°19 : visibilité

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

- **d** : Distance d'arrêt (m).
- **h0** : Hauteur de l'oeil (m).
- **h1** : Hauteur de l'obstacle (m).

Dans le cas d'une route unidirectionnelle :

h0=1.1 m, **h1**= 0.15 m

On trouve : $R_v = a d_1^2$ $a = 0.24$ pour Cat **1-2**

$$R_v = 0.24 d_1^2$$

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	R_{vm1}	6 000
Min-normal	R_{VN1}	12 000
Dépassement	R_{VD}	20 000

Tableau n°21 : Rayons convexes (angle saillant).

VI.2.6.2. 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, on a :

Rayon	symbole	valeur
Min-absolu	R' Vm	3 000
Min-normal	R'VN	4 000

Tableau n°22 : Rayons concaves (angle rentrant).

VI.2.7. Détermination pratique du profil en long

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

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

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 P1 de la droite (AS).
- Donnée la pente P2 de la droite (DS).
- Donnée le rayon R.

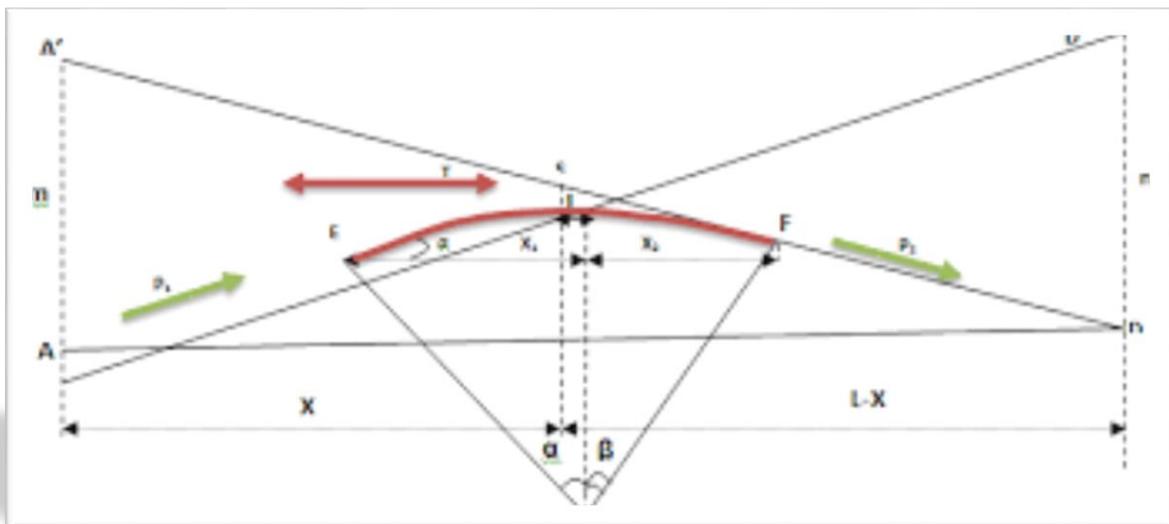


Figure n°20 : Détermination du profil en long.

VI.2.7.1. 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 :

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

$$\mathbf{S} \begin{cases} X_S = X + X_A. \\ Z_S = P_1.X + Z_A. \end{cases}$$

VI.2.7.2. 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.

$$\mathbf{E} \begin{cases} X_E = x_s - T \\ Z_E = z_s - T.P_1 \end{cases}$$

$$\mathbf{F} \begin{cases} X_F = x_s + T \\ Z_F = z_s - T.P_2 \end{cases}$$

VI.2.7.3. Projection horizontale de la longueur de raccordement :

$$LR = 2T$$

VI.2.7.4. Calcul de la flèche :

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

VI.2.7.5. Calcul de la flèche Et de l'altitude d'un point courant M sur la courbe :

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

VI.2.7.6. Calcul des coordonnées du sommet de la courbe (T) :

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

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

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

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.2.8. 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 où les déclivités sont de même sens :**

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

Rv=6010 m.

$$T = \frac{6010}{200} |-1.00+1.30|$$

T = 9.015 m

La longueur L du raccordement verticale :

$$L = 2 \times T$$

$$L = 2 \times 9.015$$

L =18.03 m

La flèche F :

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

$$F = \frac{9.015^2}{2(6010)}$$

F = 0.00676 m

Elément Sommet	P1 P2	Nature du rayon	Sens des pentes	T	L	F
S1	-1.00 -1.3	Rentrant	Même sens	9.015	18.03	0.00676
.S2	-1.3 -2.60	Rentrant	Même sens	39.065	78.13	0.1270
S3	-2.6 1.06	Saillant	Sens contraire	23.177	46.354	0.0892
S4	1.06 -1.16	Rentrant	Sens contraire	5	10	0.00125
S5	-1.16 1.77	Saillant	Sens contraire	9.181	18.361	0.0140
S6	1.77 -2.33	Rentrant	Sens contraire	16.828	33.656	0.0236
S7	-2.33 2.50	Saillant	Sens contraire	2.559	5.117	0.0011
S8	2.50 1.13	Rentrant	Même sens	41.169	82.337	0.141
S9	1.13 -2.25	Rentrant	Sens contraire	33.656	67.312	0.0942
S10	-2.25 -1.05	Saillant	Même sens	18.06	36.12	0.5418

Tableau n°23 : valeurs de tangente et de flèche.

Chapitre VII

Profil en travers

VII.2.1. 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.2.2. Les éléments du profil en travers :

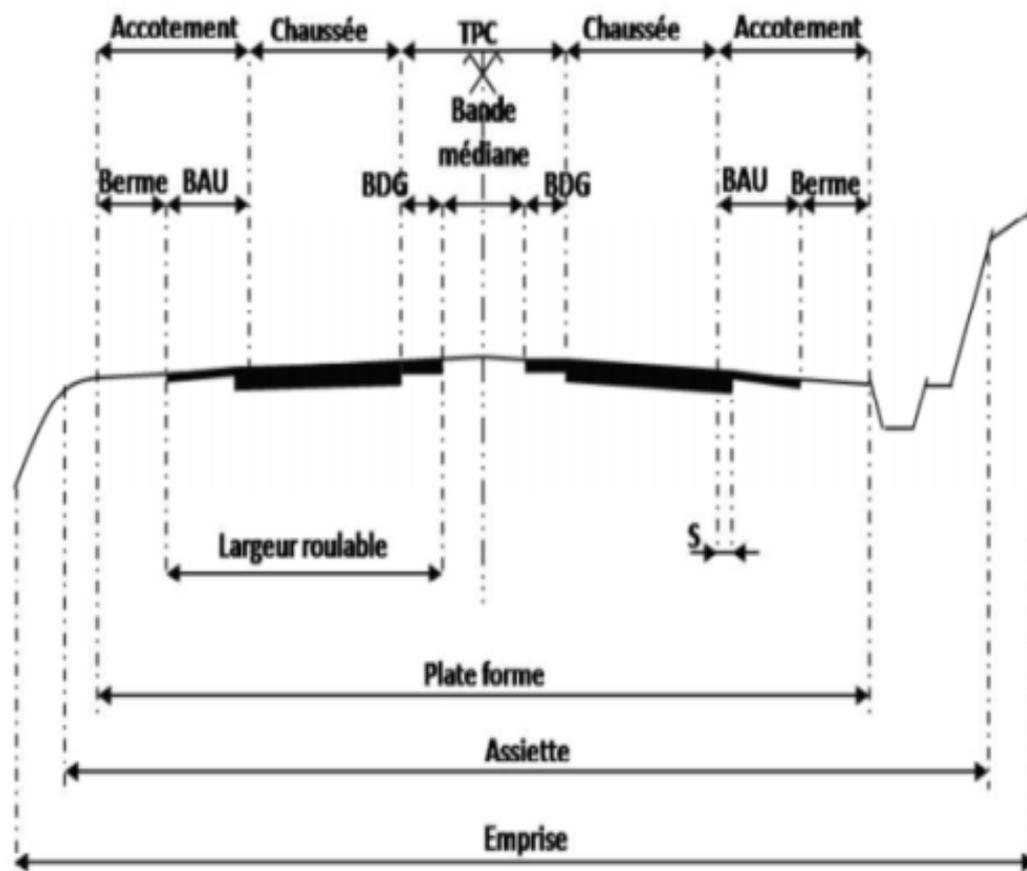


Figure n°21 : Eléments du profil en travers.

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.2.3. 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.2.4. Différent type du profil en travers :

Profil en déblai

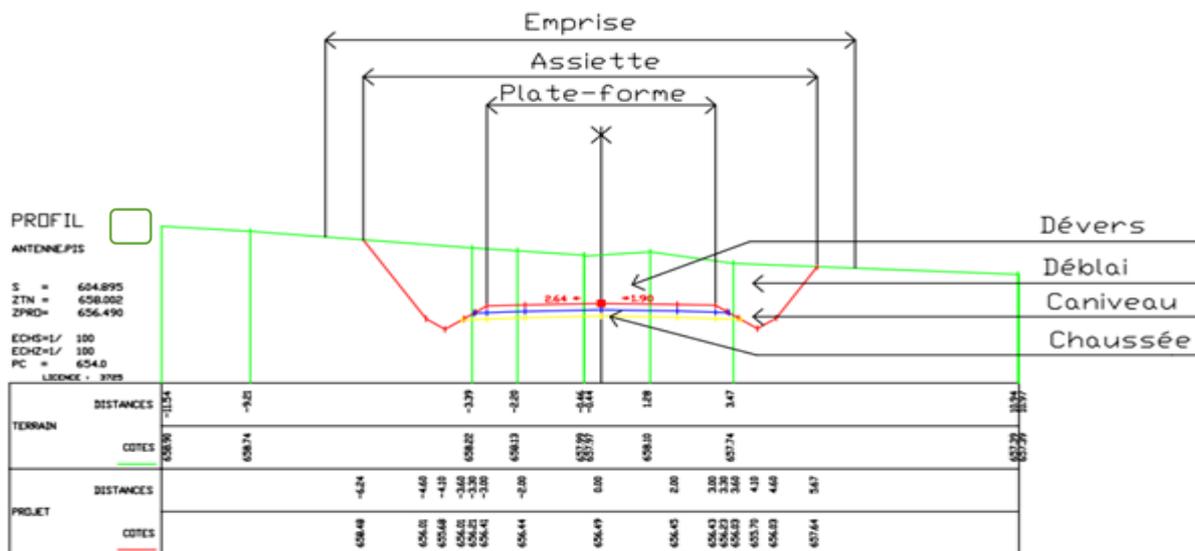


Figure n°22 : Profil en travers (cas d'un déblai)

Profil en remblai

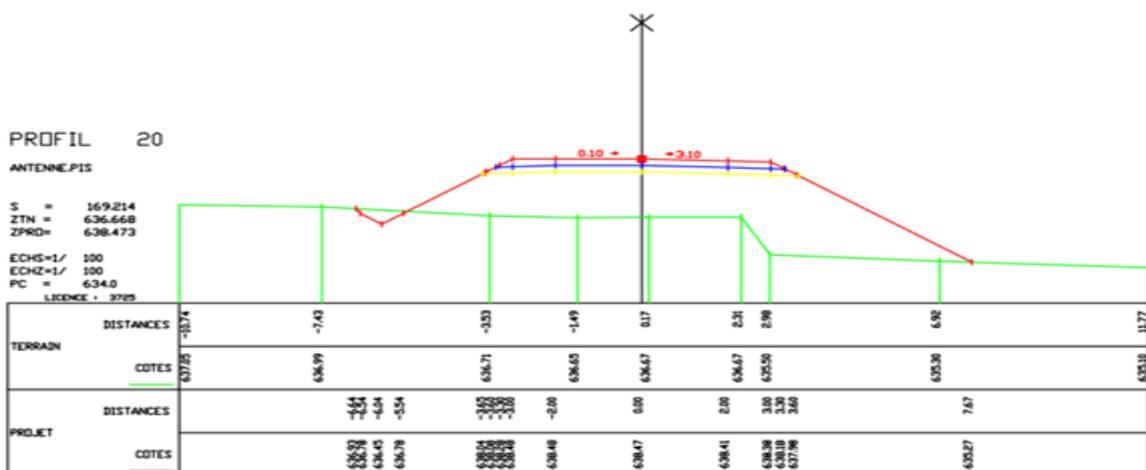


Figure n°23: Profil en travers (cas d'un remblai)

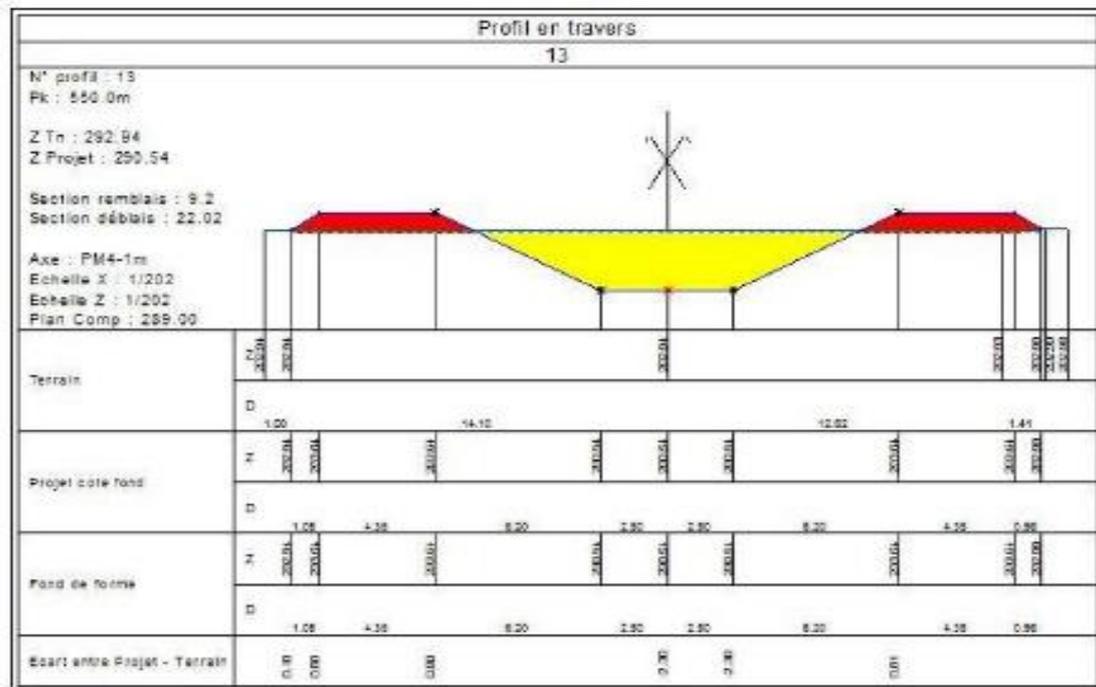


Figure n°24 : Profil en travers (cas mixte)

VII.2.5. Application numérique au projet :

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

Chaussée : $10 \times 2 = 20$ m.

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

Un terre-plein central : 10 m.

Chapitre VIII

Cubatures

VIII.2.1.Introduction :

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

Pour les voies de circulations ceci est très visible sur les profils en longs et les profils en travers.

Cette modification s'effectue :

- ✦ Soit par apport de terre sur le sol terrain naturel, qui lui servira de support remblai.
 - ✦ Soit par excavation des terres existantes au-dessus du niveau de la ligne rouge : déblai.
- Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre qui se trouve entre le tracé du projet et celui du terrain naturel.

Ce calcul s'appelle ((les cubatures des terrassements))

VIII.2.2. 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.2.3.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 à calculer 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.

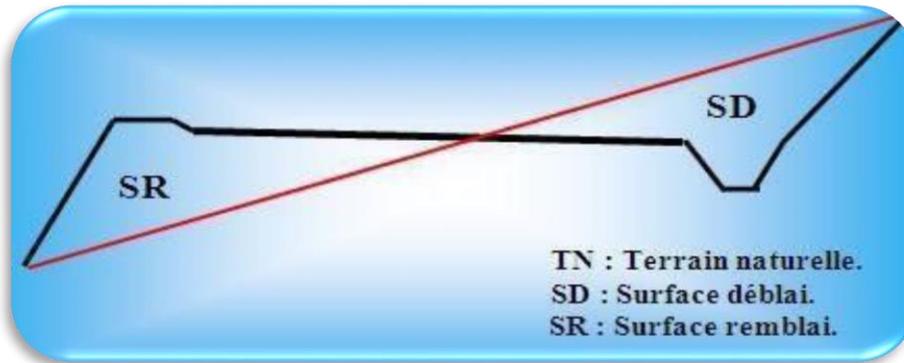


Figure n°25 : volume déblai, remblai

VIII.2.3.1. Formule de Mr SARRAUS :

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

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

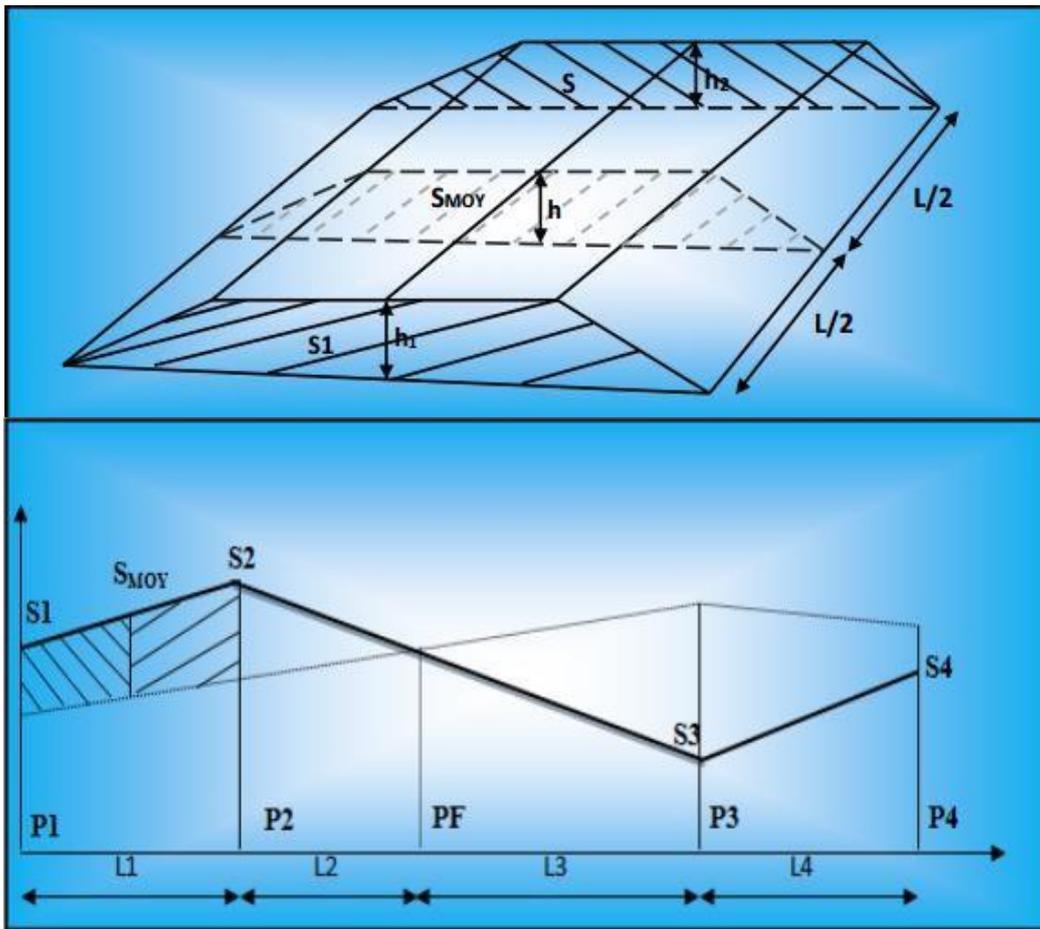


Figure n°26 : Calcul volume déblai , Remblai.

PF : profil fictive, surface nulle.

- ✓ **S_i** : surface de profil en travers P_i.
- ✓ **L_i** : distance entre ces deux profils.
- ✓ **S_{MOY}**: surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance L_i).

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions **S_{MOY}** et **(S₁+S₂)/2** ; Ceci donne :

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

Donc les volumes seront :

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

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

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

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

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

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

VIII.2.3.2. 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.2.3.3. 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.2.4. 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 = **88265m³**

Volume des déblais : **$V_D = 27610m^3$**

Volume des remblais : **$V_R = 659400m^3$**

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

Chapitre IX

Dimensionnement du Corps de chaussée

IX.2.1. Introduction

Le corps de chaussée est dimensionné pour supporter la circulation du trafic pour une durée bien déterminée. Il est défini comme étant l'épaisseur des différentes couches et matériaux qui seront mis en place pour constituer le corps de chaussée.

On doit non seulement penser au trafic existant mais aussi au trafic futur, ce qui nous amène à définir le taux d'accroissement de la circulation et le type de véhicules empruntant cette route. Le dimensionnement d'une chaussée est conditionné par trois familles de paramètres, qui sont les suivantes :

- ✦ Le trafic (l'importance de la circulation et surtout l'intensité du trafic en poids lourds).
- ✦ La portance du sol support désignée par son indice C. B. R.
- ✦ la durée de service.

IX.2.2. Principe de la constitution des chaussées :

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

- De la charge des véhicules.
- Des chocs.
- Des intempéries.
- Des efforts tangentiels dus à l'accélération, au freinage et au dérapage.

IX.2.3. La chaussée :

Définition :

- **Au sens géométrique :** la surface aménagée de la route sur laquelle circule les véhicules.
- **Au sens structurel :** l'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges.

IX.2.4. Les différents types de chaussée :

Il existe trois types de chaussée:

1. Chaussée souple.
2. Chaussée semi - rigide.
3. Chaussée rigide.

IX.2.4.1- CHAUSSÉE SOUPLE :

La chaussée souple est constituée de deux éléments constructifs :

- les sols et matériaux pierreux granulométrie étalée ou serrée.

- les liants hydrocarbonés qui donnent de la cohésion en établissent des liaisons souples entre les grains de matériaux pierreux.

La chaussée souple se compose généralement de trois couches différentes :

a) Couche de roulement (surface) :

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

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

La couche de liaison a, pour rôle essentiel, d'assurer une transition, avec les couches inférieures les plus rigides.

L'épaisseur de la couche de roulement en général entre 6 et 8 cm.

b) Couche de base :

Pour résister aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base est entre 10 et 25 cm

c) Couche de fondation :

Assurer un bon uni et bonne portance de la chaussée finie et aussi, Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

d) Couche de forme :

Elle est prévue pour reprendre à certains objectifs à court terme. Sol rocheux : joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.

Sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée) : Elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

Actuellement, on tient compte d'améliorer la portance du sol à long terme, par la couche de forme.

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 30 et 70 cm.

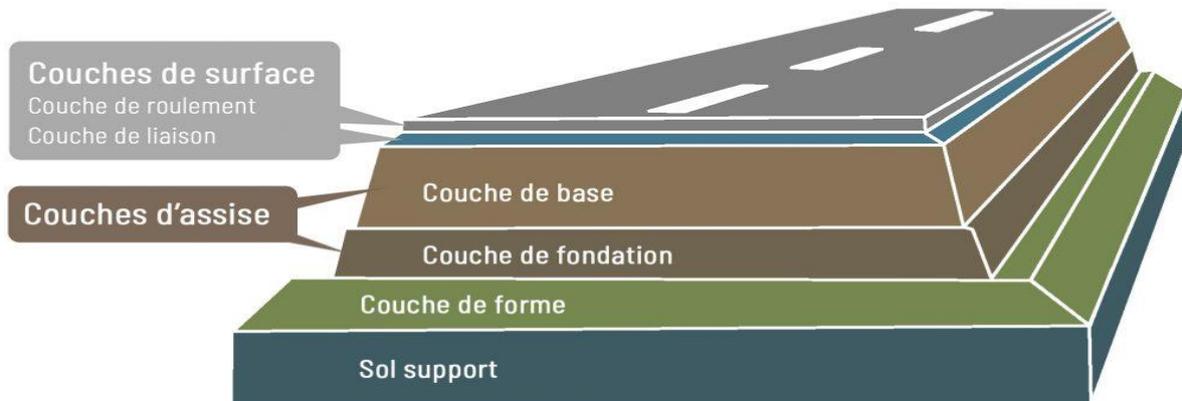


Figure n°27 : Coupe type d'une chaussée souple

IX.2.4.2. CHAUSSEE SEMI –RIGIDE :

On distingue :

- Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,...)

La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 cm. Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.

- Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

IX.2.4.3- CHAUSSEE RIGIDE :

Elle est constituée d'une dalle de béton, éventuellement armée (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) reposant sur une couche de fondation qui peut être un grave stabilisé mécaniquement, un grave traité aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

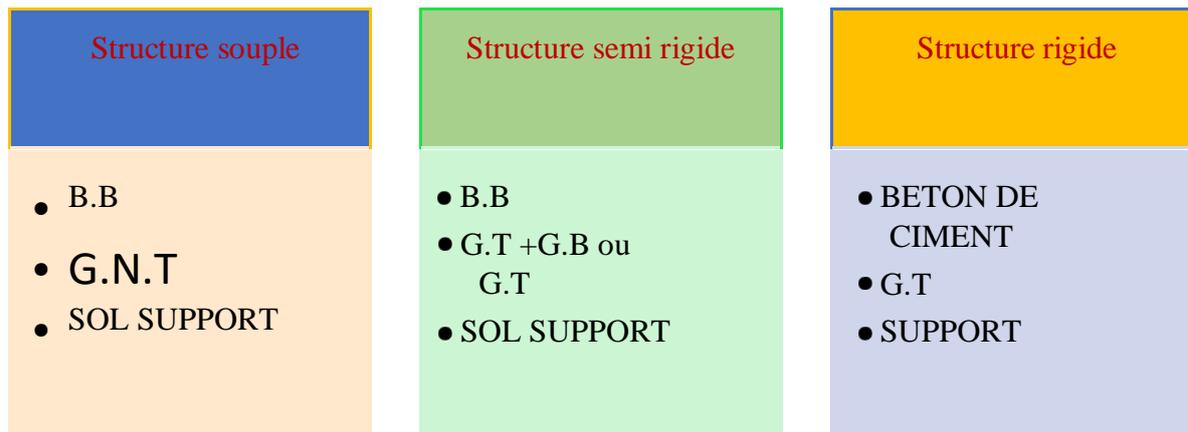


Figure n°28 : les différentes catégories de chaussée.

BB : béton bitumineux

GB : grave bitume

GT : grave traité

G.N.T : grave non trait.

IX.2.5- Les facteurs qu'influent sur le dimensionnement des chaussées:

- Trafic.
- Environnement.
- Sol support.
- Matériaux utilisés.

IX.2.6. 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 :

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

Avec :

e: épaisseur équivalente.

I: indice CBR (sol support).

n : désigne le nombre journalier de camion de plus **1500** kg à vide.

P : charge par roue P = **6.5** t (essieu **13** t).

Log : logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

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

$a_1 \times e_1$: couche de roulement

$a_2 \times e_2$: couche de base

$a_3 \times e_3$: couche de fondation

Où :

a_1, a_2, a_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Épaisseur de la couche telle qu'elle vient d'être calculée correspond à un matériau définit ; grave propre bien gradué suivant la disponibilité des matériaux et les caractéristiques qu'il présente, nous pouvons convertir l'épaisseur calculée en divisant par les coefficients d'équivalence données dans le tableau suivant :

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°24: 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.2.7. Application au projet

Méthode de l'indice CBR :

Données de l'étude :

- Le trafic à l'année de compactage 2017 $TJMA_0 = 10700 \text{ v/j}$
- Le trafic à l'année de mise en service 2020 $TMJA = 38485 \text{ v/j}$
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 6\%$
- La vitesse de base sur le tracé $V_b = 100 \text{ km/h}$
- Le pourcentage moyen de poids lourds $Z = 20\%$
- L'année de mise en service sera en 2020
- Environnement – Catégorie (CAT2)
- La durée de vie estimée de 20 ans
- $ICBR = 5$ (terrain Agricole)

Calcul du trafic du VPL à 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 à l'année horizon :

$$N_n = N_1(1+\tau)^n$$

$$N_{20} = 2548(1+0.06)^{20} = 8171 \text{ VPL/J}$$

1) Calcul d'épaisseur théorique:

On a C.B.R= 4

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

$$e = \frac{100+(\sqrt{6.5})(75+50 \log_{10} \frac{8171}{10})}{5+4}$$

$$e = 73.60 \text{ cm}$$

$$e \approx 75 \text{ cm}$$

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-dessous

$$a_1 = 2.00$$

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

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 »:

$$a_3 = 0.75$$

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

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 :

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

$$e = 7 \times 2 + 16 \times 1.5 + 40 \times 1 + 0.6 \times e_4 = 77 \text{ cm}$$

$$e_4 = [77 - (7 \times 2 + 16 \times 1.5 + (40 \times 0.75))] / 0.6$$

$$e_4 = 15 \text{ cm}$$

$$e_4 = 15 \times 0.6 = 9 \text{ cm}$$

Donc l'épaisseur réelle est de : **7(BB) + 16(GB) + 40(GNT) + 15(TUF)**

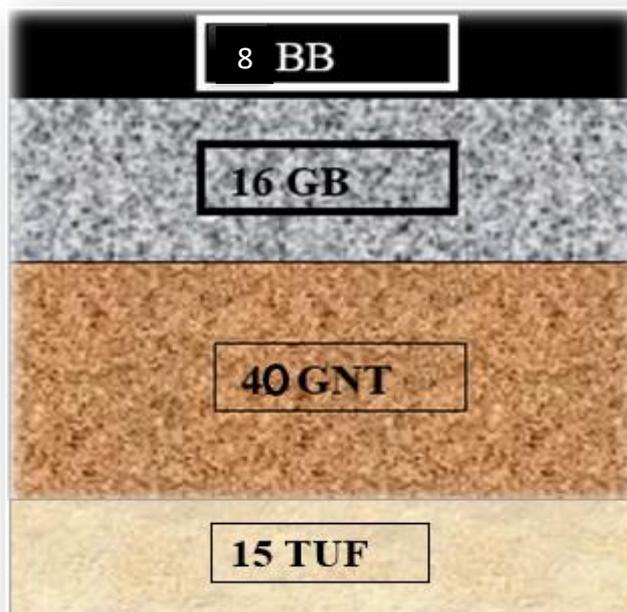


Figure n°29: Les couches de corps de chaussée.

Chapitre X

Etude

Géotechnique

X.2.1.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.2.2. 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.2.3 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.2.4. 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.2.5. 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.2.5.1 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°30 : Matériels d'essai teneur en eau.

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

a. Définition :

(γ) 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 μm 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)

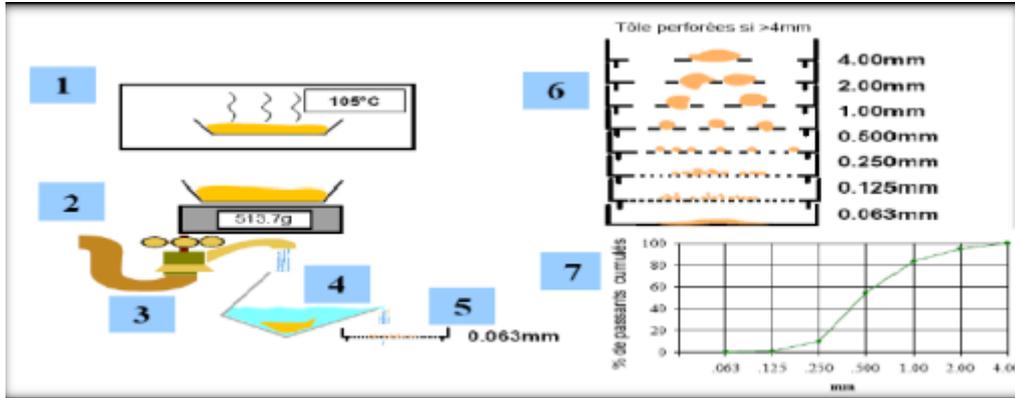


Figure n°31 : Analyse granulométrique.

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 agglomères d'une masse connue de matériau par brassage sous l'eau à fractionner ce sol, une fois séché au moyen d'une série de tamis et à peser successivement le refus cumulé sur chaque tamis

d. Matériel utilisé :

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



Figure n°32 : 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°33 : Méthode d'essai.

f. Mode opératoire :

1- Mode opératoire N°1 :

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

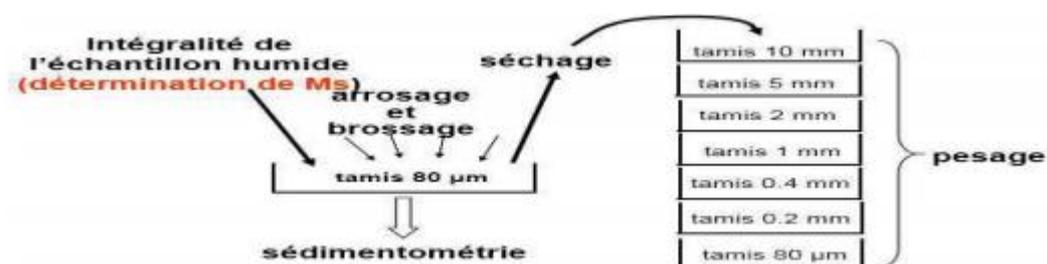


Figure n°34 : Mode opératoire 01.

2- Mode opératoire N°2 :

Pesage des refus cumulés (Ri) :

- R1, (R1 + R2), R1 + R2 + R3, ... etc

Calcul du pourcentage des refus (%) (PRi) :

- $R1 / Ms = PR1$
- $(R1 + R2) / Ms = PR2$
- $(R1 + R2 + R3) / Ms = PR3 \dots etc$

Calcul du pourcentage des tamisats (%) (Ti) :

- $T1 = 1 - PR1$
- $T2 = 1 - PR2$
- $T3 = 1 - PR3$

La figure suivante représente le deuxième mode opératoire :

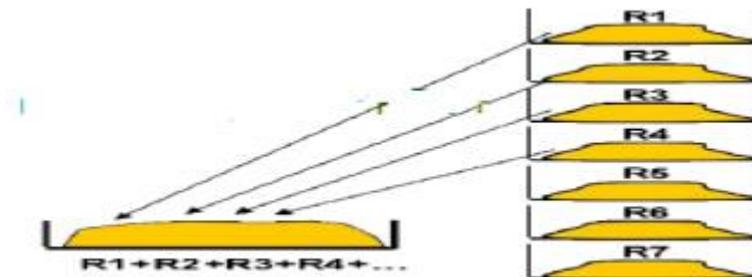


Figure n°35 : Mode opératoire 02.

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 de fines en suspension au-dessus du sable. Après 20 min, les hauteurs des produits sont mesurées. L'équivalent de sable est le rapport hauteur du sable sur hauteur totale, exprimé en pourcentage.

d. Matériels utilisés :

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



Figure n°36: 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°37 : 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°25: Nature du sol en fonction d'E.S.

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

a. Définition :

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

- La limite de liquidité W_L qui sépare l'état liquide au plastique
- La limite plasticité W_P qui sépare l'état plastique au solide
- La limite plasticité W_S qui sépare l'état solide avec retrait et l'état solide sans retrait (peu utilisé)
- L'indice de plasticité I_P définit par l'étendu du domaine plastique
- L'indice de consistance relative I_c définit par l'état naturel d'un sol en fonction de sa teneur en eau
- L'indice de liquidité I_L fournit une approche inverse de l'indice de consistance relative Relation entre ces différents facteurs :
 - $I_c = W_L - W_P$
 - $I_L = W - W_P$
 - $I_p = W_L - W_P$

b. But de l'essai :

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

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°38 : Matériels utilisés.

e. 2 Préparation de l'appareil :

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

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

e. 3 Mode opératoire :

- On remplit la coupelle au % avec le mélange de sol-eau en utilisant la spatule, pour obtenir une épaisseur maximum de 10 mm
- On réalise une rainure centrale qui partage le sol en deux avec l'outil à rainurer tenu perpendiculairement à la surface de la coupelle.
- A l'aide de la manivelle, on imprime à la coupelle une série de chocs régulière, à raison de deux chocs par seconde. On note le nombre de chocs qui correspond à la fermeture des lèvres de la rainure sur une longueur de 10 mm : On utilise l'extrémité non biseautée de l'outil à rainurer pour vérifier. La première fermeture doit se faire entre 15 et 30 chocs. Si l'échantillon est sec, la fermeture se fera pour un 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 boulettes 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, dans 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°39 : limite de plasticité.

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

a. Définition :

L'essai de carbonate (CaCO_3) c'est la méthode de détermination de la teneur en carbonate dans des échantillons de sols (y compris les sédiments), de matières utilisées sur ou dans les sols et de déchets. Cette détermination est systématique sur les matières amendâtes mais pas sur les sols.

b. But de l'essai :

Un calcimètre permet de mesurer le volume de CO_2 dégagé par action de l'acide chlorhydrique (HCl) sur le carbonate de calcium (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.

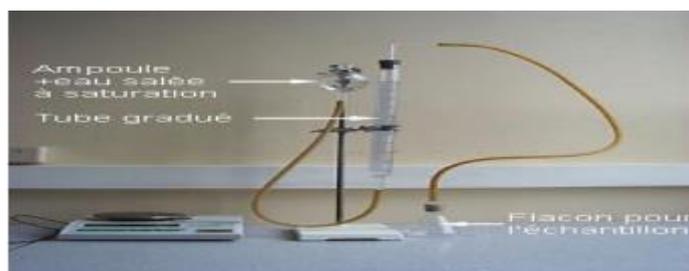


Figure n°40 : Appareillage.

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°41: Tamisage de l'échantillon Photo. **Figure n°42 :** 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 :

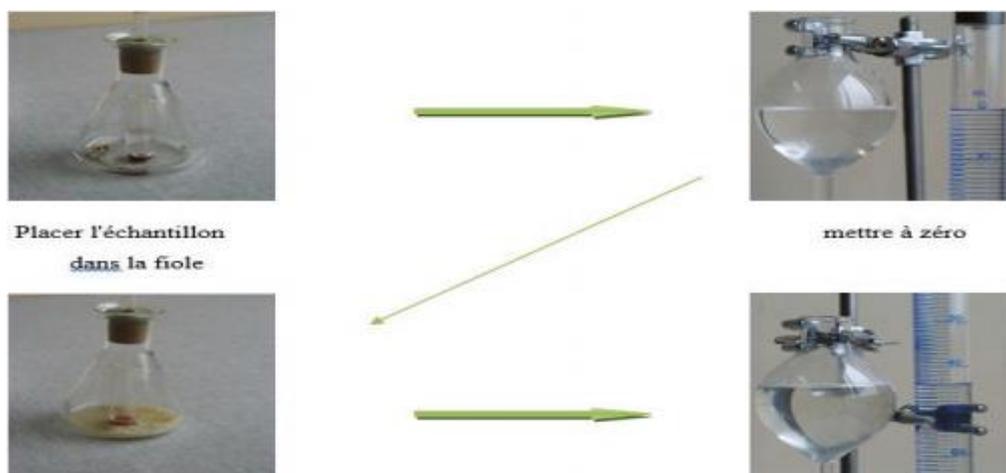


Figure n°43: Mode opératoire de l'essai carbonate.

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°26 : Qualification des horizons en fonction de leur teneur en calcaire total selon le GEPPA.

X.2.5.2.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)

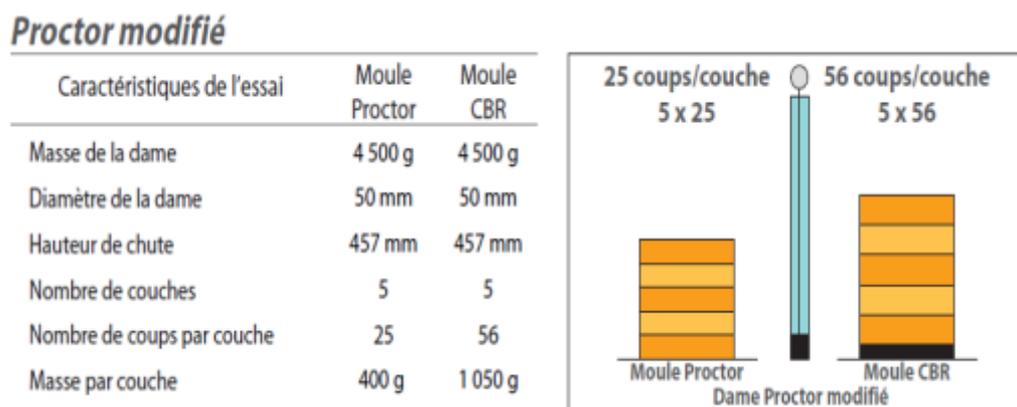


Figure n°44: Modalité d'exécution des essais Proctor modifié.

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 ρ_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°45 : 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°46 : 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°47 : 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°48 : Matériels d'essai CBR.

e. Facteurs influents de l'essai :

1) Teneur en eau :

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

2) L'énergie de compactage :

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

f. Remarque :

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

- a) L'indice caractérisant l'aptitude du sol à permettre la circulation des engins de chantier directement sur sa surface lors des travaux : indice portant immédiat (IPE)
- b) L'indice caractérisant l'évolution de la portance d'un sol support compacté à différentes teneurs en eau : CBR immédiat
- c) L'indice caractérisant l'évolution de la portance d'un sol support compacté à différentes teneurs en eau et soumis à des variations de régime hydrique : CBR APRES IMMERSION.

X.2.5.3 Essais chimiques :

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

a. Définition :

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

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

b. Principe de l'essai :

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

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

$$VBS (\%) = XP \times C \times 100$$

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.2.5.4 Essais des enrobées :

1) L'essai de compacité :

Définition de l'essai :

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

La méthode du nucléo densimètre :

Cette méthode consiste à placer à la surface du sol un appareil muni d'une source radioactive de rayons γ 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°49 : 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°50 : exemple d'un essai de carottage.

Chapitre XI

Assainissement

XI.2.1-Introduction :

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires.

Elle couvre le rétablissement des écoulements naturels, l'assainissement des plates formes de chaussée, le drainage et la lutte contre la pollution routière.

L'eau est le premier ennemi de la route car il pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'usager (glissade, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par dés enrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation .Les types de dégradation provoquer par les eaux sont engendrés comme suit :

Pour les chaussées :

- Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
- Dés enrobage.
- Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un important trafic).
- Décollement des bords (affouillement des flancs).

Pour les talus :

- Glissement.
- Erosion.
- Affouillements du pied de talus.

Les études hydrauliques inventorier l'existence de cours d'eau et d'une manière générale des écoulements d'eau en surface. Elles détermineront ensuite l'incidence du projet sur ces écoulements et les équipements à prendre en compte pour maintenir ces écoulements.

XI .2.2.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 .2.3.Assainissement de la chaussée

Les ouvrage 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 cout.

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 penchée vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate-forme.

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.2.4.Définitions des termes hydrauliques

a) **Bassin versant**

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de rencontre des versants vers le haut, ou la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eau pluviale, d'une façon naturelle, une canalisation en un point considéré.

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

XII.2.1. signalisation

La signalisation routière enquière une importance de plus en plus grande au fur et à mesure que la circulation se développe et que la vitesse des véhicules augmente.

Le but de la signalisation est de rendre plus sûr et facile la circulation et d'assurer aux usagers la sécurité totale.

La signalisation routière comprend la signalisation verticale et la signalisation horizontale.

XII.2.2.OBJECTIFS DE SIGNALISATION ROUTIERE

La signalisation routière a pour objet :

- ✓ De rendre plus sûre la circulation routière.
- ✓ De faciliter cette circulation.
- ✓ De donner des informations relatives à l'usage de la route.

XII.2.3.CATÉGORIES DE SIGNALISATION :

- La signalisation par panneaux.
- La signalisation par feux.
- La signalisation par marquage des chaussées.
- La signalisation par balisage.
- La signalisation par bornage.

XII.2.4.RÈGLES À RESPECTER POUR LA SIGNALISATION:

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes:

- ✓ Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- ✓ Cohérence avec les règles de circulation.
- ✓ Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- ✓ Éviter la publicité irrégulière.
- ✓ Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

XII.2.5.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)	Epaisseur 16-18	Intervalle entre deux traits successifs (mètres)	Rapport plein vide
T ₁	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°27 : 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 doit suivre la direction indiquée.

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

XII.2.6. Application au projet

A. Les signalisations horizontales :

1. Flèche de rabattement :



Figure n°51 : flèche de rabattement.

2. Flèche de sélection:

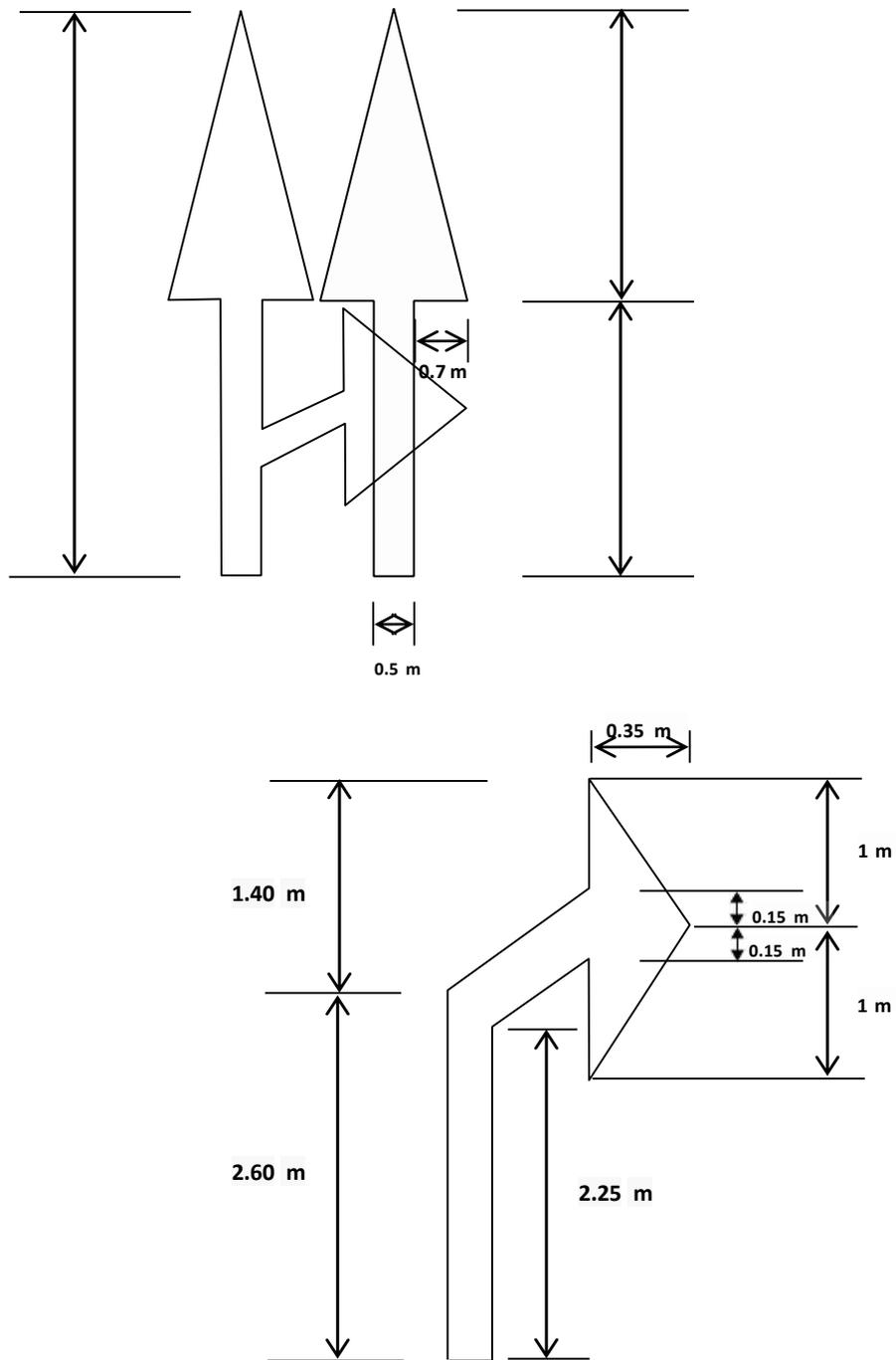


Figure n°52 : flèche de sélection.

3. Marque sur la chaussée :

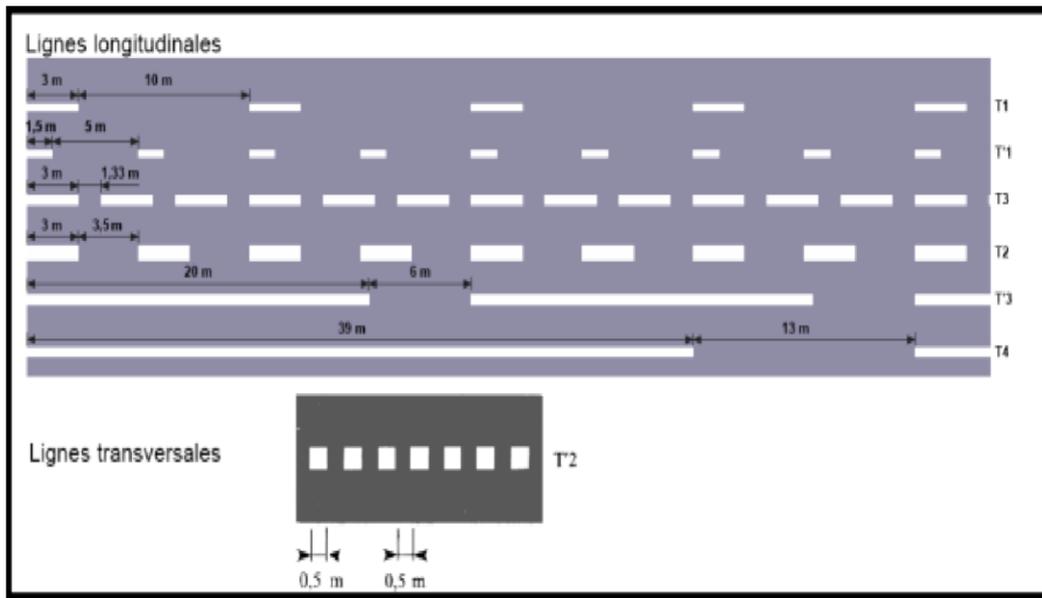


Figure n°53: marque sur la chaussée.

4. Schéma de signalisation stop sur chaussée :

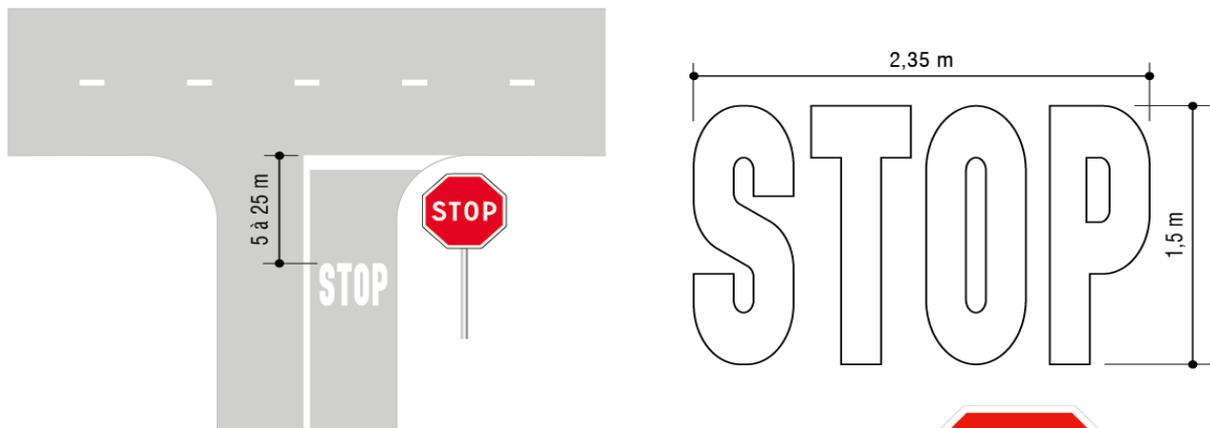


Figure n°54 : Schéma de signalisation stop sur chaussée.

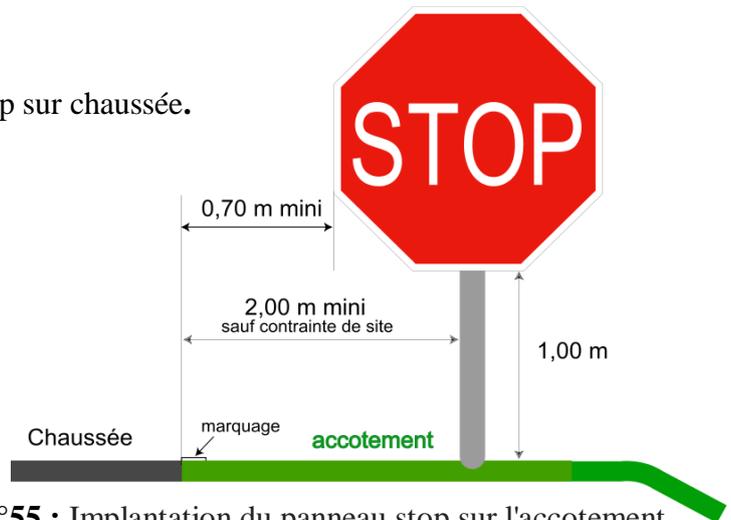


Figure n°55 : Implantation du panneau stop sur l'accotement

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



Figure n°56 : Schémas de marquage par hachures.

B. Les signalisations verticales :

Plaques de signalisation :

- Les signaux de danger type A -



Figure n°57 : Les signaux de danger type A

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



Figure n°58 : Les signaux d'intersection et de priorité de type B

- les signaux d'interdiction de type C -

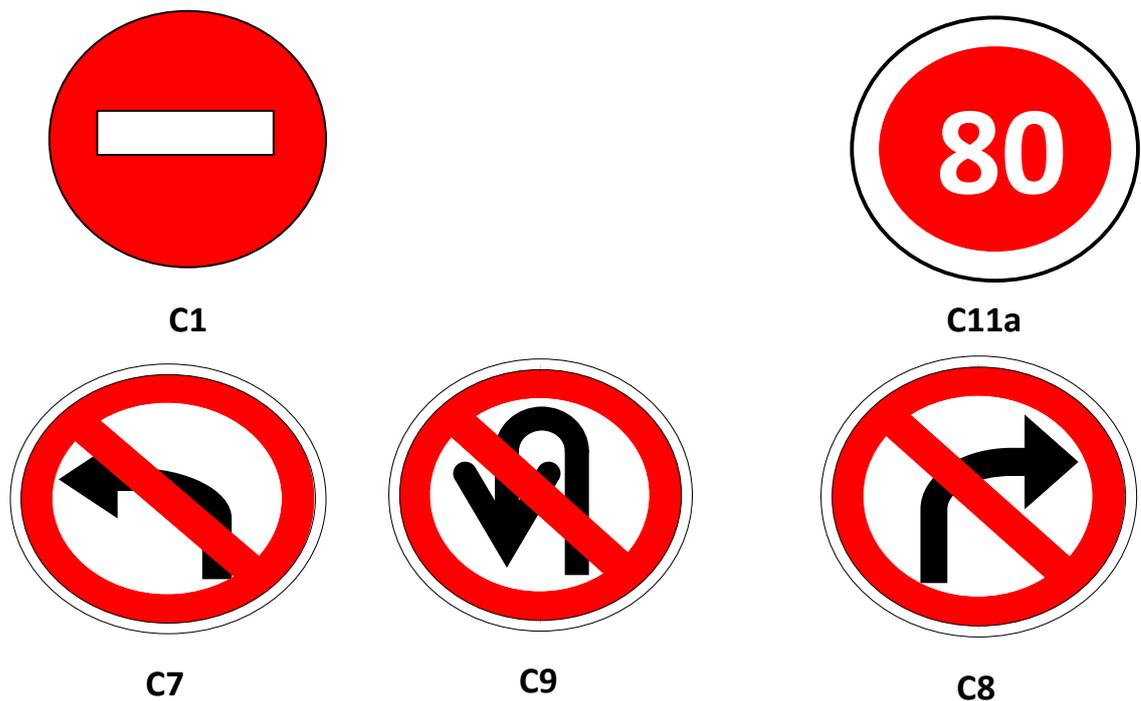


Figure n°59 : les signaux d'interdiction de type C

- Les signaux d'obligation signe type B -

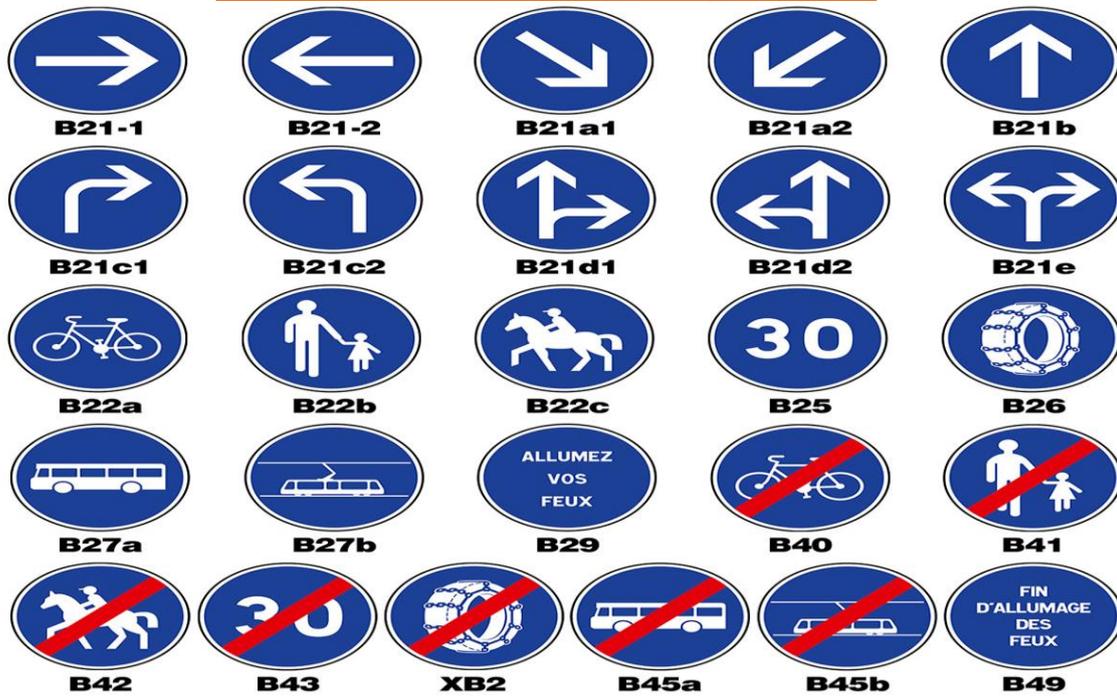


Figure n°60 : Les signaux d'obligation signe type B

❖ Panneaux spéciaux type A :



Figure n°61 : panneaux spéciaux (type A).

❖ Signaux d'identification des routes type E :



Figure n°62 : les signaux d'identification des routes (type E).

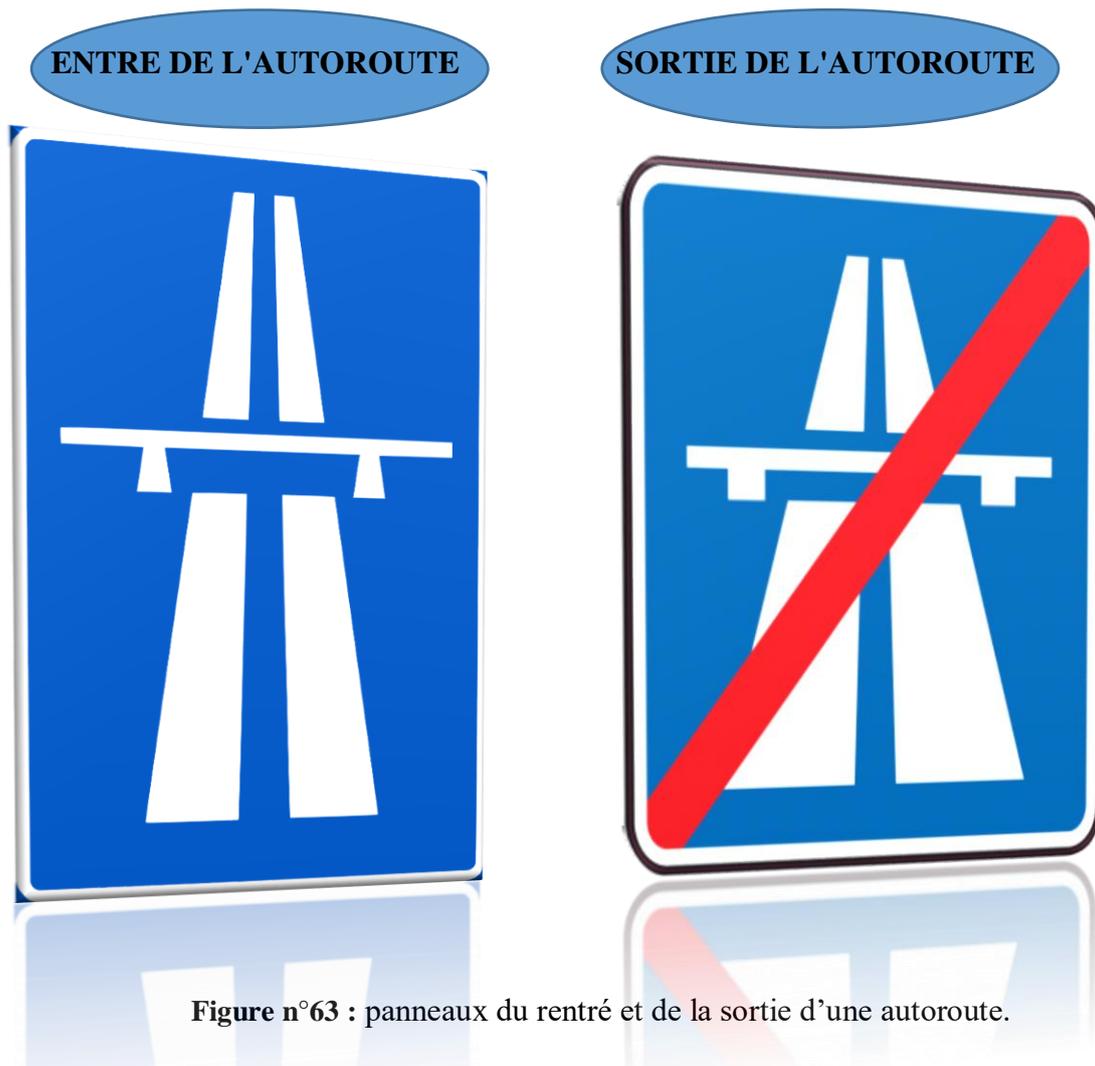


Figure n°63 : panneaux du rentré et de la sortie d'une autoroute.

XII.2.7. 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.2.8. 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.2.9. 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.

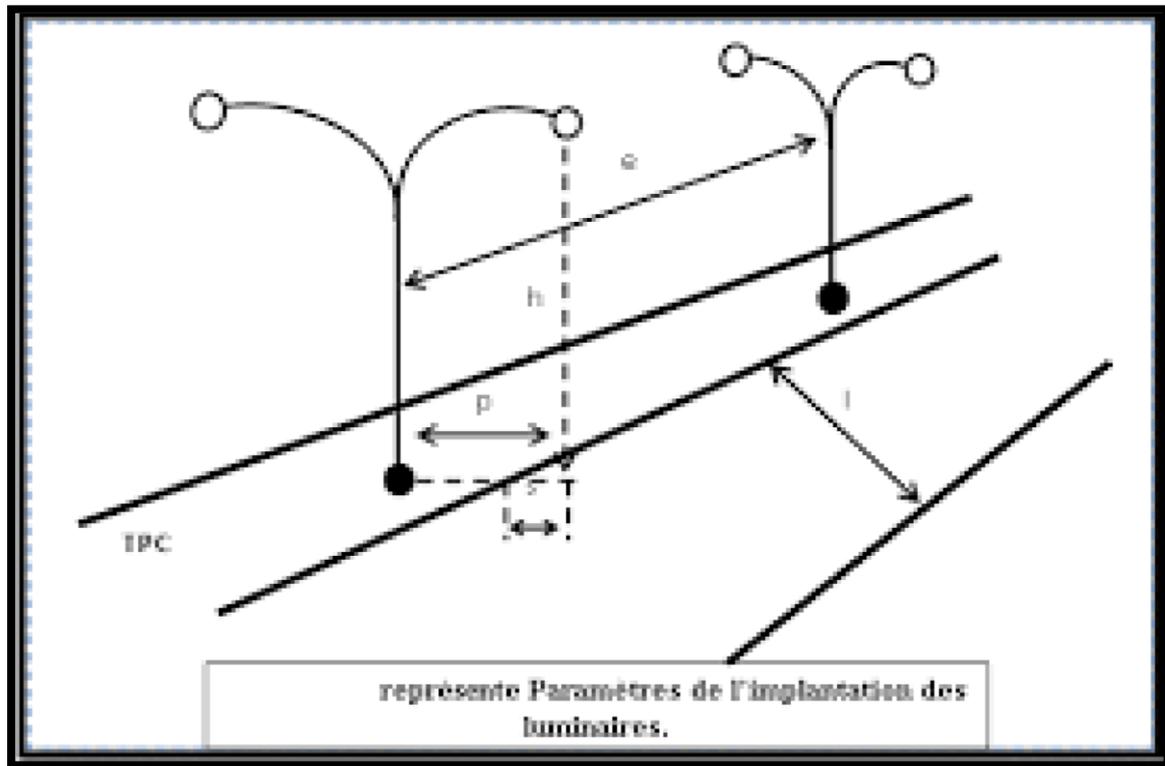


Figure n°64 : paramètres de l'implantation des luminaires.

XII.2.10. Eclairage d'un point singulier

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

- 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.2.1. Impacts du projet sur l'environnement :

XIII.2.1.1. 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.2.1.2. 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.2.2. 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.

Chapitre XIV

Devis quantitatif et estimatif

LOT N° 05 : DU PK 17+000AU PK 21+000

SECTION - 1 – AMENEE INSTALLATION ET REPLIMENT.

N° PRIX	DESIGNATION DES TRAVAUX	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	TOTAL
1.01	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	01	1 000,00	1 000,00
1.02	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	01	1 000,00	1 000,00

SECTION - 2 - PREPARATION DU TERRAIN.

N° PRIX	DESIGNATION DES TRAVAUX	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	TOTAL
2.01	Démolition d'ouvrages existants en élévation ou en fondation, 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				
2.01.01	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 ³	10	2 000,00	20 000,00
2.01.02	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 ³	10	5 000,00	50 000,00
2.01.03	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 ³	10	1 200,00	12 000,00
2.02	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.	ml	20	4 000,00	40 000,00

2.03	Démolition de conduites existantes. il comprend la démolition et la mise en dépôt des produits démolis en un lieu agréé par le maitre d'ouvrage, ainsi que le nettoyage et l'évacuation à la décharge publique et toutes sujétions de bonne exécution	ml	20	1 000,00	20 000,00
2.04	Déplacement des balises de protection et toutes sujétions de bonne exécution.	U	10	10 000,00	100 000,00
2.05	Abatage d'arbres : il comprend l'abatage d'arbres et la mise en dépôt des produits 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				
2.05.01	Arbre dont le diamètre mesuré à 1 m du sol est inférieur à 20 cm.	U	05	3 000,00	15 000,00
2.05.02	Arbre dont le diamètre mesuré à 1 m du sol entre 20 cm et 40 cm.	U	93	3 500,00	325 500,00
2.05.03	Arbre dont le diamètre mesuré à 1 m du sol supérieur à 40 cm.	U	02	5 000,00	10 000,00

SECTION - 3 – TERRASSEMENTS

N° PRIX	DESIGNATION DES TRAVAUX	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	TOTAL
3.01	Décapage et scarification				
3.01.01	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 ³	100 725	120,00	12 087 000,00
3.01.02	Scarification de la couche de roulement de la chaussée existante y compris évacuation à la décharge publique.	m ²	48 375	100,00	4 837 500,00
3.02	Matériaux de terrassements.				
3.02.01	Déblai en terrain meuble mis en remblai, il comprend l'extraction, le chargement, le transport, le compactage de la plateforme et toutes sujétions de bonne exécution.	m ³	100	300,00	30 000,00
3.02.02	Déblai mis en dépôt. il comprend l'extraction, le chargement, le transport, le compactage de la plateforme et toutes sujétions de bonne exécution et le lieu de dépôt sera agréé par le maitre d'ouvrage	m ³	100	300,00	30 000,00
3.02.03	Déblai rocheux. il comprend l'extraction, le chargement, le transport, le compactage de la plateforme et toutes sujétions de bonne exécution et l'évacuation à la décharge publique.	m ³	10	4 000,00	40 000,00
3.02.04	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 ³	978 155	650,00	635 800 750,00
3.02.05	Réglage et finition de la plate-forme et toutes sujétions de bonne exécution.	m ²	221 400	120,00	26 568 000,00

SECTION - 4 - OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT

N° PRIX	DESIGNATION DES TRAVAUX	UNITE	PRIX UNITAIRE	QUANTITE	TOTAL
4.02.03	Grille d'avaloirs, il comprend la fourniture, transport et mise en place des grilles et toutes sujétions de bonne exécution	U	02	10 000,00	20 000,00
4.02.03.a	-Grille carrée plate, modèle type 400.	U	04	15 000,00	60 000,00
4.02.03.b	-Grille carrée plate, modèle type 600.	U	02	18 000,00	36 000,00
4.02.03.c	-Grille carrée plate, légère type 600.				
4.03	Buses.				
4.03.01	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 ³	1 505	400,00	602 000,00
4.03.02	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 ³	35	2 000,00	70 000,00
4.03.03	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 ³	320	2 500,00	800 000,00
4.03.04	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 ³	610	600,00	366 000,00
4.03.05	F/pose de buse en béton armé Diamètre 1200 mm. y/c la construction des têtes d'ouvrages en béton armé.	ml	98	25 000,00	2 450 000,00
4.03.06	F/pose de buse en béton armé Diamètre 1500 mm. y/c la construction des têtes d'ouvrages en béton armé	ml	45	30 000,00	1 350 000,00
4.03.07	Semi Buses pour T.P.C et banquettes Ø300. cunettes préfabriquées sur talus et toutes sujétions de bonne exécution.	ml	4 895	500,00	2 447 500,00

4.03		ml	915	1 000,00	915 000,00
------	--	----	-----	----------	------------

SECTION - 5 – CHAUSSEE

N° PRIX	DESIGNATION DES TRAVAUX	UNITE	PRIX UNITAIRE	QUANTITE	TOTAL
5.01	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 ³	109 905	500,00	54 952 500,00
5.02	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 ³	33 790	550,00	18 584 500,00
5.03	Exécution de la couche de base en GB comprend la fourniture, le transport et mise du matériau et toutes sujétions de bonne exécution.	T	70 435	5 000,00	352 175 000,00
5.04	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	24 495	5 500,00	134 722 500,00
5.05	Exécution de l'imprégnation en Cut Back 0/1 comprend le balayage, l'épandage du liant et toutes sujétions de bonne exécution	m ²	150 970	110,00	16 606 700,00
5.06	Exécution de la couche d'accrochage en émulsion cationique comprend l'accrochage en émulsion cationique dosé à 0,30kg/m ² et toutes sujétions de bonne exécution.	m ³	38 765	550,00	21 320 750,00
5.08	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. Bordures de trottoirs, il comprend la fourniture, le transport et la mise en place des bordures et toutes sujétions de bonne exécution.	ml	800	700,00	560 000,00

SECTION - 6– OUVRAGES COURANTS ET OUVRAGE DE PROTECTION.

N° PRIX	DESIGNATION DES TRAVAUX ET PRIX (EN TOUTES LETTRES)	UNITE	PRIX UNITAIR E	QUANTITE	TOTAL
6.08	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 ³	2.300	600,00	1 380 000
6.09	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 ³	600	650,00	390 000,00
6.10	Béton de propreté de 10 cm d'épaisseur pour fond de fouille dosé à 100kg/m ³ et toutes sujétions de bonne exécution.	m ³	196	12 000,00	2 352 000
6.11	Béton RN 27 pour radier et piédroits comprend la mise en œuvre du béton et toutes sujétions inhérentes à ce type de béton	m ³	1 366	25 000,00	34 150 000,00
6.12	Béton RN 27 pour dalle comprend la mise en œuvre du béton et toutes sujétions inhérentes à ce type de béton	m ³	1 225	25 000,00	30 625 000,00
6.13	Béton RN 27 pour Mur en retour comprend la mise en œuvre du béton et toutes sujétions inhérentes à ce type de béton	m ³	296	25 000,00	7 400 000,00
6.14	Acier haute adhérence FeE40A. comprend la fourniture, mise en œuvre et le façonnage et toutes sujétions de bonne exécution	T	346	400,00	138 400,00
6.15	Chape d'étanchéité sur l'ouvrage et toutes sujétions de bonne exécution Badigeonnage du coffrage des parties extérieures	m ³	1245	1 000,00	1 245 000

6.16	Badigeonnage du coffrage des parties extérieures et toutes sujétions de bonne exécution	m ³	900	50,00	45 000,00
6.17	C ouvrages de protection	ml	90	100 000,00	9 000 000,00
6.18	Protection de gazoduc.	ml	10	100 000,00	1 000 000,00
6.19	Protection de câble souterrain. Protection de conduite d'eau.	ml	400	100 000,00	40 000 000,00

SECTION -7- DEPLACEMENT DES RESEAUX

N° PRIX	DESIGNATION DES TRAVAUX	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	TOTAL
7.01	Déplacement de conduites existantes de toutes natures et la réalisation des regards, y compris toutes sujétions de bonne exécution	ml	20	100 000,00	2 000 000,00
7.02	Déplacement de lampadaires y compris toutes sujétions de bonne exécution	U	05	1 000,00	5 000,00
7.03	Déplacement de poteaux électriques y compris toutes sujétions de bonne exécution.	U	01	5 000,00	5 000,00

SECTION - 8- SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS ROUTIERS.

N° PRIX	DESIGNATION DES TRAVAUX	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	TOTAL
	A).Signalisation.				
8.01	Signalisation horizontale.				
8.01.01	Marquage sur chaussée par hachures.	m ²	1 300	80,00	104 000,00
8.01.02	Marquage sur chaussée en ligne continue. - Largeur : 22.5 cm.	m ²	1 800	90,00	162 000,00
8.01.03	Marquage sur chaussée, en ligne discontinue : - Type T 1, Largeur 15 cm, - Type T 2, Largeur 37.5 cm, - Type T'3, Largeur 22.5 cm,	m ² m ² m ²	450 262 1570	80,00 80,00 80,00	36 000,00 20 960,00 125 600,00
8.01.04	Marquage sur chaussée, par des flèches :				
8.01.04.a	- Flèches de direction, longueur : 4.00 m.	U	25	1 000,00	25 000,00
8.01.04.b	- Flèches de rabattement, longueur : 6.00 m.	U	16	1 000,00	16 000,00

SECTION - 8- SIGNALISATION ET EQUIPEMENT ROUTIERS (SUITE).

N° PRIX	DESIGNATION DES TRAVAUX	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	TOTAL
8.02	Signalisation verticale : Fourniture et pose :				
8.02.01	Panneaux Type A, signaux d'avertissement de danger. A 1a, A 1b, A B3a	U	14	15 000,00	210 000,00
8.02.02	signaux d'interdiction ou de restriction Panneaux Type B, B 1, B12, B14.	U	16	15 000,00	240 000,00
8.02.03	Panneaux Type C et Type D, signaux d'indication ou de direction. C 207, C 208, D 21a	U	18	15 000,00	270 000
8.02.04	Panneaux type B21a1 ; R402 signaux d'obligation	U	07	15 000,00	105 000,00
8.02.05	F/Pose de Musoir. Type J14a	U	07	12 000,00	84 000,00
8.02.06	F/ Pose de Portiques avec panneaux de signalisation	U	06	1 500 000,00	9 000 000,00
8.03	Bornes kilométrique en béton armé.	U	08	2 000,00	16 000,00
8.04	Dispositif de sécurité.				
8.04.01	Mise en œuvre de Glissière de sécurité en béton GBA.	ml	15 370	3 500,00	53 795 000,00
8.04.02	Fourniture et Mise en place Glissière de sécurité métallique.	ml	820	2 500,00	2 050 000,00
8.04.03	F/Pose de Garde-corps	ml	120	8 000,00	960 000,00
8.05	F/pose de Candélabres.	U	88	30 000,00	2 640 000,00
8.06	F/Pose de Clôture métallique pour Autoroute	ml	9850	6 000,00	59 100 000,00

SECTION		TOTAL
SECTION - 1 – AMENEE INSTALLATION ET REPLIMENT		1 200,00 DA
SECTION - 2 - PREPARATION DU TERRAIN.		592 500,00 DA
SECTION - 3 – TERRASSEMENTS		679 393 250,00 DA
SECTION - 4 - OUVRAGES D'ASSAINISSEMENT		9 116 500,00 DA
SECTION - 5 – CHAUSSEE		298 766 850,00 DA
SECTION - 6– OUVRAGES COURANTS ET OUVRAGE DE PROTECTION.		127 725 400,00 DA
SECTION -7- DEPLACEMENT DES RESEAUX		2 010 000,00 DA
SECTION - 8- SIGNALISATION ET EQUIPEMENTS ROUTIERS.		489 560,00 DA
SECTION - 8- SIGNALISATION ET EQUIPEMENT ROUTIERS (SUITE).		128 959 560,00 DA
TOTAL HT		1 247 065 620,00 DA
TVA 19%		236 942 467,8 DA
TOTAL TTC		1 010 123 152,2 DA

Arrêter le présent devis quantitatif et estimatif a la somme de : un milliard dix millions cent vingt-trois mille cent cinquante-deux dinars et deux centimes.

Conclusion générale

Le présent projet nous a permis de concilier le social, l'économique et l'environnemental qui traduit directement la notion de développement durable. L'état algérien accorde un grand intérêt au secteur des travaux publics.

Toutes les modifications ou améliorations d'une infrastructure de transport dans une région répond à certains objectifs tel que :

- Accroître l'efficacité économique du système de transport de la région en question.
- Amélioration de la sécurité et assurer la fluidité de la circulation.
- Contribuer à l'aménagement du territoire et développement économique.

C'est dans ce but qu'on s'intéresse à l'amélioration et à l'aménagement des infrastructures de base, qui permettent d'offrir les meilleurs services pour les usagers et répondre à la demande en matière de transport.

Notre projet s'inscrit dans ce cadre, le travail effectué dans ce mémoire porte sur l'étude de la deuxième rocade Sud d'Oran section Belgaid el Kerma lot 5 sur un linéaire de 04 Km.

Ce projet de route nous a permis de mettre en application les connaissances acquises durant les cinq années de formation, de mieux connaître le déroulement des études d'un projet routier notamment celles relatives à la modernisation et à la réhabilitation. Aussi de mieux apprendre à utiliser les logiciels du domaine, On l'occurrence Covadis, Auto CAD

Annexe

Tabulation

PT N°	PK	Z terrain naturel	Z projet	X	Y
PT-721	17000.00	113.990	111.303	722,260.609	3, 945,099.582
PT-722	17025.00	113.683	111.231	722,245.194	3, 945,079.900
PT-723	17050.00	113.433	111.201	722,229.780	3, 945,060.217
PT-724	17075.00	113.183	110.997	722,214.365	3, 945,040.535
PT-725	17100.00	112.933	110.576	722,198.951	3, 945,020.853
PT-726	17125.00	112.683	110.376	722,183.536	3, 945,001.170
PT-727	17150.00	112.433	110.294	722,168.122	3, 944,981.488
PT-728	17175.00	112.183	110.218	722,152.707	3, 944,961.806
PT-729	17200.00	111.933	110.147	722,137.293	3, 944,942.123
PT-730	17225.00	111.683	110.071	722,121.878	3, 944,922.441
PT-731	17250.00	111.433	110.079	722,106.464	3, 944,902.759
PT-732	17275.00	111.183	110.169	722,091.049	3, 944,883.076
PT-733	17300.00	110.933	109.843	722,075.635	3, 944,863.394
PT-734	17325.00	110.683	109.776	722,060.220	3, 944,843.712
PT-735	17350.00	110.433	109.312	722,044.806	3, 944,824.029
PT-736	17375.00	110.183	108.951	722,029.391	3, 944,804.347
PT-737	17400.00	109.933	108.855	722,013.977	3, 944,784.665
PT-738	17425.00	109.683	108.099	721,998.562	3, 944,764.983
PT-739	17450.00	109.433	107.132	721,983.148	3, 944,745.300
PT-740	17475.00	109.163	106.185	721,967.733	3, 944,725.618
PT-741	17500.00	108.838	104.965	721,952.319	3, 944,705.936
PT-742	17525.00	108.513	103.661	721,936.904	3, 944,686.253
PT-743	17550.00	108.187	102.109	721,921.490	3, 944,666.571
PT-744	17575.00	107.862	100.447	721,906.075	3, 944,646.889
PT-745	17600.00	107.537	99.626	721,890.661	3, 944,627.206
PT-746	17625.00	107.212	99.477	721,875.246	3, 944,607.524
PT-747	17650.00	106.886	99.285	721,859.832	3, 944,587.842
PT-748	17675.00	106.561	99.030	721,844.417	3, 944,568.159
PT-749	17700.00	106.236	99.075	721,829.003	3, 944,548.477
PT-750	17725.00	105.911	98.833	721,813.588	3, 944,528.795
PT-751	17750.00	105.585	98.648	721,798.174	3, 944,509.112
PT-752	17775.00	105.260	98.382	721,782.759	3, 944,489.430
PT-753	17800.00	104.935	98.393	721,767.345	3, 944,469.748
PT-754	17825.00	104.576	98.326	721,751.930	3, 944,450.065
PT-755	17850.00	104.116	98.285	721,736.516	3, 944,430.383
PT-756	17875.00	103.552	98.257	721,721.102	3, 944,410.701
PT-757	17900.00	102.907	98.274	721,705.687	3, 944,391.019

PT-758	17925.00	102.257	98.382	721,690.273	3, 944,371.336
PT-759	17950.00	101.646	98.532	721,674.858	3, 944,351.654
PT-760	17975.00	101.227	98.784	721,659.444	3, 944,331.972
PT-761	18000.00	101.015	99.241	721,644.029	3, 944,312.289
PT-762	18025.00	101.011	99.295	721,628.615	3, 944,292.607
PT-763	18050.00	101.211	99.218	721,613.200	3, 944,272.925
PT-764	18075.00	101.476	99.250	721,597.786	3, 944,253.242
PT-765	18100.00	101.741	99.500	721,582.371	3, 944,233.560
PT-766	18125.00	102.006	99.512	721,566.957	3, 944,213.878
PT-767	18150.00	102.270	99.512	721,551.542	3, 944,194.195
PT-768	18175.00	102.488	99.459	721,536.128	3, 944,174.513
PT-769	18200.00	102.643	99.500	721,520.713	3, 944,154.831
PT-770	18225.00	102.737	99.549	721,505.299	3, 944,135.148
PT-771	18250.00	102.767	99.655	721,489.884	3, 944,115.466
PT-772	18275.00	102.735	100.077	721,474.470	3, 944,095.784
PT-773	18300.00	102.641	100.042	721,459.055	3, 944,076.102
PT-774	18325.00	102.484	100.030	721,443.641	3, 944,056.419
PT-775	18350.00	102.265	99.935	721,428.226	3, 944,036.737
PT-776	18375.00	101.987	99.755	721,412.812	3, 944,017.055
PT-777	18400.00	101.697	99.608	721,397.397	3, 943,997.372
PT-778	18425.00	101.407	99.461	721,381.983	3, 943,977.690
PT-779	18450.00	101.184	99.132	721,366.568	3, 943,958.008
PT-780	18475.00	101.165	98.697	721,351.154	3, 943,938.325
PT-781	18500.00	101.353	98.482	721,335.739	3, 943,918.643
PT-782	18525.00	101.741	98.165	721,320.325	3, 943,898.961
PT-783	18550.00	102.182	97.941	721,304.910	3, 943,879.278
PT-784	18575.00	102.624	97.741	721,289.496	3, 943,859.596
PT-785	18600.00	103.040	97.415	721,274.081	3, 943,839.914
PT-786	18625.00	103.357	97.229	721,258.667	3, 943,820.231
PT-787	18650.00	103.570	97.212	721,243.252	3, 943,800.549
PT-788	18675.00	103.679	97.142	721,227.838	3, 943,780.867
PT-789	18681.93	103.691	97.155	721,223.565	3, 943,775.411
PT-790	18700.00	103.684	96.976	721,212.445	3, 943,761.168
PT-791	18725.00	103.585	96.833	721,197.131	3, 943,741.407
PT-792	18750.00	103.383	96.826	721,181.899	3, 943,721.583
PT-793	18775.00	103.076	97.024	721,166.750	3, 943,701.695
PT-794	18800.00	102.665	97.126	721,151.685	3, 943,681.745
PT-795	18825.00	102.150	97.084	721,136.702	3, 943,661.732
PT-796	18850.00	101.568	97.151	721,121.803	3, 943,641.657
PT-797	18875.00	100.985	97.204	721,106.988	3, 943,621.519
PT-798	18900.00	100.402	97.055	721,092.257	3, 943,601.321
PT-799	18925.00	99.819	97.270	721,077.610	3, 943,581.061

PT-800	18950.00	99.279	97.293	721,063.047	3, 943,560.740
PT-801	18975.00	98.932	97.318	721,048.570	3, 943,540.358
PT-802	19000.00	98.793	97.189	721,034.177	3, 943,519.917
PT-803	19025.00	98.862	97.379	721,019.870	3, 943,499.416
PT-804	19050.00	99.139	97.584	721,005.648	3, 943,478.855
PT-805	19075.00	99.623	97.845	720,991.512	3, 943,458.235
PT-806	19100.00	100.245	98.225	720,977.462	3, 943,437.557
PT-807	19125.00	100.870	98.525	720,963.499	3, 943,416.820
PT-808	19150.00	101.495	98.856	720,949.622	3, 943,396.025
PT-809	19175.00	102.120	99.201	720,935.832	3, 943,375.173
PT-810	19200.00	102.745	99.563	720,922.128	3, 943,354.263
PT-811	19225.00	103.370	99.926	720,908.512	3, 943,333.296
PT-812	19250.00	103.995	100.108	720,894.984	3, 943,312.273
PT-813	19266.44	104.406	100.275	720,886.134	3, 943,298.416
PT-814	19275.00	104.620	100.406	720,881.553	3, 943,291.187
PT-815	19300.00	105.245	100.434	720,868.349	3, 943,269.958
PT-816	19325.00	105.859	100.618	720,855.411	3, 943,248.567
PT-817	19350.00	106.386	100.989	720,842.742	3, 943,227.015
PT-818	19375.00	106.809	101.278	720,830.343	3, 943,205.307
PT-819	19400.00	107.129	101.494	720,818.216	3, 943,183.445
PT-820	19425.00	107.412	101.571	720,806.364	3, 943,161.433
PT-821	19450.00	107.696	101.408	720,794.787	3, 943,139.275
PT-822	19475.00	107.980	100.889	720,783.489	3, 943,116.974
PT-823	19500.00	108.263	101.577	720,772.470	3, 943,094.534
PT-824	19525.00	108.547	101.822	720,761.732	3, 943,071.957
PT-825	19550.00	108.830	102.157	720,751.278	3, 943,049.248
PT-826	19575.00	109.114	102.557	720,741.108	3, 943,026.410
PT-827	19600.00	109.397	103.124	720,731.225	3, 943,003.447
PT-828	19625.00	109.681	104.199	720,721.629	3, 942,980.362
PT-829	19650.00	109.965	105.563	720,712.322	3, 942,957.159
PT-830	19675.00	110.248	108.032	720,703.307	3, 942,933.842
PT-831	19700.00	110.532	111.720	720,694.583	3, 942,910.413
PT-832	19725.00	110.815	115.057	720,686.153	3, 942,886.878
PT-833	19730.21	110.875	115.348	720,684.432	3, 942,881.956
PT-834	19750.00	111.099	116.125	720,677.741	3, 942,863.336
PT-835	19775.00	111.383	116.310	720,668.762	3, 942,840.005
PT-836	19800.00	111.666	115.698	720,659.203	3, 942,816.905
PT-837	19825.00	111.947	114.316	720,649.069	3, 942,794.052
PT-838	19850.00	112.154	112.382	720,638.367	3, 942,771.459
PT-839	19875.00	112.257	110.336	720,627.104	3, 942,749.140
PT-840	19900.00	112.256	108.260	720,615.286	3, 942,727.111
PT-841	19925.00	112.151	106.986	720,602.922	3, 942,705.383

PT-842	19950.00	111.942	105.769	720,590.018	3, 942,683.972
PT-843	19975.00	111.629	104.745	720,576.583	3, 942,662.889
PT-844	20000.00	111.211	104.097	720,562.625	3, 942,642.149
PT-845	20025.00	110.691	103.875	720,548.153	3, 942,621.765
PT-846	20050.00	110.129	104.186	720,533.176	3, 942,601.748
PT-847	20075.00	109.567	104.515	720,517.703	3, 942,582.113
PT-848	20100.00	109.005	104.434	720,501.745	3, 942,562.870
PT-849	20125.00	108.444	104.533	720,485.310	3, 942,544.032
PT-850	20150.00	107.882	104.556	720,468.409	3, 942,525.611
PT-851	20175.00	107.320	104.275	720,451.054	3, 942,507.618
PT-852	20200.00	106.758	103.928	720,433.254	3, 942,490.064
PT-853	20225.00	106.196	103.651	720,415.020	3, 942,472.961
PT-854	20250.00	105.634	103.087	720,396.365	3, 942,456.319
PT-855	20275.00	105.072	102.060	720,377.300	3, 942,440.149
PT-856	20300.00	104.511	100.777	720,357.836	3, 942,424.460
PT-857	20325.00	103.949	99.425	720,337.987	3, 942,409.263
PT-858	20350.00	103.387	98.154	720,317.763	3, 942,394.566
PT-859	20375.00	102.825	97.177	720,297.179	3, 942,380.380
PT-860	20400.00	102.263	96.380	720,276.246	3, 942,366.713
PT-861	20425.00	101.711	95.200	720,254.979	3, 942,353.573
PT-862	20450.00	101.317	94.001	720,233.389	3, 942,340.969
PT-863	20475.00	101.052	93.109	720,211.491	3, 942,328.909
PT-864	20500.00	100.790	92.496	720,189.299	3, 942,317.399
PT-865	20525.00	100.527	92.149	720,166.826	3, 942,306.449
PT-866	20550.00	100.265	92.682	720,144.086	3, 942,296.063
PT-867	20558.85	100.172	92.594	720,135.976	3, 942,292.524
PT-868	20575.00	100.002	92.512	720,121.144	3, 942,286.129
PT-869	20600.00	99.740	92.375	720,098.187	3, 942,276.231
PT-870	20625.00	99.477	91.834	720,075.230	3, 942,266.333
PT-871	20650.00	99.215	90.287	720,052.273	3, 942,256.434
PT-872	20675.00	98.952	89.119	720,029.316	3, 942,246.536
PT-873	20700.00	98.690	88.455	720,006.359	3, 942,236.638
PT-874	20725.00	98.427	87.658	719,983.402	3, 942,226.740
PT-875	20750.00	98.165	87.772	719,960.445	3, 942,216.842
PT-876	20775.00	97.902	96.285	719,937.488	3, 942,206.944
PT-877	20800.00	97.640	93.319	719,914.531	3, 942,197.046
PT-878	20825.00	97.377	90.602	719,891.574	3, 942,187.148
PT-879	20850.00	97.115	92.490	719,868.616	3, 942,177.249
PT-880	20875.00	96.852	96.653	719,845.659	3, 942,167.351
PT-881	20900.00	96.589	96.587	719,822.702	3, 942,157.453
PT-882	20920.59	96.373	96.373	719,803.793	3, 942,149.300

Les éléments des profils en long

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
D54	PENTE= -1.00%	440.955	17018.54	113.747
PAR54	S= 17468.55 Z=109.247	18.097	17459.50	109.338
	R = 6,010.000			
D55	PENTE= -1.30%	327.476	17477.60	109.130
PAR55	S= 17844.13 Z=104.360	78.119	17805.07	104.869
	R = 6,010.000			
D56	PENTE= -2.60%	51.492	17883.19	103.345
PAR56	S= 17989.80 Z=100.572	110.228	17934.68	102.005
	R = 3,010.000			
D57	PENTE= 1.06%	98.729	18044.91	101.157
PAR57	S= 18254.72 Z=103.383	222.157	18143.64	102.204
	R = 10,000.000			
D58	PENTE= -1.16%	64.096	18365.80	102.094
PAR58	S= 18473.93 Z=100.839	88.071	18429.89	101.350
	R = 3,010.000			
D59	PENTE= 1.77%	64.665	18517.96	101.617
PAR59	S= 18705.76 Z=104.932	246.269	18582.63	102.758
	R = 6,010.000			
D60	PENTE= -2.33%	105.112	18828.90	102.060
PAR60	S= 19006.73 Z=97.913	145.448	18934.01	99.609
	R = 3,010.000			
D61	PENTE= 2.50%	234.405	19079.46	99.731

PAR61	S= 19354.90 Z=106.617	82.076	19313.86	105.591
	R = 6,010.000			
D62	PENTE= 1.13%	423.135	19395.94	107.083
PAR62	S= 19920.70 Z=113.035	203.247	19819.07	111.882
	R = 6,010.000			
D63	PENTE= -2.25%	395.008	20022.32	110.751
PAR63	S= 20435.35 Z=101.469	36.042	20417.33	101.874
	R = 3,010.000			
D64	PENTE= -1.05%	467.232	20453.37	101.279

Listing de la géométrie de l'axe en plan

Elément	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
DR33	ANG=242.2964 (g)	1,765.631	16916.30	722,312.217	3, 945,165.479
ARC34	XC=725,947.320	584.512	18681.93	721,223.565	3, 943,775.411
	YC=3, 940,075.933 R=6,000.000				
ARC35	XC=722,573.196	463.772	19266.44	720,886.134	3, 943,298.416
	YC=3, 942,224.255 R=2,000.000				
ARC36	XC=719,740.050	828.635	19730.21	720,684.432	3, 942,881.956
	YC=3, 943,210.806 R=1,000.000				
DR37	ANG=274.0848 (g)	361.743	20558.85	720,135.976	3, 942,292.524
			20920.59	719,803.793	3, 942,149.300

Bibliographie

- ✚ La recherche a été effectuée par voie de l'internet (textes et photos).
- ✚ Complétée par une contribution individuelle.
- ✚ Cours de routes 3^{ème} année licence.
- ✚ Cours de 1^{ère}. 2^{ème} année master TP de l'université de Mostaganem.
- ✚ B40 (normes techniques d'aménagement des rouets et trafic et capacité des routes.)
- ✚ Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (C.T.T.P).
- ✚ Quelques documents DTP Oran
- ✚ Livre : Conception et réalisation du projet de fin de formation
- ✚ Anciens mémoires de fin d'étude.
- ✚ Aide-Mémoire de fin d'étude de Génie Civil promotion 2018
- ✚ Site internet :

www.SETRA.fr.