



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
قسم الهندسة المدنية والمعمارية



Civil engineering & architecture département

N° d'ordre : M/GCA/2020

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Voies et ouvrages d'art (VOA)

Thème

**Etude de la deuxième rocade sud d'Oran section Belgaid
El Kerma lot 3 du « PK09+000 au PK13+000 »**

Présenté par :

- DJELTI ZOULIKHA
- CHERGUIA HAMIDIA

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

Président : Mme ELMASCRI SETTI

Examineur: Mr TALYA AHMED

Encadrant: Mr ROUAM SERIK MOHAMED

Année Universitaire : 2019 / 2020

REMERCIEMENT

Toute notre gratitude et remerciement à ALLAH qui nous a donné la force, le courage puissant qui nous a donné la volonté pour élaborer ce travail.

La première personne que nous tenons à remercier est notre encadrant Mr. (ROUAM), pour l'orientation, la confiance, la patience qui ont constitué un apport considérable sans lequel ce travail n'aurait pas pu être mené au bon port. Qu'il trouve dans ce travail un hommage vivant à sa haute personnalité. Nous remerciments s'adressent aux membres de jury qui ont accepté de juger ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Enfin, on remercie tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce travail.

DEDICACE



Je dédie ce travail à :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon frère et ma sœur qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

A toute ma famille et mes collègues qui m'ont aidé moralement et matériellement.

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible, Merci d'être toujours là pour moi.

Djelti Zoulikha





DEDICACE

Je tiens à dédier ce travail à ma chère maman pour son amour infini, pour son soutien incomparable pour sa compréhension qui n'a pas d'équivalent avec mes sentiments d'amour et de respect les plus chaleureux à mon chère père à qui je dois tant et tout symbole du courage et de sacrifice sa patience et son aide qui n'ont toujours encouragée et soutenue au cours de la période de mes études, je souhaite que travail soit un témoignage de ma profonde affection et reconnaissance du sacrifice mon père.

Cherguía Hamidia



Résumé

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

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

Ce projet présent une étude Géotechnique et géométrique de la deuxième rocade sud d'Oran section Belgaid-El kerma lot 3 du (PK09+000 au PK 13+000).

Cette étude se compose de trois parties :

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

Summary

Our Project of end of study return in the Field of the infrastructures of transport, and in particular the roads. The road is considered an effective element linking the various regions of the country and to contribute its development through various economic activities and commercial exchanges.

This Project presents a geotechnical and geometrical study of the 2nd ring road South of Oran section Belgaid-El kerma (PK 09+000 to PK 13+000).

This study consists of three parts:

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

ملخص

تتكون هذه الدراسة من ثلاثة أجزاء رئيسية

مشروعنا النهائي للدراسة هو في مجال البيئة التحتية للنقل وخاصة الطرق تعد الطرق عنصرا فعالا يربط بين مناطق مختلفة من البلاد والمساهمة في تنميتها من خلال الأنشطة الاقتصادية المختلفة والتجارة قدم هذا المشروع دراسة جيوتقنية وهندسية للطريق الدائري الثاني جنوب وهران منطقة بلقايد-الكرمة

- الجزء الأول: دراسة بليوغرافية على الطرق الدائري
- الجزء الثاني: دراسة هندسية
- الجزء الثالث: دراسة جيوتقنية للطريق الدائري الثاني في وهران

Sommaire

Résumé

Listes des figures

Liste des tableaux

Introduction Générale 01

Partie I : Etude Bibliographique

Chapitre I : Rocades en Europe	
I.1. Introduction	04
I.2. Rcade en France	04
I.3. Rocades en Espagne	06
I.4. Rcade en Angleterre	07
I.5. Rocades en Italie	08
Chapitre II : Rocades en Algérie	
II.1 Introduction	10
II.2 Deuxième rocade sud d’Alger	11
II.3 Rcade Nord d’Alger	12
II.4 Rcade de Chlef	13

Partie II : Etude Géométrique

Chapitre I : Présentation du projet	
I.1. Généralité sur la wilaya d'Oran	16
I.2. Présentation du projet	18
I.3. Justification du dédoublement Du CW 33	20
I.4. Objectif du projet	20
Chapitre II : Normes géométriques et données de base	
II.1. Généralités	22
II.2. Environnement de la route	22
II.3. Catégorie de la route	33
II.4. La vitesse de référence	34
Chapitre III Etude du trafic	
III.1. Généralités	36
III.2. Analyse de trafic	36
III.3. Différents types de trafics	36
III.4. Calcul de la capacité	37
III.5. Calcul du trafic effective	38
III.6. Débit de point horaire normal	38
III.7. Débit de point horaire admissible	38
III.8. Calcul du nombre de voie	41
III.9. Application de projet	41
Chapitre IV Paramètre cinématique	
IV.1. Distance de freinage	43
IV.2. Temps de réaction	44
IV.3. Distance d'arrêt	45
IV.4. Manœuvre de dépassement	46
IV.5. Espacement entre deux véhicules	47
IV.6. Application au projet	47

Chapitre V Trace en plan	
V.1. Introduction	50
V.2. La vitesse de référence (de base)	50
V.3. Paramètres fondamentaux (B40)	50
V.4. Règles et principes de tracé en plan	51
V.5. Les éléments de la trace en plan	51
V.6. Courbes en plan	53
V.7. Courbes de raccordements	57
V.8. Combinaison des éléments du tracé en	61
V.9. Choix du tracé	62
Chapitre VI Profil en long	
VI.1.Définition	64
VI.2. Règles à respecter dans le tracé de la ligne	64
VI.3. Eléments de composition du profil en long	64
VI.4. Coordination entre le tracé en plan et le profil en long	65
VI.5. Déclivité 65	65
VI.6. Les raccordements en profil en long	66
VI.7. Détermination pratique du profil en long	68
VI.8. Exemple de calcul de profil en long	71
Chapitre VII Profil en travers	
VII.1. Généralités	75
VII.2. Les éléments du profil en travers	75
VII.3. Classification du profil en travers	77
VII.4. Différents types du profil en travers	77
VII.5. Application numérique au projet	79
Chapitre VIII Cubature	
VIII.1. Généralités	81
VIII.2. Définition	81
VIII.3. Méthode de calcul des cubatures	81
VIII.4. Application au projet.	84

Chapitre IX Dimensionnement de cors de chaussée	
IX.1. Introduction	86
IX.2. La chaussée	87
IX.3. Les différentes catégories de chaussée	90
IX.4. Les principales méthodes de dimensionnement	91
IX.5. Application au projet	93
Chapitre X Assainissement	
X.1. Généralités	97
X.2. Objectif de l'assainissement	97
X.3. Assainissement de la chaussée	98
X.4. Définitions des termes hydrauliques	99
Chapitre XI Signalisation et éclairage	
XI.1. Signalisation	102
XI.2. Objectifs de la signalisation	102
XI.3. Critères à respecter pour les signalisations	102
XI.4. type de signalisation	103
XI.5. Eclairage	111
XI.6. Catégorie d'éclairage	111
XI.7. Paramètres d'implantation des luminaires	111
XI.8. Eclairage d'un point singulier	112
Chapitre XII Impact sur l'environnement	
XII.1. Impacts du projet sur l'environnement	114
XII.2. Mesures d'atténuation	115

Partie III: Etude Géotechnique

Chapitre I : Les Essais in situ	
III.I.1. Introduction	118
III.I.2.Objectif de la géotechnique routière	118
III. I.3.Réglementation algérienne en géotechnique	118
III.I.4.Les essais in situ	119
III.I.4.1.L'essai à la plaque	119
III.I.4.2.-L'essai densimètre à membrane (Norme NF 94 061/2)	120
III.I.4.3.-L'essai de compacité	121
III.I.4.4.Essai pressiométrique	122
III.I.4.5.Essai de carottage	123
Chapitre II: Les Essais au laboratoire	
III.II.1 Introduction	125
III.II.2.Essais physiques	126
III.II.2.1.La teneur en eau naturelle « W » : NF P 94-050	126
III.II.2.2.Masse volumique (NF P 94-054, NF P 94-053)	128
III.II.2.3.Analyse granulométrique par tamisage	129
III.II.2.4.Equivalent de sable selon la norme : NFP18-598	132
III.II.2.5.Limites d'Atterberg : NF P 94-051	135
III.II.2.6.Essai d'évaluation des carbonates : NF P 94-048	139
III.II.3.Essais mécaniques	142
III.II.3.1. Essai Proctor modifié : NF P 94-093	142
III.II.3.2. Essai CBR : NF P 94-078	144
III.II.4.Essais chimiques	147
III.II.4.1. Essais au bleu de méthylène (ou à la tache)	147
III.II.4.2.Essais sur les enrobes bitumineux	149

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF155

Conclusion générale162

Références Bibliographiques.

Annexe.

Liste des figures

Partie I : Etude Bibliographique

Chapitre I : Rocades en Europe	
Figure n°1 : Listes des roades en France	04
Figure n°2 : Géolocalisation sur la carte Paris	05
Figure n°3 : le boulevard périphérique au niveau de la porte d’Auteuil	05
Figure n°4 : Carte géographique de la rocade Z40	06
Figure n°5 : la rocade de Saragosse au niveau de l’AP68	06
Figure n°6 : Localisation géographique de la rocade A25	07
Figure n°7 : boulevard périphérique d’A25	07
Figure n°8 : Géolocalisation du boulevard périphérique A90	08
Figure n°9 : boulevard périphérique de Caen (vieux tunnel de cassia)	08
Chapitre II : Rocades en Algérie	
Figure n°10 : géolocalisation de la 2ème rocade Sud d’Alger	11
Figure n°11 :la 2ème rocade Sud d’Alger au niveau Douera	11
Figure n°12 : géolocalisation de la rocade nord d’Alger	12
Figure n°13 : la rocade nord d’Alger près de la sortie El-Harrach	12
Figure n°14 : Localisation géographique de la rocade de Chlef	13
Figure n°15 : boulevard périphérique Chlef sortie Alger-Oran	13
Figure n°16 : localisation géographique du 4eme boulevard périphérique d’Oran	14
Figure n°17 : Le 4ème boulevard périphérique d’Oran	14

Partie II : Etude Géométrique

Chapitre I : Présentation du projet	
Figure n°18: carte géographique de la wilaya d’Oran	17
Figure n°19 : carte géographiques des daïras et des communes de la wilaya d’Oran	17
Figure n°20 : carte réseaux routiers de la wilaya d’Oran	18
Figure n°21: la deuxième rocade sud d’Oran	19
Figure n°22: tronçon étudié de la 2eme rocade sud d’Oran	19
Figure n°23 : tracé globale de la 2eme rocade Sud d’Oran	20
Figure n°24: tracé du tronçon étudié de la 2 ème rocade Sud d’Oran	20
Chapitre IV Paramètre cinématique	
Figure n°25 : Distance de freinage	44
Figure n°26 : temps de réactions	45
Figure n°27: Distance d’arrêt	46
Figure n°28 : espacement entre véhicule	48
Chapitre V Trace en plan	
Figure n°29 : Elément du tracé en plan	52
Figure n°30: Elément de la Clothoïde	59
Chapitre VI Profil en long	
Figure n°31 : raccordement convexe et concave	67
Figure n°32 : visibilité	68
Figure n°33: Détermination du profil en long	70
Chapitre VII Profil en travers	
Figure n°34 : Eléments du profil en travers	75
Figure n°35 : profil en travers (cas de déblai)	77
Figure n°36 : profil en travers (cas d’un remblai	78
Figure n°37: profil en travers (cas mixte)	78
Chapitre VIII Cubature	
Figure n°38 : volume déblai ; remblai	82
Figure n°39 : calcul volume déblai, remblai	82

Chapitre IX Dimensionnement de cors de chaussée	
Figure n°40: coupe type d'une structure de chaussée	88
Figure n°41: coupe type d'une chaussée	89
Figure n°42: les différentes catégories de la chaussée...	90
Figure n°43: les couches de corps de chaussée	95
Chapitre X Assainissement	
Figure n°44: l'emplacement des ouvrages d'assainissement	100
Chapitre XI Signalisation et éclairage	
Figure n°45: marque sur la chaussée	106
Figure n°46 : flèche de rabattement	107
Figure n°47 : Schéma de signalisation stop sur chaussée	107
Figure n°48: Schémas de marquage par hachures	107
Figure n°49 : panneaux spéciaux (type A)	110
Figure n°50 : les signaux d'identification des routes (type E)	110
Figure n°51 : paramètres de l'implantation des luminaires	112

Partie III : Etude Géotechnique

Chapitre I : Les essais in situ	
Figure n°52 : L'essai à la plaque.	119
Figure n°53 : Densimètre à membrane	120
Figure n°54 : L'appareil de compacité	121
Figure n°55 : Préssiomètre	122
Figure n°56 : exemple d'un essai de carottage	124

Chapitre II : Les essais au laboratoire

Figure n°57 : Matériels d'essai teneur en eau	128
Figure n°58 : Analyse granulométrique	130
Figure n°59 : Tamisage électrique et manuel...	131
Figure n°60 : Méthode d'essai	131
Figure n°61 : Mode opératoire	132
Figure n°62 : Mode opératoire(2)	133
Figure n°63 : Matériels utilisés dans l'essai « Equivalent de sable »	134
Figure n°64 : L'essai d'équivalent de sable	135
Figure n°65 : Matériels utilisés.	138
Figure n°66 : Limite de plasticité.	139
Figure n°67 : Appareillage.	140
Figure n°68 : Tamisage de l'échantillon.	141
Figure n°69: Pesé l'échantillon.	141
Figure n°70 : Mode opératoire de l'essai carbonate	141
Figure n°71 : Modalité d'exécution des essais Proctor modifié	143
Figure n°72 : Matériels de l'essai Proctor	144
Figure n°73 : Les étapes de l'essai Proctor	145
Figure n°74 : Matériels d'essai CBR	145
Figure n°75 : Matériels d'essai CBR	147
Figure n°76 : Appareillage de l'essai bleu méthylène	148
Figure n°77 : Essai Bleu méthylène	149
Figure n°78 : Principe de l'essai Duriez	150
Figure n°79 : Principe de l'essai Marshall	151
Figure n°80 : Presse à cisaillement giratoire	151
Figure n°81 : Principe de l'essai de compression diamétral	152
Figure n°82 : Principe de l'essai d'orniérage.	152
Figure n°83 : Principe de l'essai traction directe	153
Figure n°84 : Principe de l'essai de compression cyclique uni axiale sous confinement	153
Figure n°85 : Représentation des contraintes exercées sur l'éprouvette	154

Liste des Tableaux

Partie I : Etude Bibliographique

Chapitre II : Rocades en Algérie	
Tableau n°1 : listes des quelques rocales en Algérie	10

Partie II : Etude Géométrique

Chapitre II : Normes géométriques et données de base	
Tableau n°2 : dénivelé de chaque profil	23
Tableau n°3 : Détermination de la nature du terrain	31
Tableau n°4 : Sinuosité	32
Tableau n°5 : Environnement de la route	33
Tableau n°6: Vitesse de référence	34
Chapitre III : Etude du trafic	
Tableau n°7 : valeurs du coefficient P	38
Tableau n°8 : Valeurs de K1 en fonction de l'environnement	39
Tableau n°9 : Valeurs de K2 en fonction de l'environnement	39
Tableau n°10 : Valeurs de capacité théorique	39
Chapitre IV Paramètre cinématique	
Tableau n°11 : Coefficient de frottement longitudinal	44
Tableau n°12 : Les valeurs de temps de perception réaction en fonction de E, CAT et Vr	45
Tableau n°13 : lois de distance d'arrêt	46
Tableau n°14 : Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse	46

Chapitre V Trace en plan	
Tableau n°15 : Devers en fonction de l'environnement.	53
Tableau n°16 : Dévers	54
Tableau n°17 : Valeur du coefficient ft	55
Tableau n°18 : Valeur du coefficient« F" »	55
Tableau n°19 : Tableau récapitulatif des paramètres cinématique	55
Tableau n°20 : les rayons en plan selon B	55
Chapitre VI Profil en long	
Tableau n°21 : valeur de déclivité maximale	65
Tableau n°22 : Rayons convexes (angle saillant)	68
Tableau n°23 : Rayons concaves (angle rentrant)	68
Tableau n°24 : valeurs de tangente et de flèche	72
Chapitre IX Dimensionnement de cors de chaussée	
Tableau n°25: coefficient d'équivalence des matériaux	92
Chapitre XI Signalisation et éclairage	
Tableau n°26: modulation de la ligne continue	105

Partie III: Etude Géotechnique

Chapitre I : Les Essais au laboratoire	
Tableau n°27 : essais physiques	126
Tableau n°28 : essais mécaniques	126
Tableau n°29 : essais chimiques	126
Tableau n°30: nature du sol en fct d'ES	136
Tableau n°31: Qualification des horizons en fct de teneur en eau	142

Liste des symboles

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.

Nomenclatures

B40 : les normes algériennes routière. **TJMA** : le trafic journalier moyen annuel.

VB : vitesse de bas.

Liste des symboles

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.

Introduction générale

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 économique.

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

L'objectif de ces mesures est d'assurer la sécurité, le confort des usagers avec les moindres coûts possibles, d'où ce présent projet de fin d'études qui consiste à la création d'une rocade qui se situe dans la wilaya d'Oran.

Ce projet de fin d'étude s'articule sur trois grandes parties principales

la première partie concerne l'étude bibliographique sur les rocades dans l'Europe et en Algérie, la deuxième partie correspond l'étude géométrique dans laquelle nous exposons l'étude en APD ainsi que l'impact sur l'environnement. L'étude géotechnique de la deuxième rocade sud d'Oran section Belgaid-El kerma du (PK09+000 au Pk13+000) sera exposée dans la dernière partie à la vie sociale.

Partie I

Etude

Bibliographique

Chapitre I

Les rocadees en Europe

I.1) Introduction :

Une rocade (parfois aussi désignée comme boulevard périphérique, anneau périphérique, voie périphérique, boulevard de ceinture ou ceinture périphérique) est généralement une voie rapide urbaine (VRU) ou une voie de type autoroutier permettant à la circulation de transit de contourner une ville, son centre-ville ou une agglomération et de relier les différentes autoroutes qui y aboutissent. L'objectif principal est d'offrir un axe routier plus rapide de déplacement et de contournement que si l'on circulait dans le centre de la ville contournée.

Par définition, une ceinture périphérique comme une rocade, réalise le tour complet d'une ville.

Du fait du classement en voies rapides ou autoroutes de la plupart de ces voies, elles sont généralement interdites aux cycles, piétons, véhicules à traction animale ou, dans certains pays, aux véhicules sans immatriculation. Elles sont donc utilisées essentiellement par des automobiles, des motos et des poids lourds.

Les voies périphériques sont usuellement dotées d'au moins deux voies de circulation dans chaque sens.

Les deux sens de circulation peuvent être désignés « périphérique intérieur » et « périphérique extérieur » (en fonction de leur emplacement à l'intérieur ou à l'extérieur de l'anneau).

I.2) Rocades en France :

En France, la vitesse en ville été au départ de 100 km /h et par le temps a été limitée à 70km/h .

Une rocade permet donc de traverser la ville sans être exposé à ces limitations de vitesse, au prix d'un détour plus ou moins important.

En France, les rocales peuvent avoir le statut d'autoroutes, de routes nationales ou départementales.

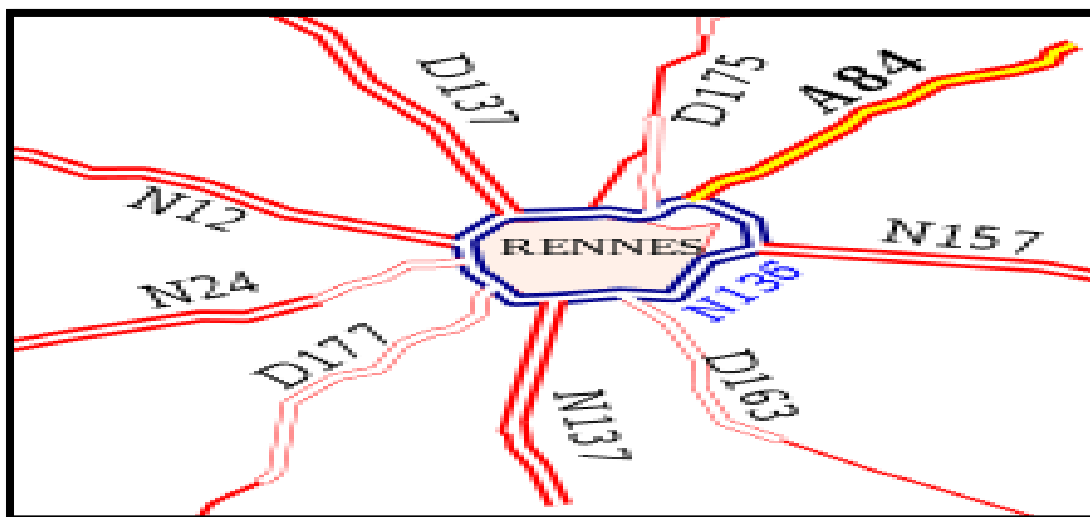


Figure n°1: liste des rocales en France.

Rocade de Paris :

Le boulevard périphérique de Paris 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.

Il comporte le plus souvent quatre voies de circulation dans chaque sens (deux ou trois voies entre la porte d'Italie et la porte d'Orléans, cinq voies entre la porte de Montreuil et la porte de Bagnolet, trois voies entre la porte d'Orléans).

La vitesse était au départ 100 km/h et après le temps elle y est limitée à 70 km/h et les véhicules qui s'y engagent par la droite sont prioritaires sur ceux qui y sont déjà (sur la voie de droite uniquement), contrairement aux règles de priorité en vigueur habituellement sur les voies rapides, mais conformément à celles ayant cours sur la voirie parisienne.



Figure n°2 : Géolocalisation sur la carte (Paris).



Figure n°3 :Le boulevard périphérique au niveau de la porte d'Auteuil

I.3) Les rocades en Espagne :

Quatrième ceinture de Saragosse :

La **Z-40** aussi appelée *Circunvalación de Zaragoza* est une voie circulaire bouclée en 2008 qui a les caractéristiques autoroutières faisant le tour de la capitale Aragonaise.

D'une longueur de 34 km , c'est une autoroute très chargée qui dessert toutes les zones de l'agglomération de Saragosse, elle comporte le plus souvent trois voies de circulation dans chaque sens. C'est de la que partent la plupart des autoroutes reliées au réseau espagnol à destinations des différents points cardinaux du pays :

- AP-68 : Saragosse - Logroño - Bilbao.
- AP-2 : Saragosse - Lleida (A-2) - Barcelone.
- A-2 : Saragosse - Calatayud - Madrid.
- A-23 : Saragosse - Huesca - Le Somport pour le nord et Saragosse - Teruel -Sagonte (Valence) pour le sud.
- A-68 : Saragosse - Fuentes de Ebro à l'est et Saragosse - Figueras à l'ouest.

La **Z-40** entoure le centre de Saragosse et passe à proximité d'impressionnantes structures tels la plus grande plateforme logistique d'Europe Pla-Za et le site de l'Exposition Universelle 2008.

Elle traverse 2 fois l'Ebre, une fois à l'est au l'autre à l'ouest de la ville.



Figure n °4 : carte géographique de la rocade Z-40



Figure n°5 : la rocade de Saragosse au niveau de la bifurcation avec l'AP-68.

I.4) Les rocales en Angleterre :

RocadeM25 :

L'autoroute M25, baptisée London Orbital, est un périphérique britannique de la région du Grand Londres, il a une longueur de 188 km. En Europe, la M25 est le deuxième périphérique le plus long après celui de Berlin, plus long de 8 kilomètres.

Elle est la route la plus fréquentée du Royaume-Uni et, en 2003, a vu passer 196 000 véhicules

Par jour ,Sur la plus grande partie de sa longueur, la M25 a 6 voies, bien qu'il y ait quelques portions de 4 voies ou 8 voies (au sud-ouest).

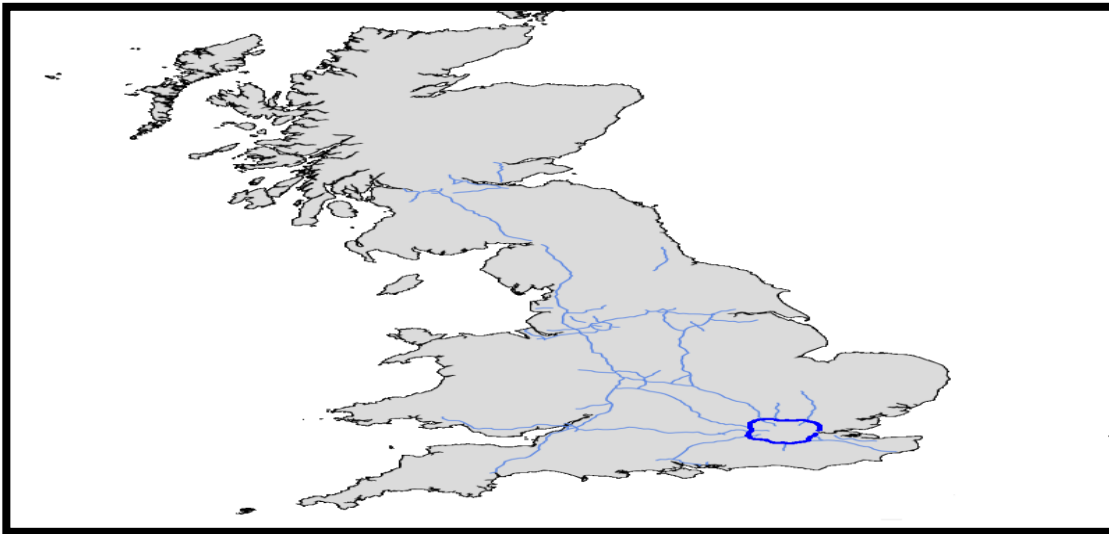


Figure n°6 : la localisation géographique de la rocade de M25.

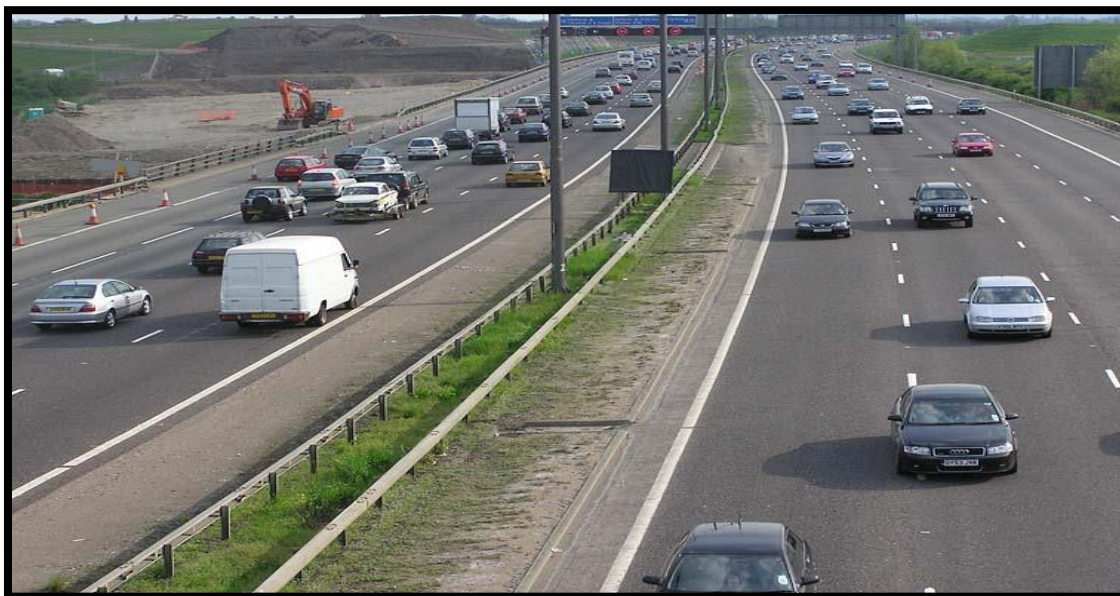


Figure n°7: Boulevard périphérique de M25.

I.5) Les rocadés en Italie :

Rocades italienne A90 :

Mieux connue sous le nom de **GRA** (*Grande Raccordo Anulare*) ou **Grand contournement de Rome**, est la ceinture périphérique de Rome.

Il s'agit d'une autoroute sans péage à double sens de circulation, qui suit un itinéraire circulaire fermé de 68,223 km sans discontinuité. Construite à partir de 1948, elle est constituée d'au moins trois voies de circulation dans chaque sens depuis 2006.

Elle est parcourue en moyenne par 160 000 véhicules par jour, soit environ 58 millions par an, ce qui en fait l'une des autoroutes italiennes les plus empruntées.



Figure n°8 : Géolocalisation du boulevard périphérique A90.



Figure n° 9 : boulevard périphérique A90 (vieux tunnel de Cassia).

Chapitre II

Les rocades en Algérie

II .1) Introduction :

En Algérie le secteur de transport connaît une véritable mutation, un grand nombre de projets ont été réalisés ou sont de phases de réalisation, à fin de rendre ce secteur plus performant et plus efficace dans sa contribution dans le développement économique du pays, parmi ces projets la réalisation des boulevards périphériques (les rocade).

Le tableau suivant représente quelques rocade en Algérie :

Année	Nom de Rcade	Itinéraire
1985	Nord Rcade Alger-Centre - Dar El Beida	16 km
1985	Rcade Est	3.5 km
1988	Liaison rcade Nord - rcade Sud (Mohammedia - Oued Ouchaïah)	4.5km
1988	Rcade Est Bordj El Kiffan – Aéroport	35 km
1998	Rcade Est (Constantine - El Khroub- El Gourzi)	15.5 km
1996	Rcade Sud (Douaouda - Dar El Beïda)	45.5 km
2004	Rcade Sud (Aïn Smara - Zighoud Youcef) 31 k	12.3 km
2005	Rcade Sud de Tizi-Ouzou	12.3 km
2007	Rcade Sud (Bir El Djir – Es Sénia - Messerghine 32 K	32 km
2008	Rcade Nord-Est (Ali Mendjeli - El Khroub)	10 km
2009	2e rcade Sud (Zéralda - Boudouaou)	61 km
2009	Rcade nord-est de Sétif.	9.5 km

Tableau N° 1 : listes de quelques rocade en Algérie.

II .2) 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 d'Alger (Boudouaou) à la banlieue ouest (Staoueli) qui passe en moyenne à 5 km au sud de la Rocade Sud.

La rocade sud d'Alger a été construite en plusieurs étapes entre 1976 et 1998. La première partie ouverte se situe entre Bir Mourad Raïs et Ben Aknoun.



Figure n° 10 : localisation de la 2eme Rocade Sud d'Alger



Figure n°11 : la 2e rocade sud d'Alger au niveau de Douera sur l'autoroute.

II .3) La rocade nord d'Alger :

Autoroute de l'Est est une rocade qui mène du centre d'Alger à Dar El Beïda dans la banlieue d'Alger sur 14,5 km et jusqu'à Boudouaou sur 29 km pour rejoindre l'Est du pays.

Cette route a été requalifiée et prolongée durant les années 1980 par deux rocades, dont la Rcade Nord inaugurée en 1985. La Rcade Nord vient suppléer l'ancienne route moutonnaire construite dans les années 1920 pour aller d'Alger vers la banlieue Est.



Figure n°12 : localisation de la Rcade Nord d'Alger.



Figure n° 13 : la rocade nord d'Alger près de sortie El Harrach.

II .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 2008 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.

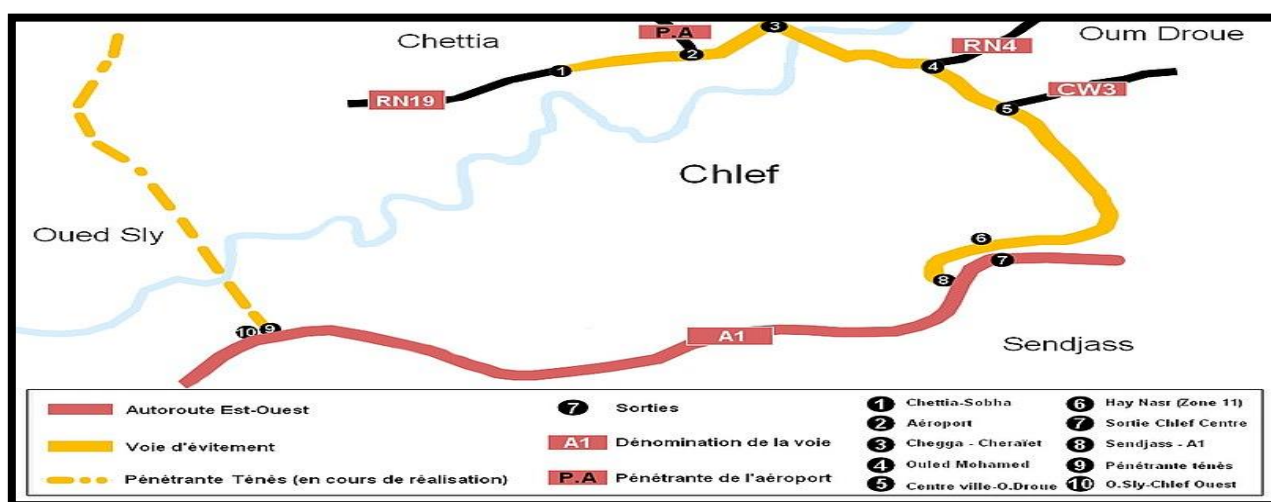


Figure n°14 : localisation géographique de la rocade de Chlef.



Figure n°15 : Boulevard périphérique Chlef sortie Alger - Oran (RN4).

II .4) Le 4eme boulevard périphérique d'Oran:

Le quatrième périphérique de la ville d'Oran se Longue de 22 kilomètres, cette autoroute de 2×2 voies, appelée autrement rocade sud d'Oran, est matérialisée par 12 ouvrages d'art dont 8 échangeurs et 4 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 Ain 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 5 milliards de dinars.



Figure n°16 : localisation géographique du 4eme boulevard périphérique d'Oran.



Figure n°17: Le 4 ème boulevard périphérique d'Oran.

Partie II

Etude Géométrique

Chapitre I

Présentation du Projet

I.1) Généralité sur la wilaya d'Oran :

La Wilaya d'Oran est une wilaya d'Algérie en Afrique du Nord. Elle compte 1 520 274 habitants sur une superficie de 2 114 km², La wilaya d'Oran est située sur le littoral Nord-ouest de l'Algérie à 430 km d'Alger d'une superficie totale de 2114 km² et une façade maritime de 120 km. Elle est limitée par

- Au Sud : les wilayas de Sidi bel abbés et Mascara.
- A l'est la wilaya de Mostaganem.
- Au Sud-est la wilaya de Mascara
- Au Nord : la mer méditerranée.
- A l'ouest la wilaya d'Ain Timouchent.



Figure n°18: localisation géographique de la wilaya d'Oran.

• La wilaya d'Oran dispose d'atouts économiques, dont l'exploitation offre des perspectives De développements économiques prometteurs dans le domaine agricole, maritime, Industriel et surtout touristique. La wilaya d'Oran compte 9 daïras :



Figure n°19: carte géographique des daïras et des communes de la wilaya d'Oran.

Le relief :

La Wilaya d'Oran bénéficie d'un littoral marin comprenant des falaises rocheuses et des plages sableuses s'étalant au bas des plaines de Bousfer, des Andalouses et de la baie d'Arzew à l'Est où les collines du Sahel forment les hautes falaises abruptes allant d'Arzew à Canastel.

Le climat :

La wilaya d'Oran bénéficie d'un climat méditerranéen classique marqué par une sécheresse estivale, des hivers doux, un ciel lumineux et dégagé.

Pendant les mois d'été, les précipitations deviennent rares voire inexistantes, et le ciel est lumineux et dégagé. L'anticyclone subtropical recouvre la région oranaise pendant près de quatre mois. En revanche la région est bien arrosée pendant l'hiver.

Les réseaux routiers :

- routes nationales (227 Km).
- Chemins de Wilaya (630 Km).
- Chemins communaux (291 Km).



Figure n°20: carte du réseau routier de la wilaya d'Oran.

I.2) Présentation de projet :

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

Tous ce flux va être canalisé par cette deuxième rocade. Notre projet consiste a étudié le lot N°03 du PK 9+000 au PK 13+000. Cette section rentre dans 02 communes à savoir la commune de Hassi Bounif et la commune d'El Kerma.



Figure n°21 : la deuxième rocade sud d'Oran section BELGAID –EL KERMA.



Figure n°22 : Tronçon étudié de la deuxième rocade sud d'Oran section BELGAID –EL KERMA.



Figure n°23 : tracé globale de la deuxième rocade sud d'Oran section BELGAID –EL KERMA.



Figure n°24 : tracé du tronçon étudié de la deuxième rocade sud d'Oran section BELGAID -ELKERMA.

I.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'économie du citoyen et du pays.

I.4) Objectifs du projet :

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

- Disposer d'une nouvelle infrastructure, offrant une capacité suffisante pour répondre à une demande de transport sans cesse croissante.
- Le développement économique de la région.
- Caractéristique géométrique entravant la fluidité de la circulation et réduisant la capacité.
- L'amélioration notable de la sécurité de l'utilisateur.
- Etudier le trafic afin de justifier l'utilité de l'aménagement prévu.
- Procéder à un dimensionnement des corps de chaussées neufs.
- Projetée et un renforcement pour la partie existante.
- Concevoir la géométrie en plan, profil en long et en travers du projet.

Chapitre II

Normes géométriques et données de base

II.1) Généralités :

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

II.2) Environnement de la route

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

- La dénivelée cumulée moyenne ($H/L=DC$).
- La sinuosité 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 ($L=L_1+L_2+L_3+....L_n$).

Calcul de la dénivelée cumulée moyenne:

point	PK	Distance partiel	Z terrain naturel	DH
388	9000	0	95,477	
389	9025	25	95,727	0,25
390	9050	25	95,977	0,25
391	9075	25	96,236	0,259
392	9100	25	96,651	0,415
393	9125	25	97,172	0,521
394	9150	25	97,693	0,521
395	9175	25	98,215	0,522
396	9200	25	98,733	0,518
397	9225	25	99,178	0,445
398	9250	25	99,519	0,341
399	9275	25	99,756	0,237
400	9300	25	99,889	0,133
401	9325	25	99,918	0,029
402	9350	25	99,843	-0,075
403	9375	25	99,664	-0,179

404	9400	25	99,381	-0,283
405	9425	25	98,994	-0,387
406	9450	25	98,56	-0,434
407	9475	25	98,126	-0,434
408	9500	25	97,692	-0,434
409	9525	25	97,258	-0,434
410	9550	25	96,824	-0,434
411	9575	25	96,393	-0,431
412	9600	25	96,101	-0,292
413	9625	25	96,017	-0,084
414	9650	25	96,141	0,124
415	9675	25	96,422	0,281
416	9700	25	96,713	0,291
417	9725	25	97,004	0,291
418	9750	25	97,295	0,291
419	9775	25	97,584	0,289
420	9800	25	97,798	0,214
421	9824,51	24,51	97,908	0,11
422	9825	0,49	97,909	0,001
423	9850	25	97,915	0,006

424	9875	25	97,818	-0,097
425	9900	25	97,617	-0,201
426	9925	25	97,399	-0,218
427	9928,47	3,47	97,383	-0,016
428	9950	21,53	97,372	-0,011
429	9975	25	97,552	0,18
430	10000	25	97,941	0,389
431	10025	25	98,536	0,595
432	10050	25	99,334	0,798
433	10075	25	100,191	0,857
434	10100	25	101,048	0,857
435	10125	25	101,868	0,82
436	10150	25	102,584	0,716
437	10175	25	103,197	0,613
438	10200	25	103,705	0,508
439	10225	25	104,11	0,405
440	10250	25	104,411	0,301
441	10275	25	104,677	0,266
442	10300	25	104,943	0,266
443	10325	25	105,209	0,266

444	10350	25	105,475	0,266
445	10375	25	105,741	0,266
446	10400	25	106,007	0,266
447	10425	25	106,272	0,265
448	10450	25	106,538	0,266
449	10475	25	106,804	0,266
450	10500	25	107,07	0,266
451	10525	25	107,336	0,266
452	10550	25	107,602	0,266
453	10575	25	107,868	0,266
454	10600	25	108,133	0,265
455	10625	25	108,399	0,266
456	10625,97	0,97	108,41	0,011
457	10650	24,03	108,655	0,245
458	10675	25	108,824	0,169
459	10700	25	108,888	0,064
460	10725	25	108,849	-0,039
461	10750	25	108,705	-0,144
462	10775	25	108,467	-0,238
463	10800	25	108,212	-0,255

464	10825	25	107,957	-0,255
465	10850	25	107,702	-0,255
466	10875	25	107,447	-0,255
467	10900	25	107,192	-0,255
468	10925	25	106,937	-0,255
469	10950	25	106,682	-0,255
470	10975	25	106,427	-0,255
471	11000	25	106,173	-0,254
472	11025	25	105,918	-0,255
473	11050	25	105,663	-0,255
474	11075	25	105,408	-0,255
475	11100	25	105,153	-0,255
476	11125	25	104,898	-0,255
477	11150	25	104,643	-0,255
478	11175	25	104,388	-0,255
479	11200	25	104,133	-0,255
480	11225	25	103,878	-0,255
481	11250	25	103,623	-0,255
482	11275	25	103,368	-0,255
483	11300	25	103,113	-0,255

484	11325	25	102,858	-0,255
485	11350	25	102,603	-0,255
486	11375	25	102,348	-0,255
487	11400	25	102,093	-0,255
488	11425	25	101,854	-0,239
489	11450	25	101,785	-0,069
490	11475	25	101,923	0,138
491	11500	25	102,191	0,268
492	11525	25	102,37	0,179
493	11550	25	102,445	0,075
494	11575	25	102,415	-0,03
495	11600	25	102,282	-0,133
496	11625	25	102,045	-0,237
497	11650	25	101,704	-0,341
498	11675	25	101,269	-0,435
499	11700	25	100,819	-0,45
500	11725	25	100,369	-0,45
501	11750	25	99,939	-0,43
502	11775	25	99,683	-0,256
503	11800	25	99,634	-0,049

504	11825	25	99,794	0,16
505	11850	25	100,6	0,806
506	11875	25	100,68	0,08
507	11900	25	101,208	0,528
508	11925	25	101,735	0,527
509	11950	25	102,263	0,528
510	11975	25	102,79	0,527
511	12000	25	103,318	0,528
512	12025	25	103,845	0,527
513	12050	25	104,373	0,528
514	12075	25	104,9	0,527
515	12100	25	105,428	0,528
516	12125	25	105,956	0,528
517	12150	25	106,482	0,526
518	12175	25	106,943	0,461
519	12200	25	107,3	0,357
520	12225	25	107,553	0,253
521	12250	25	107,702	0,149
522	12275	25	107,747	0,045
523	12300	25	107,688	-0,059

524	12325	25	107,525	-0,163
525	12350	25	107,258	-0,267
526	12375	25	106,787	-0,471
527	12400	25	106,412	-0,375
528	12425	25	105,886	-0,526
529	12450	25	105,36	-0,526
530	12475	25	104,834	-0,526
531	12500	25	104,308	-0,526
532	12525	25	103,782	-0,526
533	12550	25	103,256	-0,526
534	12575	25	102,73	-0,526
535	12600	25	102,206	-0,524
536	12625	25	101,687	-0,519
537	12650	25	101,326	-0,361
538	12675	25	101,172	-0,154
539	12700	25	101,226	0,054
540	12725	25	101,486	0,26
541	12750	25	101,826	0,34
542	12775	25	102,166	0,34
543	12800	25	102,505	0,339

544	12825	25	102,845	0,34
545	12847,87	22,87	103,156	0,311
546	12850	2,13	103,185	0,029
547	12875	25	103,521	0,336
548	12900	25	103,781	0,26
549	12925	25	103,936	0,155
550	12950	25	103,988	0,052
551	12975	25	103,936	-0,052
552	13000	25	103,779	-0,157
Σ		4000	Σ	8,302

Tableau n°2 : Dénivelé de chaque profil

$$L = 13000 - 9000 = 4000 \text{ m}$$

Alors $\frac{\Sigma \Delta H}{\Sigma L} = 8,302 / 4000 = 0.0020755$

$$Dc = 0.21\%$$

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

Tableau N° 3 : détermination de nature des terrains (norme B40) .

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

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

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

Tableau N°4 : Sinuosité (norme B40).

Dans notre cas :

$$L = 4000m$$

$$Ls = 0$$

$$\sigma = 0 \quad \text{Donc}$$

caractéristique d'une sinuosité faible (tableau4).

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

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

Tableau N°5: Environnement de la route (norme B40).

Dans notre cas :

**Un terrain Plat /Une Sinuosité faible /
L'environnement de la route E1 (tableau5).**

II.3) Catégorie de la route :

Selon le 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 CAT 2.**

II.4) La vitesse de référence :

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

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

Tableau n°6 : vitesse de référence (norme B40) .

Dans notre cas nous avons :

Vr = 100 Km/h

Chapitre III

Etude du trafic

III.1) Généralité :

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

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

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

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

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

III.2) Différents types de trafic :

a) Trafic normal:

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

b) Trafic dévié:

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

c) Trafic total:

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

d) Trafic induit:

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

III.3) Analyse des trafics existants :

Plusieurs méthodes permettant l'analyse du trafic, ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

- Celles qui permettent de quantifier le trafic : les comptages.
- Celles qui en outre permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs : les enquêtes.

III.3.1. comptages

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

- Les comptages automatiques.
- Les comptages manuels.

III.3.1.1 Comptages automatique

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires, en ce qui concerne les comptages permanents, sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de wilaya les plus circulés.

Les comptages temporaires s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

III.3.1.2 comptages manuel

Ils sont réalisés par les agents 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 communs. Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A).

III.3.2 connaissance des flux (les enquêtes)

Il est plus souvent avantageux 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.

Elle permet en particulier de distinguer les trafics de transit et d'échange.

III.4) Calcul de la capacité :

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

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

III.5) Calcul 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°7 : valeurs du coefficient P (norme B40).

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

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

Avec :

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

Q : est exprimé en UVP/h.

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

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

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° 8 : valeurs de K1 en fonction de l'environnement (norme B40).**Valeur de K2 :**

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

Tableau n° 9 : valeurs de K2 en fonction de l'environnement (norme B40).**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°10 : Valeurs de capacité théorique (norme B40).

III.8) Application au projet:

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

- Le trafic à l'année de compactage 2017 $TMJA_0 = 10700 \text{ V/J}$.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 6\%$.
- 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 (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 :

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

Avec :

P : 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 %**.

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

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

Débit de pointe horaire normale :

➤ L'année de mise en service :

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

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

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

La capacité admissible :

$$Q_{\text{adm}} (\text{uvp/h}) = K_1.K_2.C_{\text{th}}$$

Avec :

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

K2 : coefficient correcteur pris égale à 1 pour E1.

Cth : capacité théorique pris égale à 1800 uvp/h pour les routes à chaussées séparées.

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

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

III.9) Détermination nombre des voies :

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

Avec:

$$S = 2/3$$

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

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

Chapitre IV

Paramètres cinématiques

IV.1) Distance de freinage :

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

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

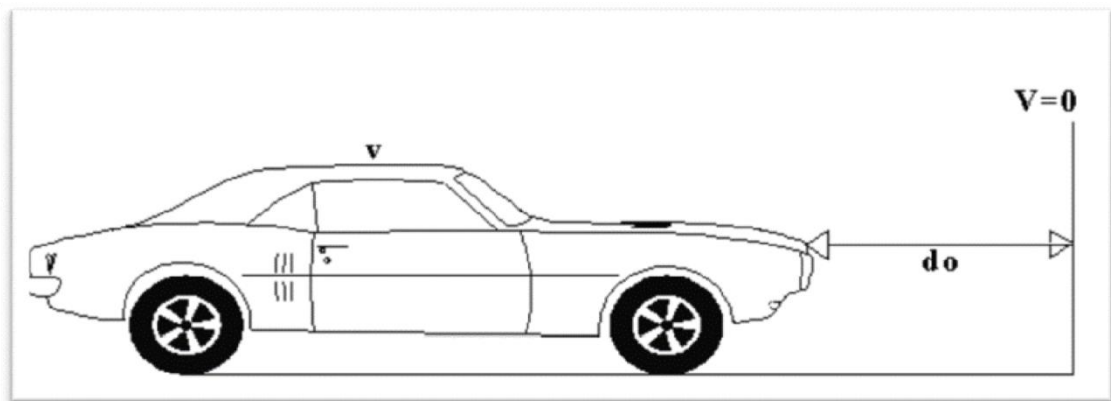


Figure n°25: Distance de freinage.

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

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

Dans ce cas la formule d_0 sera :

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

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

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

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

Vr : vitesse de référence en Km/h.

e : déclivité.

f_{rl} : 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°11 : Coefficient de frottement longitudinal (selon les normes de B40).

Pour notre projet on a $f_l = 0.36$

IV.2) Temps de réaction:

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

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

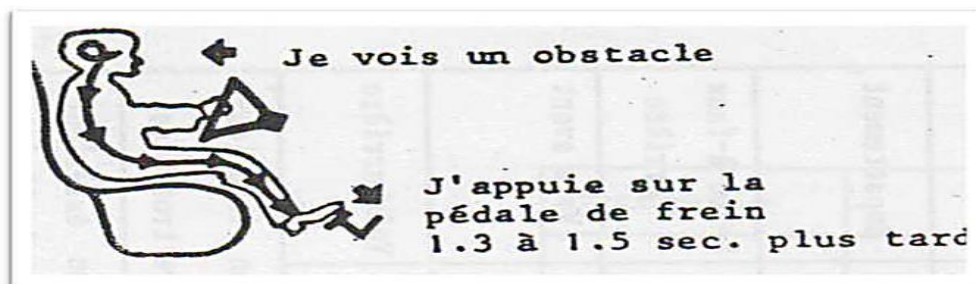


Figure n°26: temps de réactions

Dans une attention concentrée :

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

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

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

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

Tableau n°12 : Les valeurs du temps et perception réaction t en fonction de E, CAT et V_r .
(selon les normes de B40).

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

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

IV.3) Distance d'arrêt :

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

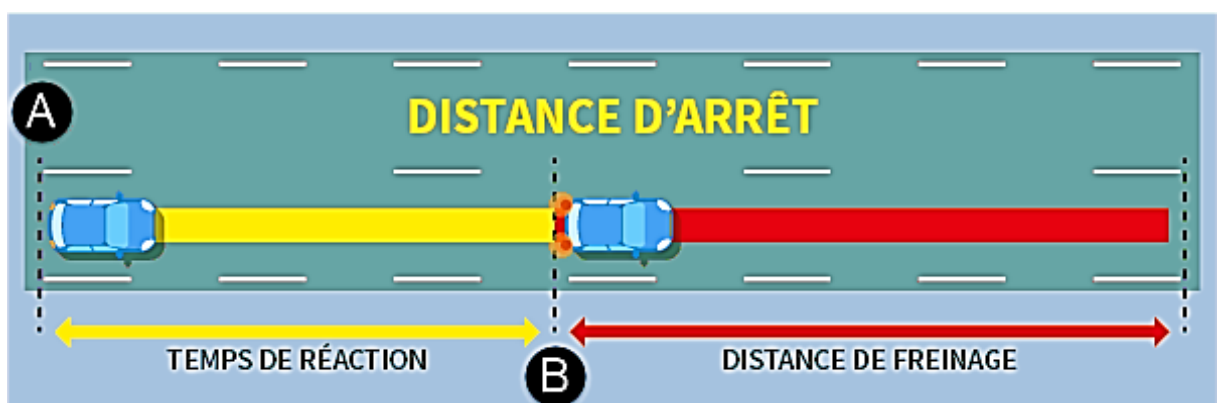


Figure n°27: Distance d'arrêt.

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°13 : lois de distance d'arrêt (selon les normes de B40).

D1 : distance d'arrêt

D0 : distance de freinage

V : vitesse (km/h)

IV.4) Manœuvre de dépassement :

Dvdm : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement moyenne

DvdN : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement normale

Dmd : Distance de visibilité de manœuvre et de dépassement

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

Tableau n°14 : Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse (Selon les normes de B40).

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

IV.5) Espacement entre deux véhicules :

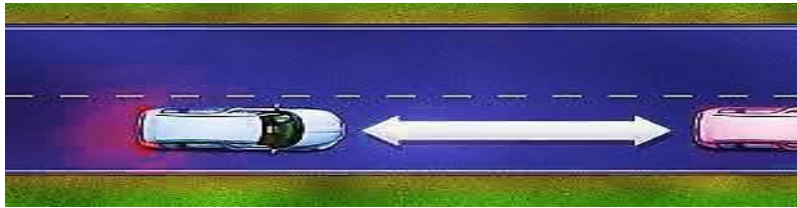


Figure n°28 : espacement entre véhicule.

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

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

IV.6) Application au projet :

Distance de freinage :

Pour notre projet on a $f_{rl} : 0.36$

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

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

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

➤ En rampe : $e = +0.052$

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

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

$$n \text{ pente : } e = -0.052$$

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

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

Distance d'arrêt :

a) En alignement droit :

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

$$\text{➤ En palier : } d = 111.11 + (0.50 \times 100) = 161.11 \text{ m}$$

$$\text{➤ En rampe : } d = 97.087 + (0.50 \times 100) = 147.087 \text{ m}$$

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

B) En courbe:

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

$$\text{➤ En palier : } d = 1.25 \times 111.11 + (0.50 \times 100) = 188.88 \text{ m}$$

$$\text{➤ En rampe : } d = 1.25 \times 97.087 + (0.50 \times 100) = 171.35 \text{ m}$$

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

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

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

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

Espacement entre véhicules :

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

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

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

Chapitre V

Tracé en Plan

V.1) Introduction

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

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

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

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

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

V.2.1. Choix de la vitesse de référence :

Le choix de la vitesse de référence dépend de :

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

V.3) Paramètres fondamentaux (B40) :

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

V.4) Règles et principes du tracé en plan

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

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

V.5) Les éléments du tracé en plan

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

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

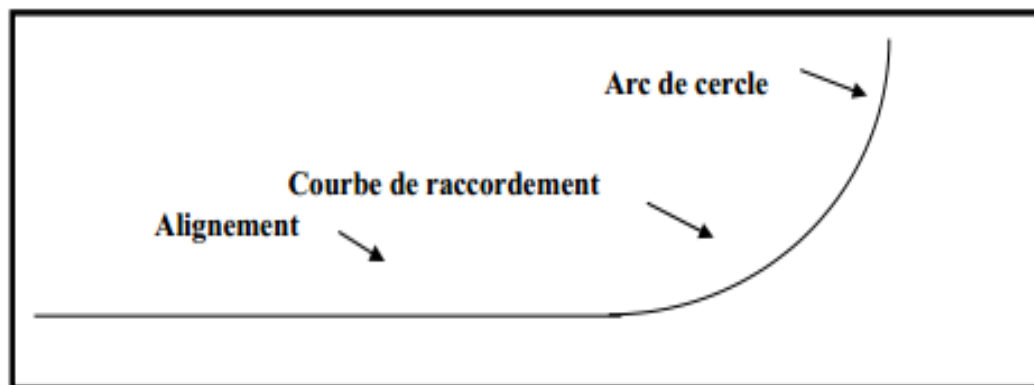


Figure n°29: Elément géométriques constituant un tracé en plan.

V.5.1. Alignements droit

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

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

Avec V en

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

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

Réunion de 2 longues courbes par un alignement court

Solution : alignement à supprimer.

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

Solution : augmenter le rayon de sa courbe.

V.5.2. Les arcs de cercle

Trois problèmes se posent :

- Stabilité des véhicules en courbe.
- Visibilité en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

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

Remarque

- ❖ Le devers « d » ne doit pas être trop grand (risque de glissement à faible vitesse par temps pluvieux ou verglas)
- ❖ Le devers « d » ne doit pas être trop faible pour assurer un bon écoulement des eaux.
Ceci nous conduit à la série de couples (Catégorie, d).
- ❖ Au devers maximum correspond le rayon minimum absolu RHm 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°15: Devers en fonction de l'environnement (selon les normes de B40).

V.6) Courbes en plan :**V.6.1. 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

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

V.6.2. Le rayon minimal normal RHN :

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

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

V.6.3. Le rayon au dévers minimal RHd :

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

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

$d_{min} = 2.5\%$ en catégorie 1 – 2

$d_{min} = 3\%$ en catégorie 3– 4

V.6.4. Le rayon non déversé RHnd :

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

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

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

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

Tableau n°16 : Dévers (selon les normes de B40)..

V.6.6.Détermination du coefficient transversal f_t :

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

Tableau n°17: Valeur du coefficient f_t . (Selon les normes de B40).V.6.7.Détermination du coefficient F'' en fonction de la catégorie :

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

Tableau n°18: Valeur du coefficient « F'' » (selon les normes de B40).

• Tableau récapitulatif :

Vitesse réf	100km/h
d_{max}	7 %
d_{min}	-2,50 %
$d = d_{max} - 2\%$	5 %
F_t	0,11
f''	0,06

Tableau n°19 : Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques. (selon les normes de B40).

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

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

Tableau n°20 : les rayons en plan (selon les normes de B40).

Application au projet :

$$RHm = \frac{Vr^2(Km/h)}{127(d+ft)}$$

$$RHm = \frac{100^2}{127(0.11+0.07)} = 437.44 \text{ m}$$

$$RHN = \frac{(Vr+20)^2(Km/h)}{127(d+ft)}$$

$$RHN = \frac{(100+20)^2}{127(0.11+0.07)} = 629.92 \text{ m}$$

$$RHd = \frac{Vr^2(Km/h)}{127 \times 2 \times d}$$

$$RHd = \frac{100^2}{127 \times 2 \times 0.025} = 1574.80 \text{ m}$$

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

$$RHnd = \frac{100^2}{127(0.06 - 0.025)} = 2249.71 \text{ m}$$

On remarque que les valeurs calculées correspondent réellement la valeur du tableau N°19 (normes B40).

V.6.4. visibilité en courbe

Un virage d'une route peut être masqué du côté inférieur de la courbe par un talus de déblai, ou par une construction ou forêt. Pour assurer une visibilité étendue au conducteur d'un véhicule, il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à déterminer. Au lieu de cela, une autre solution serait d'augmenter le rayon du virage jusqu'à ce que la visibilité soit assurée.

V.6.4. Sur largeur

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

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

V.7) courbes de raccordements

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

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

V.7.1. Clothoïde

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine ou il infini jusqu'au point asymptotique ou il s'annule, la courbure de la Clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc. Parcourue à vitesse constante, la Clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

V.7.2. Expression mathématique de la Clothoïde

La Courbure K linéairement proportionnellement à la longueur curviligne.

$$K = C.L$$

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

V.7.3. Élément de la Clothoïde

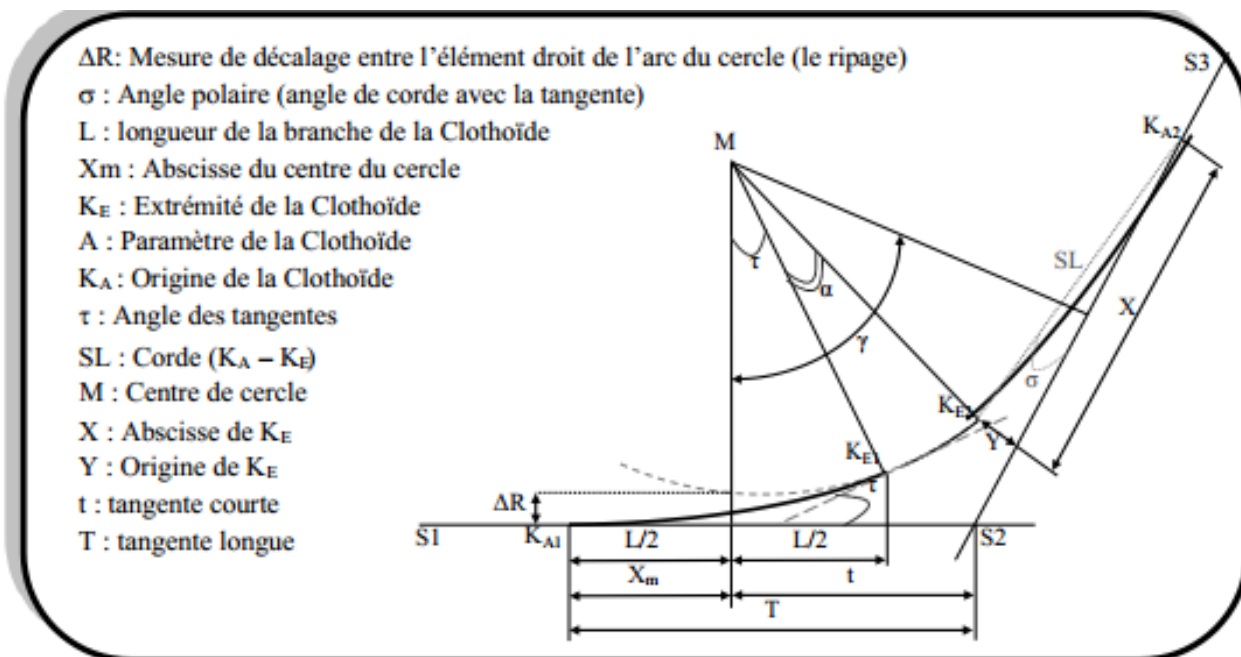


Figure N°30 : les éléments de la Clothoïde.

V.7.4. Longueur de Clothoïde

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

❖ **Condition 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 à 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 confort dynamique :** Cette condition consiste à limiter pendant le temps de parcourue Δt du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale.

$$L \geq \frac{V_r^2}{18} \left(\frac{V_r^2}{127R} - \Delta d \right)$$

❖ **Condition de gauchissement :**

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

La demi chaussée extérieure 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 telle

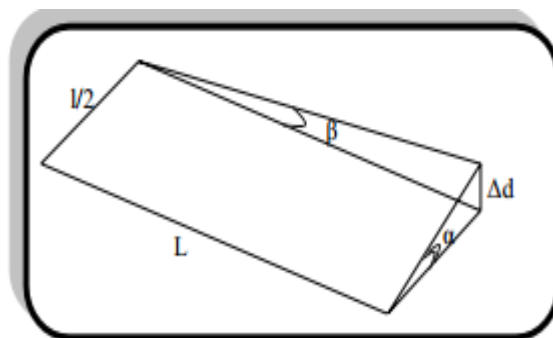
Sorte $\Delta p < 0,5/V_R$.

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

L : longueur de raccordement.

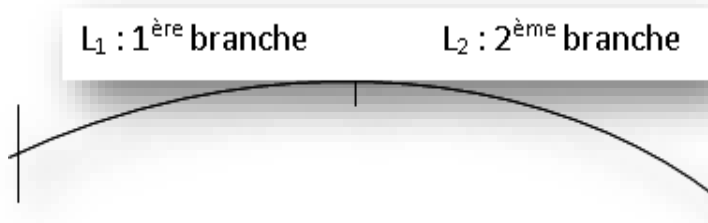
l : largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers



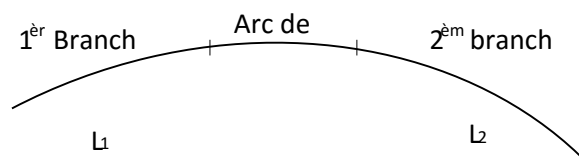
V.7.5- Vérification de non chevauchement

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



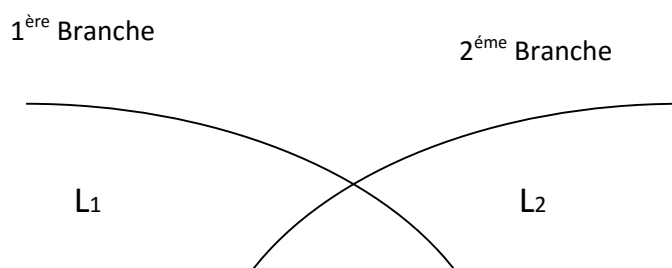
Clothoïde sans arc de cercle :

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.



Clothilde impossible.

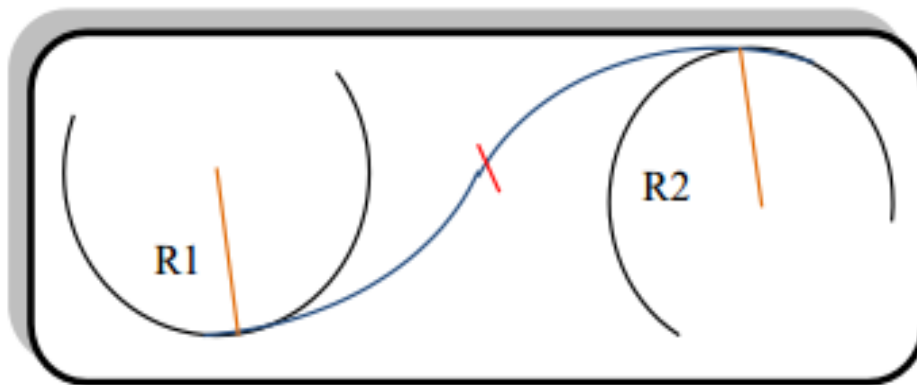
Pour résoudre le problème, il faut jouer avec les 2 inconnues L et R et comme L est limitée par les 3 conditions précédentes (condition d'optique, de gauchissement et de confort dynamique).

La seule solution est d'augmenter le rayon R.

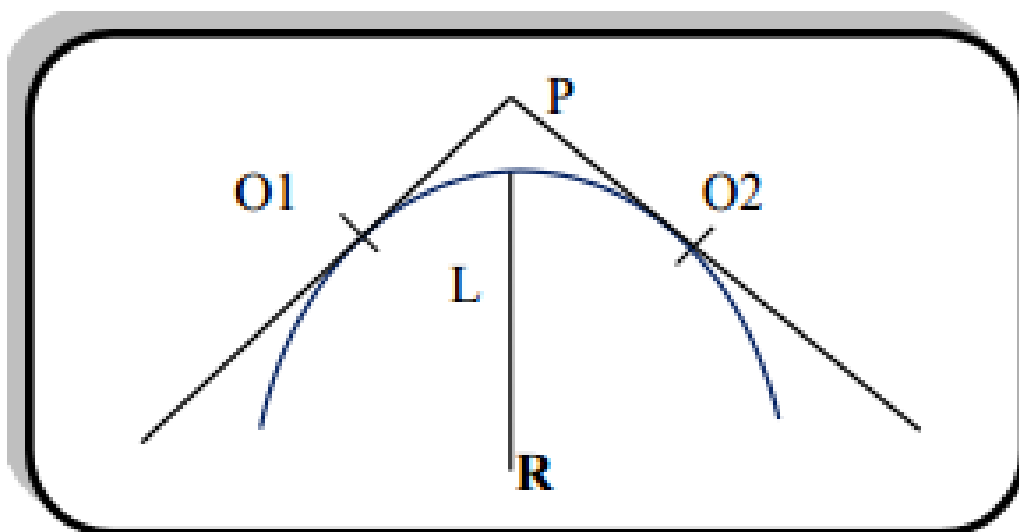
V.8) Combinaison des éléments du tracé en plan:

La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite :

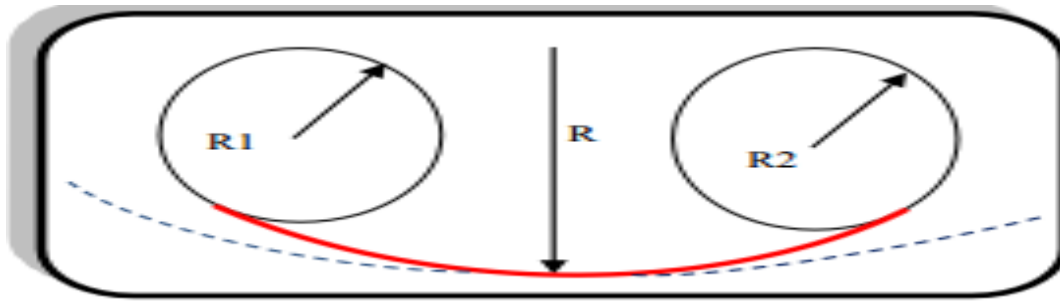
- ❖ **COURBE EN S** : Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.



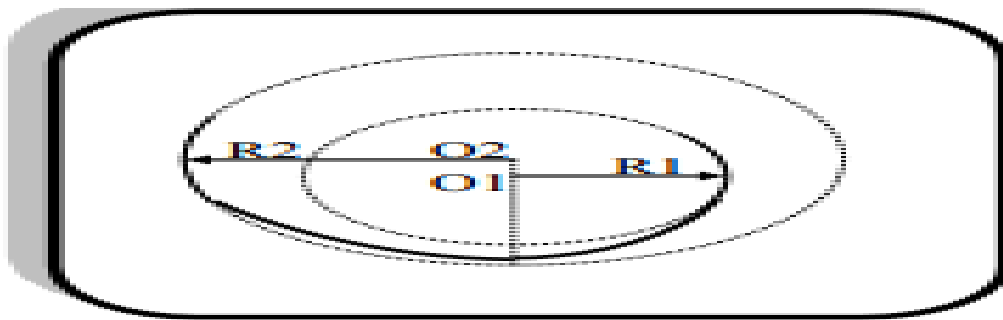
- ❖ **COURBE A SOMMET** : Une courbe constituée de deux arcs Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.



COURBE EN C : Une courbe constituée deux arcs de Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre.



OVALE : Un arc de Clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.



V.9) CHOIX DU TRACE :

Après avoir pris connaissance du rapport géologique et géotechnique, ainsi que les normes, nous allons présenter ci-dessous les idées générales qui nous guident le tracé :

- Chercher le plus court chemin
- Donner le plus grand possible de courbes en plan et en profil en long, afin de permettre une circulation rapide.
- Ne pas avoir peur de sacrifier la longueur de la route à la sécurité.
- Garder toujours la fondation de la route au-dessus de la nappe phréatique.

Norme:

- Éviter le long alignement droits et remplacer par des courbes de grands rayons, le pourcentage des alignements droits est limité entre 40% et 60% de la longueur total du tracé.

Chapitre VI

Profil en long

VI.1. Définition :

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

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

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

D'adapter au terrain naturel pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent

- Être coûteux. De rechercher l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais.
- De ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les règlements.
- D'éviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance.
- D'éviter les hauteurs excessives de remblais.
- Prévoir le raccordement avec les réseaux existants.
- Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.

D'assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long.

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

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

L'altitude du terrain naturel

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

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

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

Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition : $R_{\text{vertical}} > 6 \times R_{\text{horizontal}}$, pour éviter un défaut d'inflexion.

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

VI.5. Déclivité :

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

VI.5.1. Déclivité minimum :

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

VI.5.2. Déclivité maximum :

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

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

Tableau n°21 : valeur de déclivité maximale [NormesB40]

VI.6. Les raccords en profil en long :

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

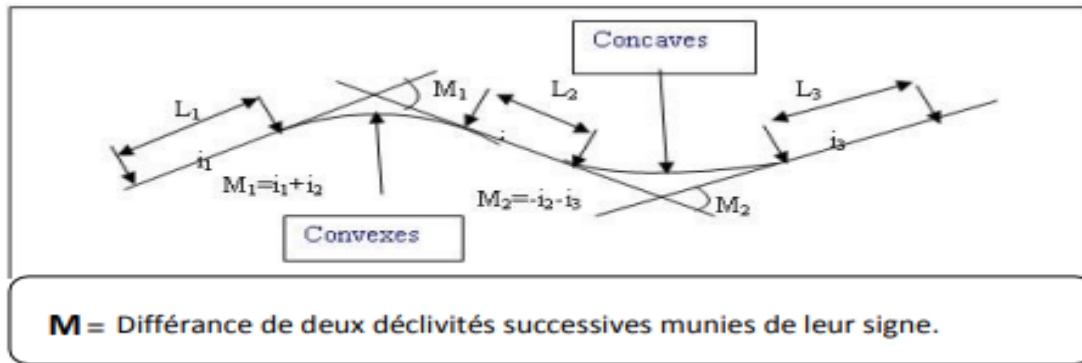


Figure n°31 : raccordement convexe et concave.

VI.6.1. Raccordements convexes (angle saillant) :

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

VI.6.1.1. Condition de confort :

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

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

D'où :

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

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

Tel que :

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

VI.6.1.2. Condition de visibilité :

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

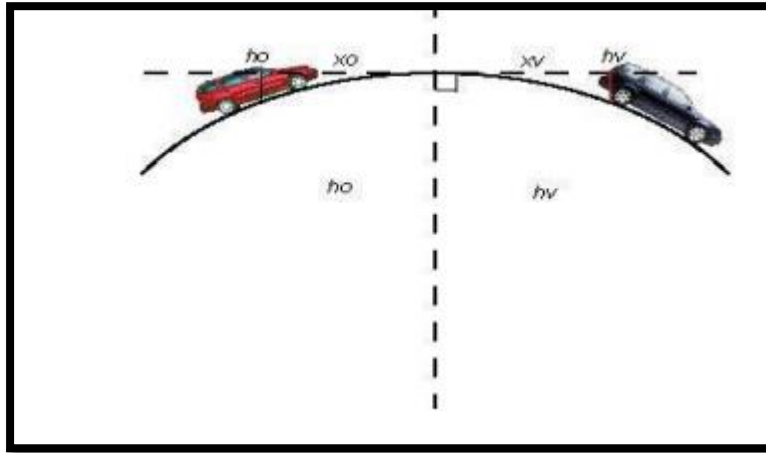


Figure n°32 : visibilité.

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

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

d : Distance d'arrêt (m).

h_0 : Hauteur de l'œil (m).

h_1 : Hauteur de l'obstacle (m).

Dans le cas d'une route unidirectionnelle :

$h_0 = 1.1$ m, $h_1 = 0.15$ m

On trouve : $Rv = ad_1^2$ a = 0.24

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

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

Rayon	symbole	Valeur
Min-absolu	RVm1	6000
Min-normal	RVN1	12000
Dépassement	RVD	20000

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

VI.6.2. Raccordements concaves (angle rentrant) :

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

$$R'_v = \frac{d_1^2}{1.5+0.035 \times d_1}$$

Dans notre cas :

Rayon	Symbole	Valeur
Min -absolu	Rvm1	3000
Min - normal	RVN 1	4200
Dépassement	RVD	11000

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

VI.7. Détermination pratique du profil en long :

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

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

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 P_1 de la droite (AS).
- Donnée la pente P_2 de la droite (DS).
- Donnée le rayon R .

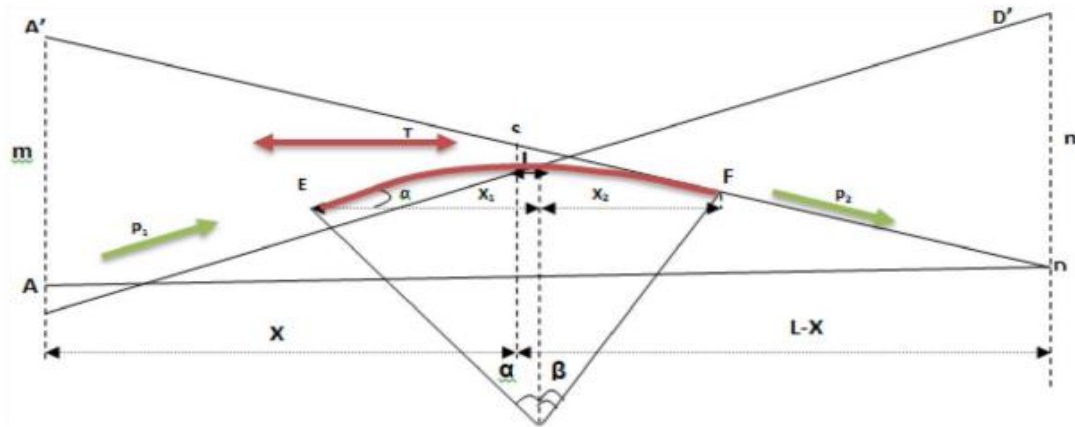


Figure n°33 : Détermination du profil en long.

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

On a :

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

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

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

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

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

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

VI.7.2. Calculs de La tangente :

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

On prend (+) lorsque les deux pentes sont de sens contraires, on prend (-) lorsque les deux pentes sont de même sens.

La tangente (T) permet de positionner les pentes de tangentes E et F.

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

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

$$LR=2T$$

VI .7.4. Calcul de la flèche :

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

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

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

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

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

$$X1=Rp1 ; X2= Rp2J \quad \quad X_J = X_E + R \cdot P_1$$

$$\left\{ \begin{array}{l} X_j = X_E + R \cdot P_1 \\ Z_j = Z_E + X_1 \cdot P_1 \frac{X_1^2}{2R} \end{array} \right.$$

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

VI.8. Exemple de calcul de profil en long Rentrant :**Calcul de la tangente :**

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

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

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

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

$$RV = 3010$$

$$T = \frac{3010}{200} |1.00 + 2.08|$$

$$T = 16.25$$

La longueur L du raccordement verticale :

$$L = 2 \times T$$

$$L = 2 \times 16.25$$

La flèche F :

$$L = 32.5$$

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

$$F = \frac{16.25^2}{2(3010)}$$

$$F = 0.0438$$

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

Elément Sommet	P1 P2	Nature du rayon	Sens des pentes	Les rayons	T	L	F
S1	1.00 2.08	saillant	Même sens	3010	16.25	32.5	0.0438
S2	2.08 -1.74	rentrant	Sens contraire	6010	10.21	20.42	0.0086
S3	-1.74 1.16	saillant	Sens contraire	3010	8.72	17.44	0.0126
S4	1.16 -1.02	Rentrant	Sens contraire	6010	4.20	8.4	0.0015
S5	-1.02 3.43	Saillant	Sens contraire	3010	36.27	72.54	0.2185
S6	3.43 1.06	rentrant	Mêmesens	6010	71.28	142.56	0.4227
S7	1.06 -1.02	rentrant	Sens contraire	6010	1.20	2.4	0.0001
S8	-1.02 1.17	saillant	Sens contraire	3010	2.26	4.52	0.0008
S9	1.17 -1.8	rentrant	Sens contraire	6010	18.93	37.86	0.0298
S10	-1.8 2.11	saillant	Sens contraire	3010	4.67	9.34	0.0036
S11	2.11 -2.10	rentrant	Sens contraire	6010	0.30	0.6	0.0000
S12	-2.10 1.36	saillant	Sens contraire	3010	11.14	22.28	0.0206
S13	1.36 -2.63	rentrant	Sens contraire	6010	38.16	76.32	0.1211

Tableau n°23 : valeurs de tangente et de flèche (selon les normes de B40).

Chapitre VII

Profil en travers

VII.1 Généralités

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

VII.2. Les éléments du profil en travers :

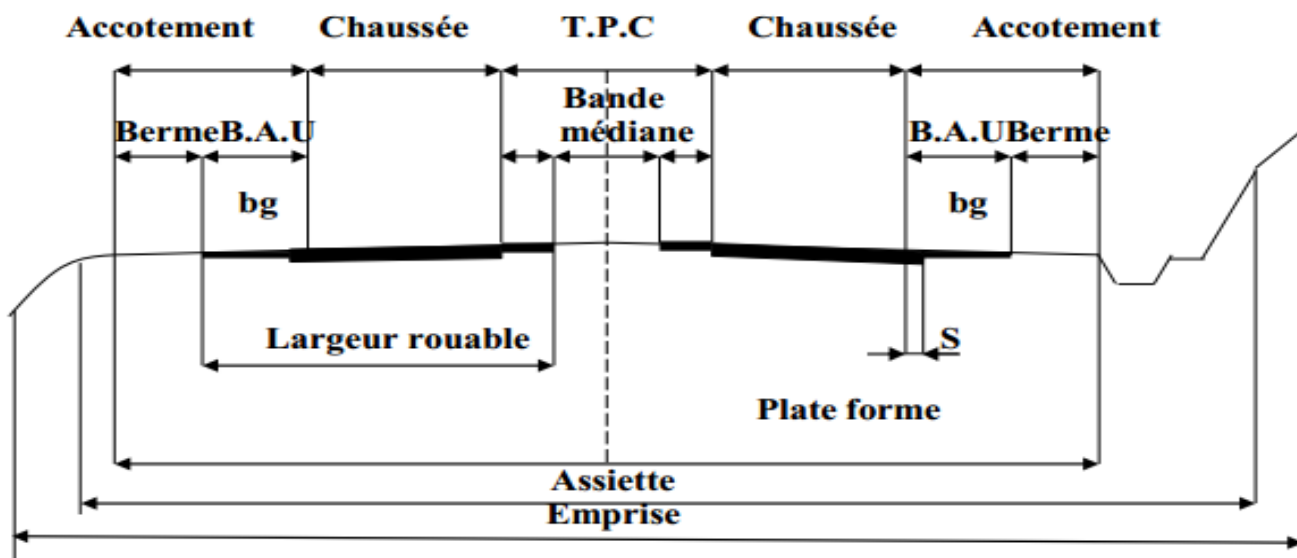


Figure n°34: Eléments du profil en travers.

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.

c- L'assiette :

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

d- 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.

e- 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.

f- Le fossé :

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

g- 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 rouable :

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

Figure N °36 : profil en travers (cas d'un remblai).

Figure N °37 : profil en travers (cas mixtes).

VII.4. Application numérique au projet :

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

Chaussée :

$$10 \times 2 = 20$$

Accotement :

$$1.50 \times 2 = 3$$

Un terre-plein central :

$$10 \text{ m}$$

Chapitre VIII

Cubature

VIII.1. Généralités :

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

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

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

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

VIII.2. Définition :

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

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

VIII.3. Méthode de calcul des cubatures :

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

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

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

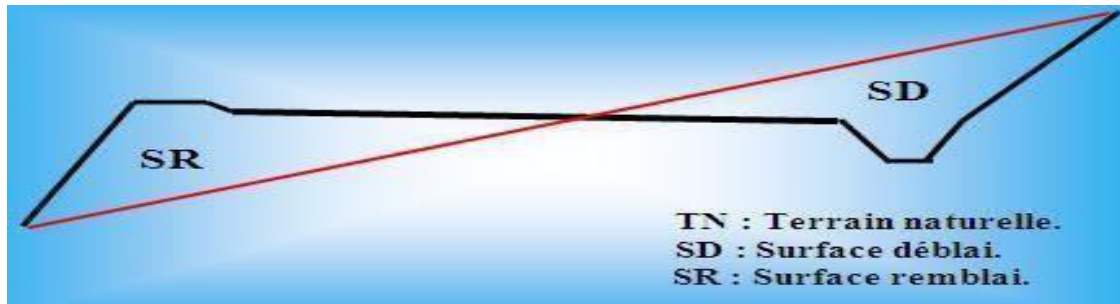


Figure n°38: volume déblai, remblai.

VIII.3.1. Formule de Mr SARRAUS:

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

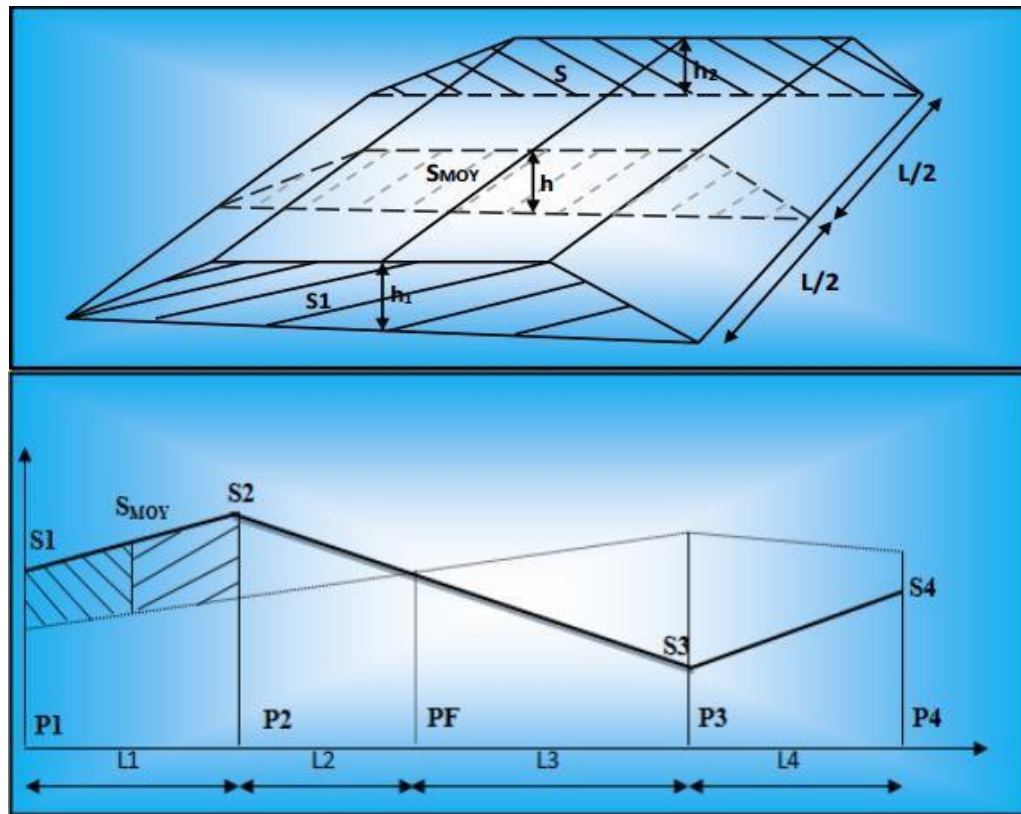


Figure n°39 : Calcul volume déblai ; Remblai.

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

PF : profil fictive, surface nulle.

- ✓ **Si** : surface de profil en travers P_i .
- ✓ **Li** : 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 $(S_1+S_2)/2$; Ceci donne :

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

Donc les volumes seront :

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

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

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

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

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

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

VIII.3.2. Méthode de GULDEN :

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

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

VIII.3.3. Méthode linéaire :

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

VIII.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 = **80215 m³**

Volume des déblais : **$VD = 94445 \text{ m}^3$**

Volume des remblais : **$VR = 658550 \text{ m}^3$**

Différence de volume : **$Vd = (-564105) \text{ m}^3$**

Chapitre IX

Dimensionnement du Corps de chaussée

IX.1.introduction

La qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation : action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds.

Et aussi des conditions thermiques, pluie, neige, verglas etc.....

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

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

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

Tout cela en fonction de paramètres très fondamentaux suivants :

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

Principe de la constitution des chaussées

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

- **De la charge des véhicules**

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

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

- **Des intempéries**

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

- **Des efforts tangentiels**

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

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

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

IX.2. La chaussée :

- **Définition :**

- Au sens géométrique : c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- Au sens structurel : c'est l'ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges.

❖ La constitution d'une chaussée :

Une chaussée est constituée de plusieurs couches mises en œuvre sur un sol terrassé appelé **sol support**. Le sol support est généralement surmonté d'une **couche de forme**.

Le corps de la chaussée proprement dit couches de forme, d'assise, de surface, de fondation, de base, d'usure, de roulement, de liaison est constitué de deux types de couche, les **couches d'assise** et la **couche de surface**

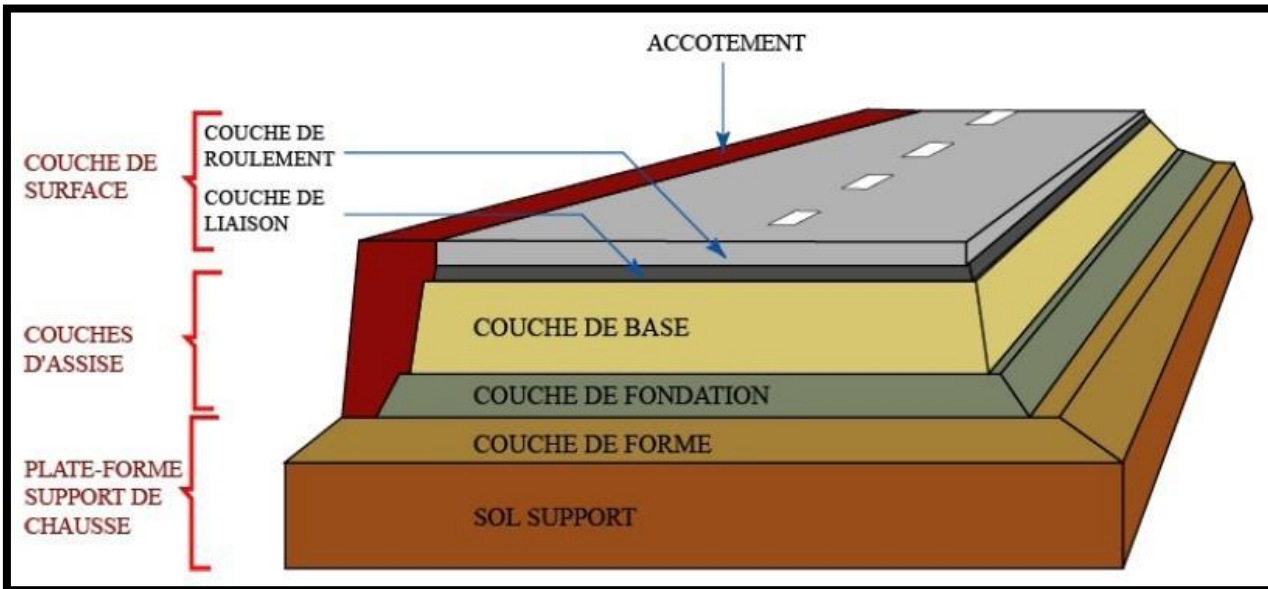


Figure n°40 : Coupe type d'une structure de chaussée.

❖ Couche de surface :

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

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

❖ Couche de base

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

❖ Couche de fondation

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

❖ Couche de forme

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

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

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

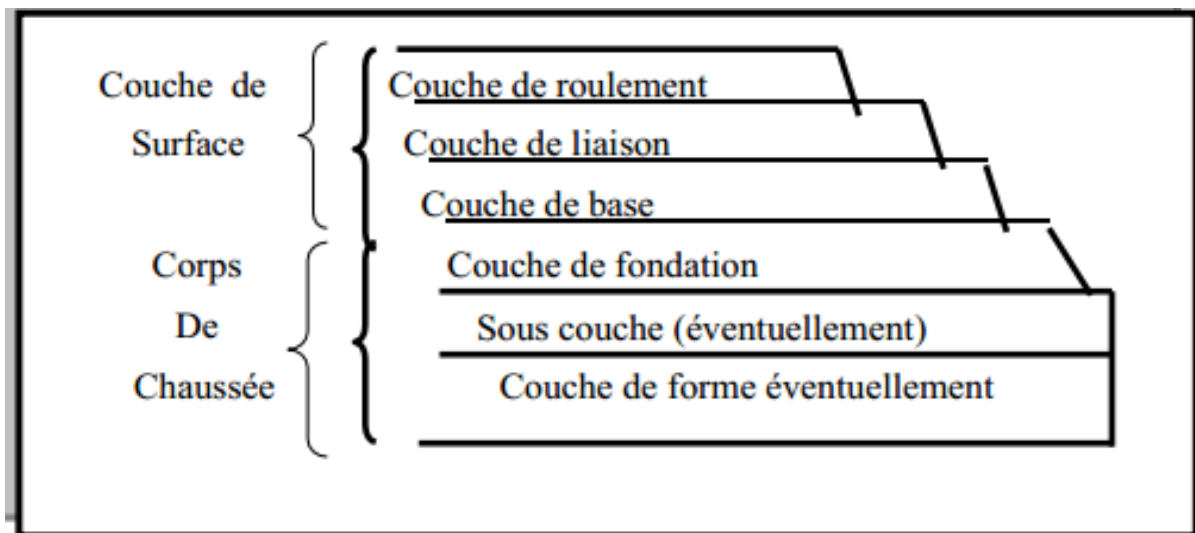


Figure n°41: coupe type d'une chaussée.

IX.3. Les différentes catégories de chaussée

Il existe deux catégories de chaussées :

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

Structures de chaussée

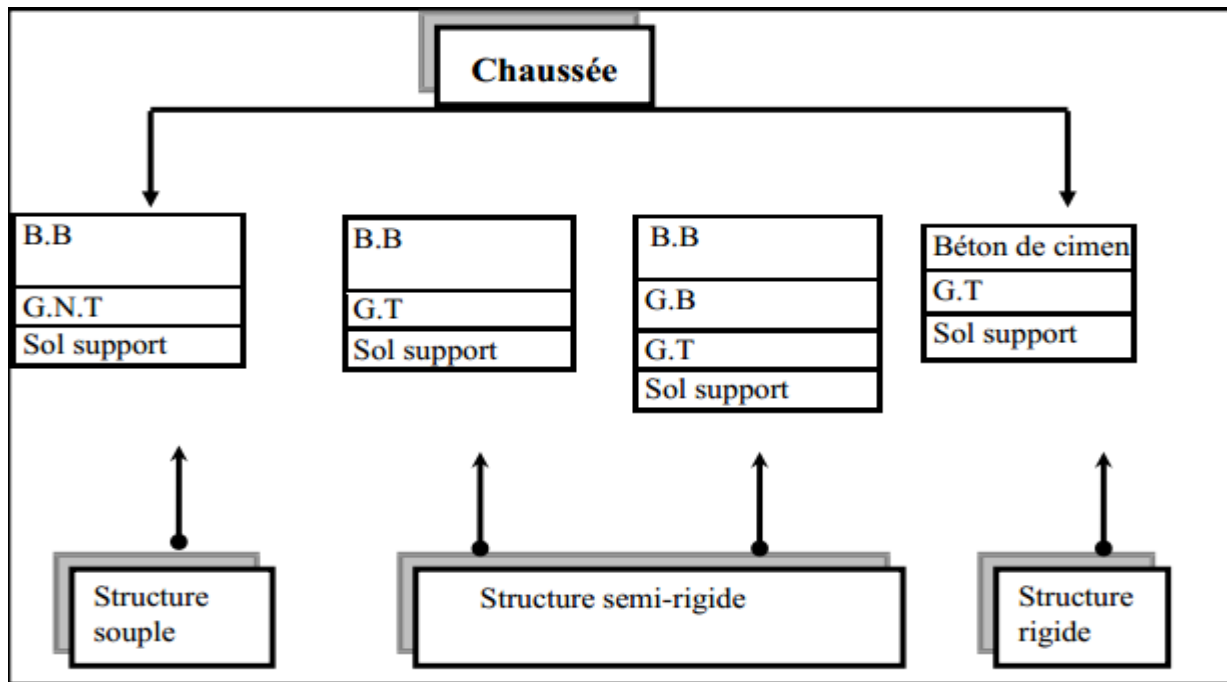


Figure n°42 : les différentes catégories de chaussée.

BB : béton bitumineux

GB : grave bitume

GT : grave traité

G.N.T : grave non trait.

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

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

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

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

IX.4. Les principales méthodes de dimensionnement

On distingue deux familles des méthodes :

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

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

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

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

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

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

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.

Coefficient d'équivalence

Le tableau ci-dessus indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.60

Tableau n°25: coefficient d'équivalence des matériaux (norme B40)

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

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

IX.5. Application au projet

Méthode de l'indice CBR :

1) Données de l'étude :

- Le trafic à l'année de compactage 2017 **TJMA0 = 10700 v/j**
- Le trafic a l'année de mise en service 2020 **TMJA = 12743 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 **C2**
- La durée de vie estimée de **20 ans**
- **ICBR = 4 (terrain agricole)**

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

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

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

Calcul du trafic du vpl a l'année horizon :

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

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

2) Calcul d'épaisseur théorique:

On a C.B.R= 4

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

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{8171}{10})}{5 + 4} = \boxed{e = 73.60 \text{ cm}} \approx \boxed{77 \text{ cm}}$$

Calcul des épaisseurs des différentes couches :

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

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

On propose les matériaux suivants de chaque couche :

Couche de roulement « Béton bitumineux BB »

D'après le tableau ci-dessous

$$a_1 = 2.00$$

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

Couche de Base « Grave Bitume » :

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

Couche de Fondation (grave non traité):

$$a_3 = 0.75$$

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

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 :

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

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

$$e_4 = [77 - (7 \times 2 + 16 \times 1,5 + (40 \times 0,75))] / 0,6 = 15 \text{ cm}$$

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

Donc l'épaisseur réelle est de

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



Figure n°43: Les couches de corps de chaussée.

Chapitre X

Assainissement

X.1. Généralités

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

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

Les différentes ouvrages utilisées peuvent être regroupées en :

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

X.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 coût 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).

X.3.Assainissement de la chaussée

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

Fossé de pied du talus de déblai :

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

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

Fossé de crête de déblai :

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

Fossé de pied du talus de remblai :

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

Drain :

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

X .4.Définitions des termes hydrauliques

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

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

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

c) **Chambre de visite (cheminée) :**

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

d) **Sacs :**

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

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

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

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

f) **Passages submersibles :**

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

g) **Fossés :**

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

h) Les dalots :

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

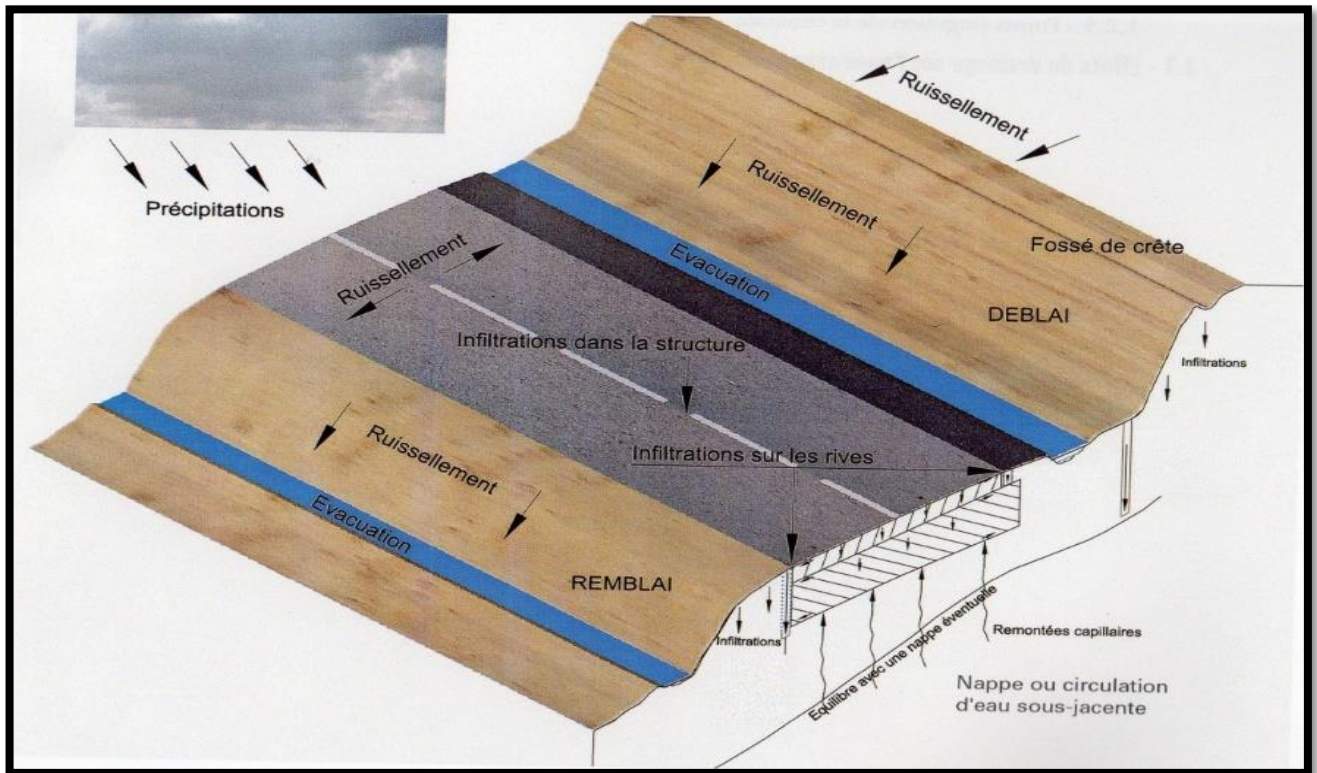


Figure n° 44 : l'emplacement des ouvrages d'assainissement.

Chapitre XI

Signalisation et éclairage

XI.1. signalisation

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

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

XI.2. OBJECTIFS DE SIGNALISATION ROUTIERE

La signalisation routière a pour rôle :

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

XI.3. CRITERES A RESPECTER POUR LES SIGNALISATIONS

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

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

XI.4. TYPES DE SIGNALISATION

On distingue deux types de signalisation :

-Signalisation verticale.

-signalisation horizontale.

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

- Signaux de danger : Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à **150m** en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).
- Signaux comportant une prescription absolue : Panneaux de forme circulaire, on trouve :

L'interdiction.

L'obligation.

La fin de prescription.

- Signaux à simple indication : Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :
 - Signaux d'indication.
 - Signaux de direction.
 - Signaux de localisation.
 - Signaux divers.
- Signaux de position des dangers : Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

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

- **Le jaune pour**
 - ✓ Les marques interdisant l'arrêt ou le stationnement ;
 - ✓ Les lignes zigzag indiquant les arrêts d'autobus ;
 - ✓ Le marquage temporaire.
- **Le bleu** éventuellement pour les limites de stationnement en zone bleue.
- **Le rouge** pour les damiers rouge et blanc matérialisant le début des voies de détresse.

La signalisation horizontale se divise en trois types :

Marquages longitudinales :

➤ **Lignes continues :**

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

➤ **Lignes discontinues :**

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

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

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

Type de modulation	Longueur du trait (en mètres)	Epaisseur 16-18	Intervalle entre deux traits successifs (mètres)	Rapport plein vide
T₁	3.00	18 cm	10.00	Environ 3
T'1	1.50		5.00	
T2T'2	3.00	18 cm	3.50	Environ 3
	0.50		0.50	
T3T'3	3.00	18 cm	1.33	Environ 3
	20.00		6.00	

Tableau n°26 : modulation de la ligne continue. (NORME B40)

▪ **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.

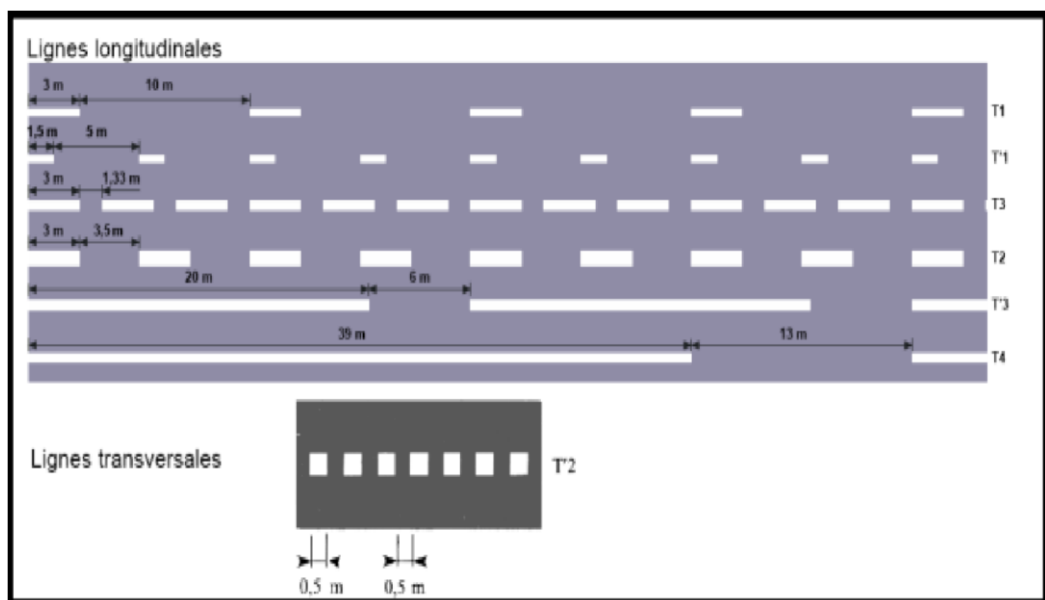
Marque sur la chaussée :

Figure n°45: marque sur la chaussée.

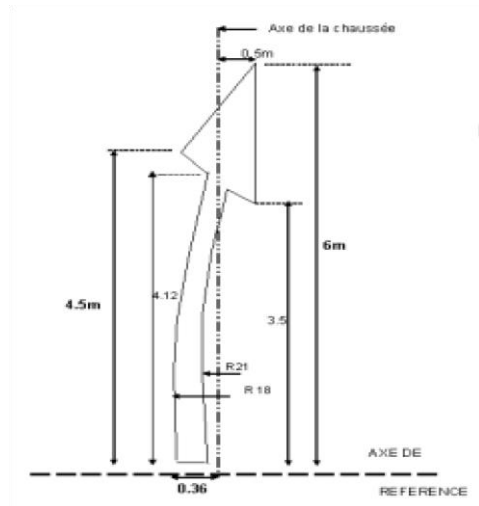
❖ Flèche de rabattement :

Figure n°46 : flèche de rabattement.

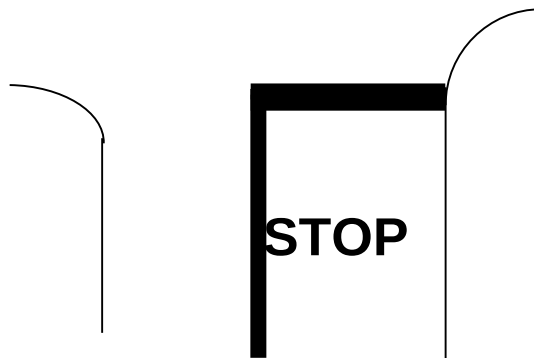
❖ Schéma de signalisation stop sur chaussée :

Figure n°47: Schéma de signalisation stop sur chaussée.

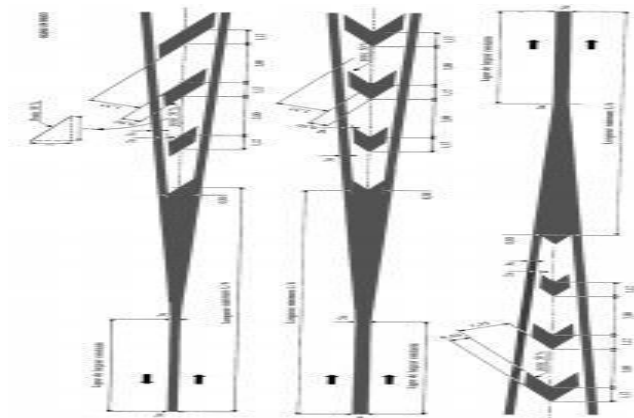
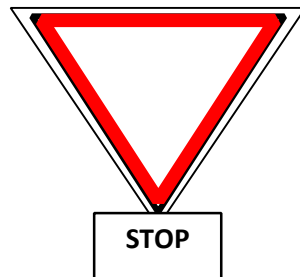
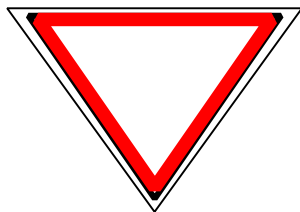
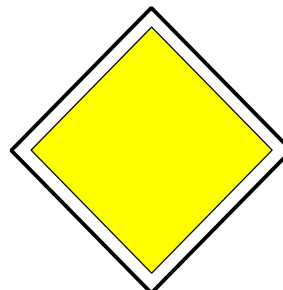
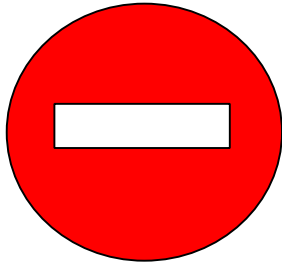
Schémas de marquage par hachures (sur le nez d'ilot) :

Figure n°48: Schémas de marquage par hachures (sur le nez d'ilot).

B. Les signalisations verticales :**Plaques de signalisation :****➤ Les signaux de danger type A :****A1a****A1b****A1c****A1d****A22****A23****➤ Les signaux d'intersection et de priorité type B :****B1****B2****B3****➤ Les signaux d'interdiction de type C :**



C1



C11a



C7



C9



C8

➤ Les signaux d'obligation de type D :



❖ Panneaux spéciaux type A :

Figure n°49 : panneaux spéciaux (type A).

❖ Signaux d'identification des routes type E :

Figure n°50 : les signaux d'identification des routes (type E).

XI.5. 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.

XI.6. 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.

XI.7. 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.

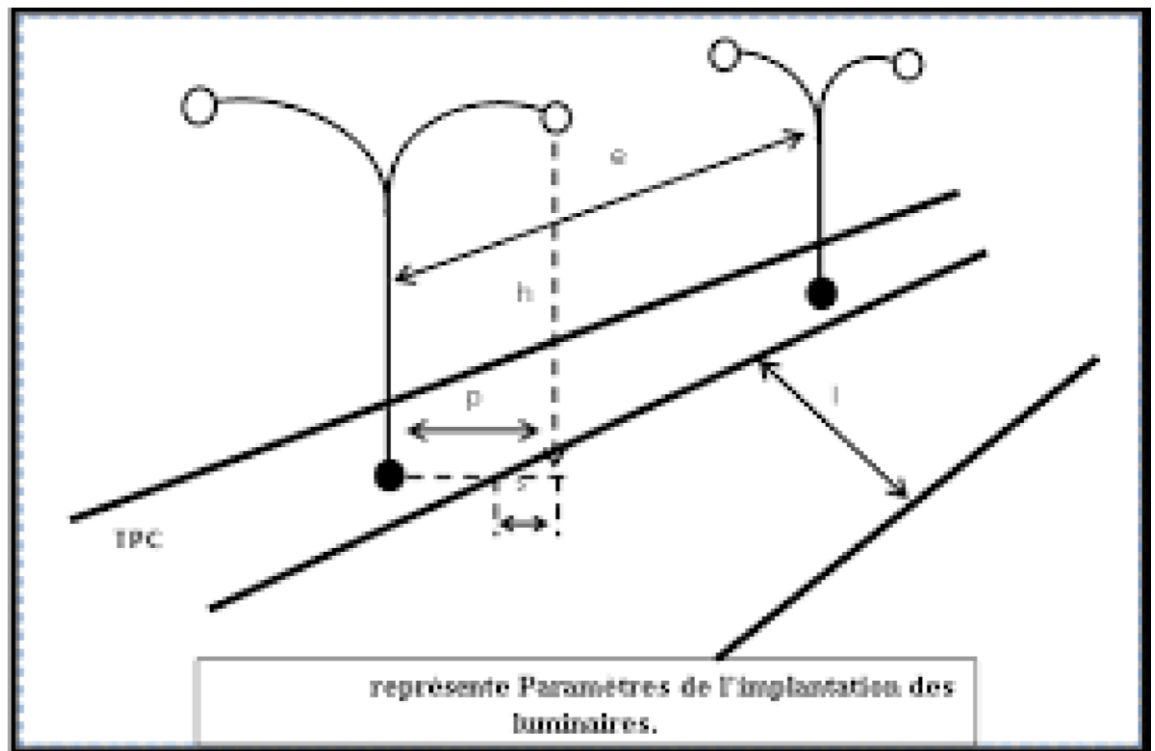


Figure n°51 : paramètres de l'implantation des luminaires.

XI.8. 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 XI

Impact sur l'environnement

XII.1- INTRODUCTION:

En pratique, la mise en compte de l'environnement dans la réalisation des projets routiers se traduit par l'élaboration de rapport d'étude relatif à l'analyse et l'évaluation des efforts positifs et négatifs sur l'environnement. Il convient d'évaluer l'impact non seulement sur le sol d'Aujourd'hui mais également sur le paysage futur et les possibilités d'affectation ultérieure des terrains au voisinage du projet. L'étude d'impact a pour objet d'analyse les dégradations et les écosystèmes traversés par la route et de déterminer ces impacts afin de prendre les mesures à remédier contre les aspects négatifs sur l'homme, l'environnement, l'agriculture.

XII.2. Impacts du projet sur l'environnement

XII.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.

XII.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.

XII.2. Mesures d'atténuation :

XII.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.

Partie III

Etude

Géotechnique

Chapitre I

Les essais in situ

III.I.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.

III.I.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.

III.I.3. 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 à la plaque, essais pressiométrique, essais de compacité).

III.I.4. Les essais in situ :

La reconnaissance in situ intervient comme un moyen indispensable permettant de fournir les renseignements sur la nature des différentes couches et d'estimer leurs caractéristiques mécaniques.

III.I.4.1.-L'essai à la plaque :

Cet essai a pour objectif de calculer le "**module sous chargement statique à la plaque**".

L'essai à la plaque EV2 permet d'évaluer la déformabilité d'un sol par effet de tassement sous la plaque chargée.

Cet essai s'effectue par deux cycles de chargement successif.

Les plates-formes d'ouvrages de terrassement et d'assainissement, concernées par cet essai, sont des constructions d'infrastructures :- routières - ferroviaires, aéroportuaires, etc.

Pour réaliser l'essai il faut un massif de réaction supérieur à 8 Tonnes, un 6x4 chargé fait l'affaire.

Le comparateur de précision, placé à l'extrémité de la poutre, permet de mesurer la déflexion du sol sous la poussée du vérin. C'est à dire que le comparateur mesure l'enfoncement (variation de distance) du sol sous l'effet de la charge appliquée.



Figure N°52 : L'essai à la plaque

III.I.4.2.-L'essai densimètre à membrane (Norme NF 94 061/2) :

La densité apparente est une caractéristique importante des sols et l'étude de ses Variations en fonction du paramètre profondeur ou de la nature des horizons Perret dans une certaine mesure de préciser l'influence relative des différents facteurs qui la déterminent.

Etant une variable dérivée de Nombres facteurs qu'on peut exprimer par l'intermédiaire de la densité Réelle et de la porosité globale l'interprétation de ses variations doit obligatoirement s'appuyer sur d'autres données mesurables d'ordre moins Elevé comme la granulométrie, la minéralogie, la densité réelle, les Différentes formes de porosité et d'humidité, la résistance à la pénétration Tc et elle doit être confrontée évidemment à une étude morphologique

Précise laquelle peut être affinée elle-même à la lunure des résultats obtenus.

Dans ces conditions l'étude de la densité apparente.



Figure n°53 : densimètre à membrane

III.I.4.3.-L'essai de compacité :

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 °54: L'appareil de compacité (nucléo-densimètre).

III.I.4.4.Essai pressiométrique :

L'essai pressiométrique consiste à dilater radialement dans le sol une sonde cylindrique et à déterminer la relation entre la pression p appliquée sur le sol et le déplacement de la paroi de la sonde.

Le préssiomètre est largement utilisé pour le calcul des pressions de rupture des fondations superficielles ainsi que pour la détermination des tassements et autres.



Figure n °55 : Préssiomètre.

III.I.4.5.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 + 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 56 : exemple d'un essai de carottage.

Chapitre II

Essais géotechnique au laboratoire

III)II.1 Introduction :

Le tableau suivants résumant les essais en laboratoire utilisées en étude géotechnique de la 2 ème rocade sud d'Oran (Belgaid –El karma) :

Essais physiques	Normes
Teneur en eau naturelle W	NF P 94-050
Masse volumique des particules solides des sols	NF P 94-054
Masse volumiques des sols fins	NF P 94-053
Limites d'atterberg (WL)	NF P 94-051 ou NF P 94-052-1
Analyse granulométrique (tamisage à sec)	NF P 94-056
Analyse granulométriques (par sédimentométrie)	NF P 94-57
Teneur en carbonates (CaCO ₃)	NF P 94-048
Equivalent de sable (ES)	NF P 18-598
Essais au bleu de méthylène (VBS)	NF P 94-068

Tableau N°27 : Essais au laboratoire (essais physiques)

Essais mécaniques	Normes
Essais Proctor normal et modifié	NF P 94-068
Portance CBR imbibé et immédiat	NF P 94-068

Tableau N°28 : Essais au laboratoire (essais mécaniques)

Essais chimiques	Normes
Analyses chimiques complètes des sols	-----

Tableau N°29 : Essais au laboratoire (essais chimiques)

III)II.2 Essais physiques :**III)II.2.1 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 P_h le poids humide de l'échantillon et P_s le poids sec de l'échantillon

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

❖ Phase 1 : Déterminer "Ph" le poids Humide

- Sur le terrain, disposer d'une balance type balance de cuisine et d'une poêle à frire.
- Poser la poêle sur la balance et faire la tare. (La balance doit indiquer « 00 » lorsque la poêle est dessus).
- Répartir dans la poêle une couche de sol épaisse d'environ 2cm.
- Noter le poids indiqué par la balance. C'est le poids humide (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 57 : Matériels d'essai teneur en eau.

III)II.2.2 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 lors de l'introduction d'un certain poids de sol sec, la connaissance du poids des grains solides et de leur volume permet de calculer le poids volumique des grains solides.

c. But de l'essai :

Le but de cet essai est de déterminer expérimental au laboratoire de certaines caractéristique physique des sols.

d. Domaine d'utilisation :

Cet essai utilise pour classer les différents types de sols.

III).II.2.3 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. (Voir figure)

Par deux méthodes :

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

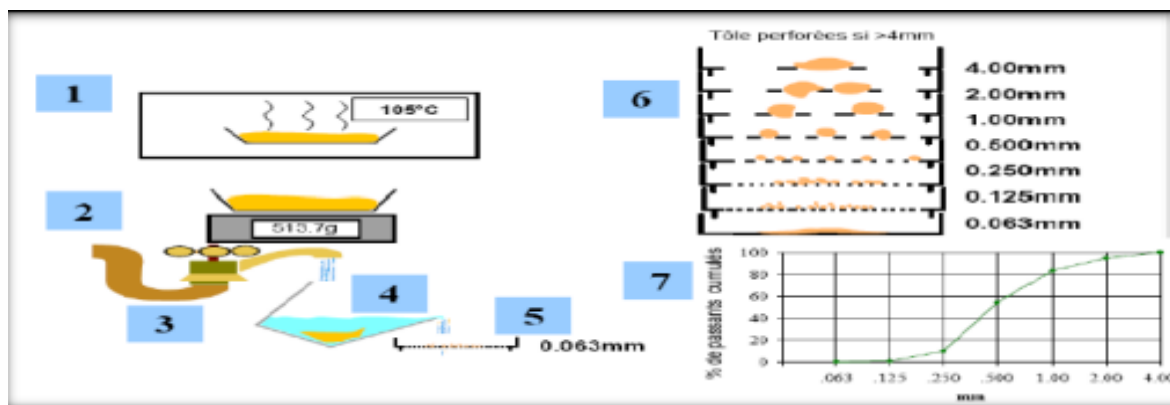


Figure 58 : Analyse granulométrique.

b. But de l'essai :

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

c. Principe de l'essai :

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

d. Matériel utilisé :

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



Figure 59: Tamisage électrique et manuel.

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

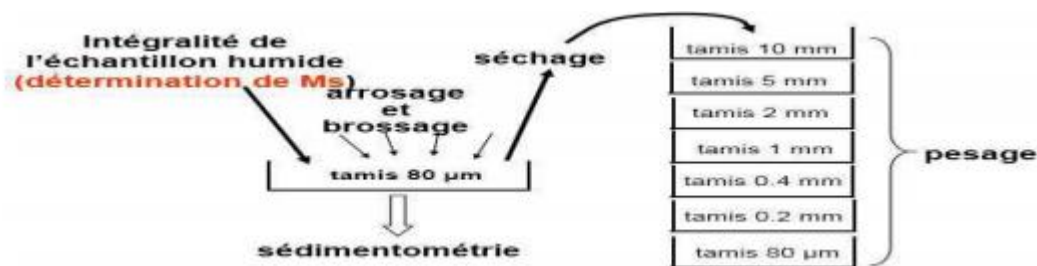
L'échantillon doit être préparé suivant les prescriptions de la norme P 18-553. La masse M de l'échantillon pour essai doit être supérieure à $0,2 D$, avec M exprimé en kilogrammes et D plus grande dimension spécifiée en millimètres. (Voir figure)



Figure 60 : Méthode d'essai.

f. Mode opératoire :**1- Mode opératoire N°1 :**

- Calcul de la masse sèche : M_s
- Faire une teneur en eau : w
- Peser l'échantillon humide : M
- $M_s = M / (1+w)$
- Tamisage par voie humide (OBLIGATOIRE)
- Tamis de 80 μm
- Séchage des refus à 80 μm (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 61 : Mode opératoire 01.****2- Mode opératoire N°2 :**

Pesage des refus cumulés (R_i) :

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

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

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

Calcul du pourcentage des tamisas (%) (T_i) :

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

La figure suivante représente le deuxième mode opératoire :

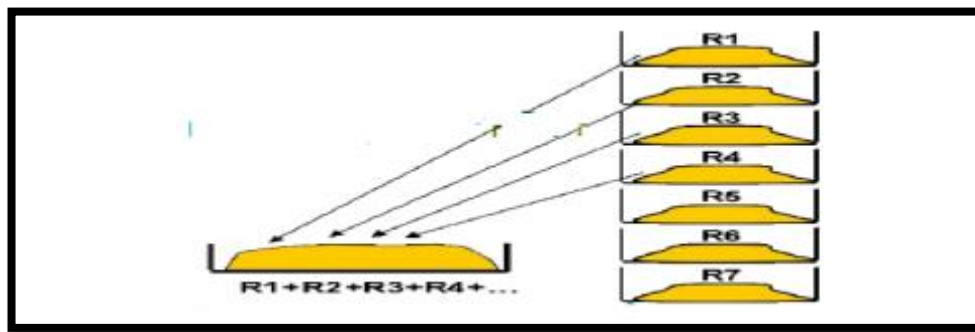


Figure n°62: Mode opératoire 2.

III.II).2.4 Equivalent de sable selon la norme : NFP18-598

a. Définition :

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

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

b. But de l'essai :

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

c. Principe :

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



Photo n° 63: 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 h1 jusqu'au niveau qui sépare le liquide et le matériau. Et avec le piston on mesure h2
- Refaire l'essai 3 fois (Voir figure).

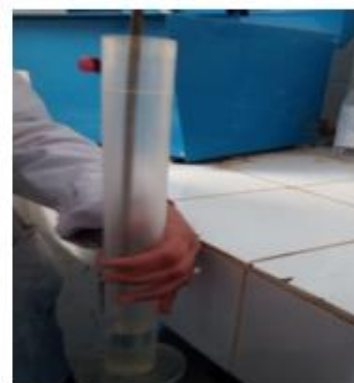


Photo n °64 : L'essai d'équivalent de sable.

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°30: Nature du sol en fonction d'E.S.

III.II).2.5 Limites d'Atterberg : NF P 94-051

a. Définition :

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

- La limite de liquidité WL qui sépare l'état liquide au plastique
- La limite plasticité WP qui sépare l'état plastique au solide
- La limite plasticité Ws qui sépare l'état solide avec retrait et l'état solide sans retrait (peu utilisé)
- L'indice de plasticité IP définit par l'étendu du domaine plastique
- L'indice de consistance relative Ic définit par l'état naturel d'un sol en fonction de sa teneur en eau
- L'indice de liquidité IL fournit une approche inverse de l'indice de consistance relative Relation entre ces différents facteurs :

$$I_c = WL - W_{Ip}$$

$$IL = W - W_{pIp}$$

$$Ip = WL - WP$$

b. But de l'essai :

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

c. Principe de détermination des limites de consistance :

L'essai s'effectue en deux phases :

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

d. Préparation de l'échantillon :

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

e. Détermination de la limite de liquidité :**e.1 Matériels utilisés :**

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



Figure n°65 : Matériels utilisés.

e. 2 Préparation de l'appareil :

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

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

e. 3 Mode opératoire :

- On remplit la coupelle au % avec le mélange de sol-eau en utilisant la spatule, pour obtenir une épaisseur maximum de 10 mm
- On réalise une rainure centrale qui partage le sol en deux avec l'outil à rainurer tenu perpendiculairement à la surface de la coupelle.
- A l'aide de la manivelle, on imprime à la coupelle une série de chocs régulière, à raison de deux chocs par seconde. On note le nombre de chocs qui correspond à la fermeture des lèvres de la rainure sur une longueur de 10 mm : Oh Utilise l'extrémité non biseautée de l'outil à rainurer pour vérifier. La première fermeture doit se faire entre 15 et 30 chocs. Si l'échantillon est sec, la fermeture se fera pour un nombre de chocs plus élevé, on ajoute un peu d'eau à l'échantillon et on malaxe vigoureuse et on reprend les opérations de 1 -4.
- On prélève à l'aide de la spatule une masse; M_i , (humide) de sol à endroit où les lèvres se sont refermées et On procède à la mesure de sa teneur en eau et on met dans un tare de masse vide M_v et on pèse l'ensemble Meh (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 $M_s = M_{es} - M_v$).

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, ans une coupelle et on détermine leur teneur en eau.

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



Figure N°66 : limite de plasticité.

III.II).2.6 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. (Voir la figure ci-dessus)
- Balance.

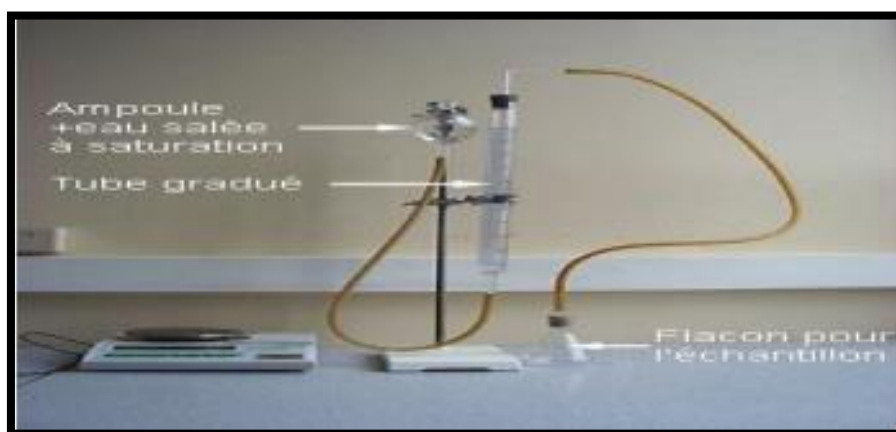


Figure N°67 : Appareillage.

d. Préparation de l'échantillon :

- Prélever une masse $m=50\text{g}$ de l'échantillon.
- Tamiser l'échantillon au tamis 0.2mm.
- Peser une masse m_1 à partir de la masse m . (Voir figure)



Figure N°68 : Tamisage de l'échantillon.



Figure N°69 : Pesé l'échantillon.

e. Mode opératoire :

- ◆ Verser la prise m1 dans la fiole.
- ◆ Introduire le tube qui contient 10ml de solution d'acide chlorhydrique.
- ◆ Relier la fiole au calcimètre.
- ◆ Equilibrer les pressions au zéro de la colonne.
- ◆ Verser l'acide contenu dans le tube sur la masse m1.
- ◆ Agiter énergiquement la fiole.
- ◆ Suivre et équilibrer en permanence le niveau d'eau de la colonne et celui de l'ampoule jusqu'à la stabilisation de dégagement gazeux.
- ◆ Noter le volume V de gaz.
- ◆ Répété l'essai aplatir de l'étape de verser la masse dans la fiole mais pour $m' = 0.050, 0.100, 0.200, 0.300g$, et calculer V' .
- ◆ Tracer la courbe d'étalonnage.
- ◆ Déterminer à partir de la courbe la masse m2.

La figure ci-contre représente le mode opératoire de l'essai carbonate :

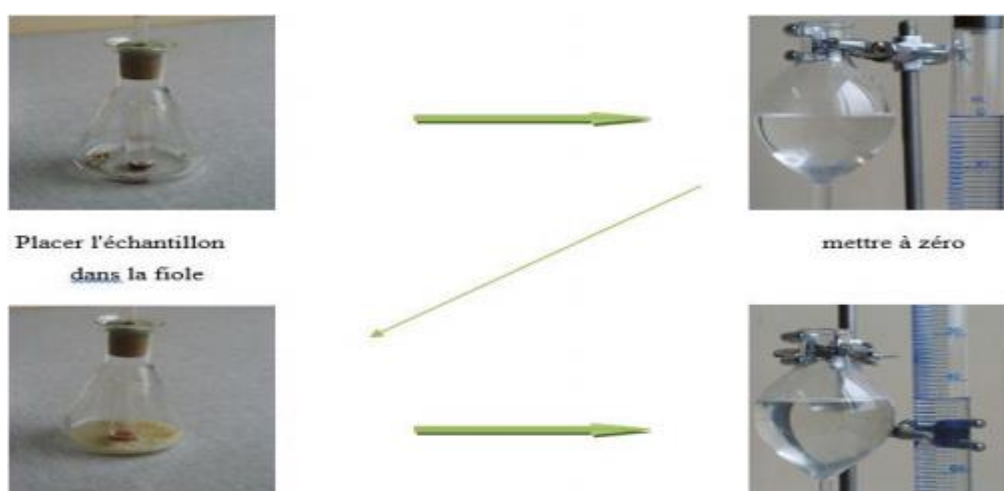


Figure N°70 : Mode opératoire de l'essai carbonate.

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

Teneur en calcaire total	Qualificatif de l'horizon
< 1 %	non calcaire
1 à 5 %	peu calcaire
5 à 25 %	modérément calcaire
25 à 50 %	fortement calcaire
60 à 80 %	très fortement calcaire
> 80 %	excessivement calcaire

Tableau N°31 : Qualification des horizons en fonction de leur teneur en calcaire total selon le GEPPA.

III.II).2 Essais mécaniques :

III.II).2.1 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)

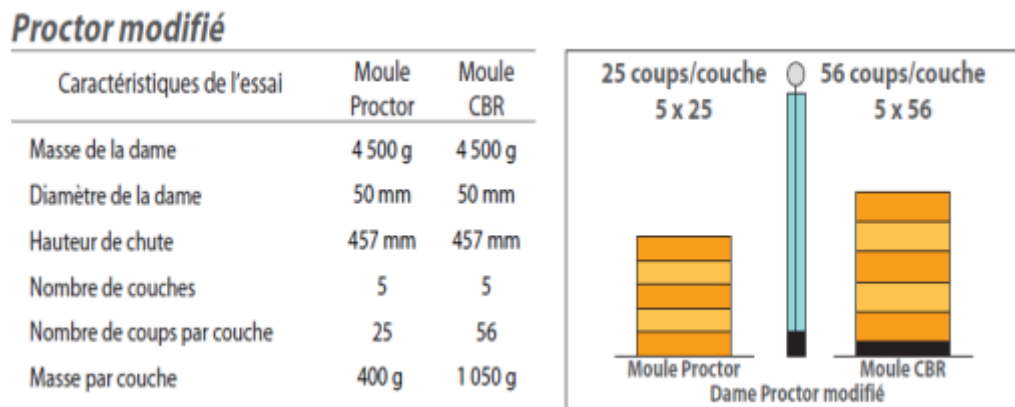


Figure N°71: Modalité d'exécution des essais Proctor modifié.

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°73 : 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°73: les étapes de l'essai Proctor.

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

III.II).2.2) 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.



Photo N°74: 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/min au cours de l'essai la pression correspondante aux enfoncements /0.625 / 1.25 / 2.00 / 2.5 / 5 / 7.5 / 10mm est noté en fin de l'essai l'échantillon est prélevé et sa teneur en eau est déterminée. (Voir figure).

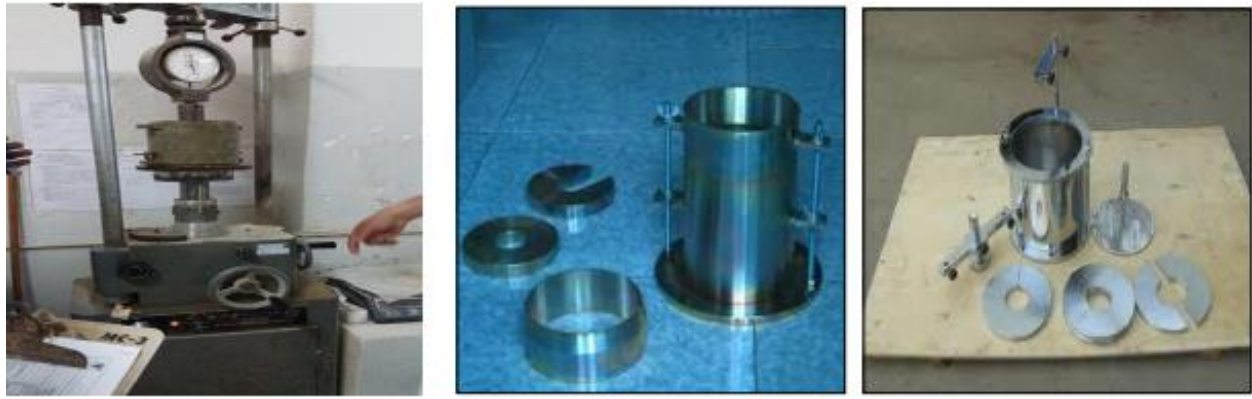


Figure N°75 : Matériels d'essai CBR.

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.

III .II).3 Essais chimiques :

III .II).3.1Essais 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



Figure N°76: appareillage de l'essai bleu méthylène.

C) mode opératoire :

L'essai consiste à procéder à des injections successives par pas de 5 cm
3 à 10 cm.

3 (selon l'argilosité du matériau) de solution de bleu de méthylène dans une suspension de sol maintenue en agitation
(vitesse 400 tr/min $\pm$ 100 tr/min) et à prélever périodiquement une goutte de la suspension que l'on dépose sur un papier chromatographique.

Les injections sont poursuivies jusqu'à ce qu'apparaisse une auréole périphérique bleu clair, de largeur millimétrique, dans la zone humide de la tâche. On peut alors considérer que l'adsorption du bleu sur les particules d'argile est terminée et que c'est l'excès de bleu de Méthylène qui apparaît dans l'auréole. L'essai est dit alors positif.

À partir de ce moment, on laisse se poursuivre l'adsorption du bleu dans la solution et l'on effectue des tâches, de minute en minute, sans ajout de solution. Si l'essai redevient négatif à la cinquième tâche
Ou avant, on procède à de nouvelles injections de bleu avec des pas de 2 cm³ à 5 cm³

.3. Valeur de bleu

La VBS s'exprime en grammes de bleu pour 100 g de matériau.

Pour les matériaux dont le Dmax est inférieur à 5 mm.

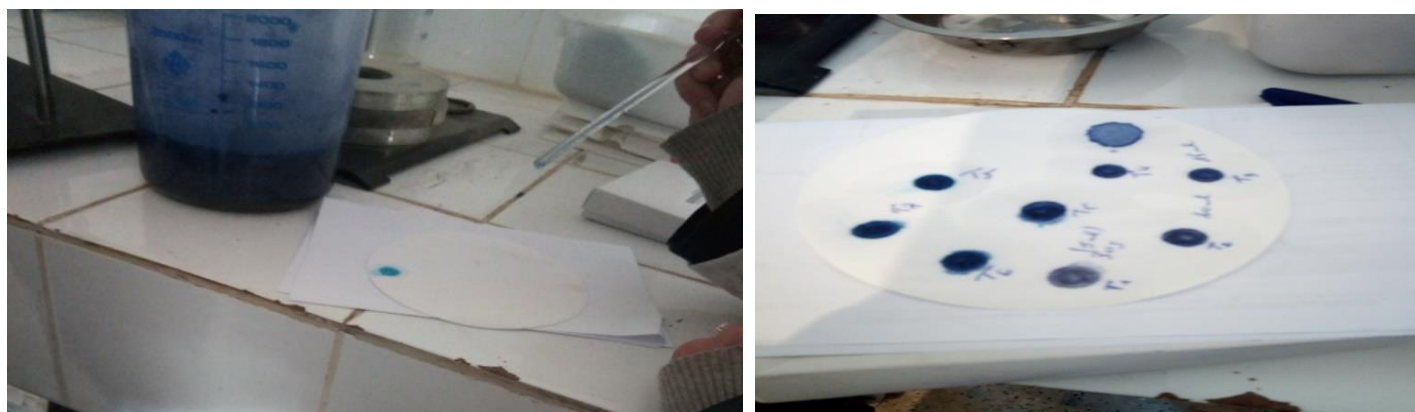


Figure N°77 : l'essai de bleu méthylène.

III .II).3.2.Essais sur les enrobés bitumineux

a)Teneur en liant

Le liant bitumineux transmet naturellement son comportement viscoélastique à l'enrobé. Il faut donc définir une teneur en liant optimale afin d'assurer la cohésion du mélange et le bon enrobage de tous les grains du mélange par un film mince de bitume, et ce, tout en évitant des problèmes de fluage et d'orniérage trop prononcés à haute température (dans le cas d'une trop forte teneur en bitume).

Pour déterminer cette teneur en liant optimale, on introduit la notion de surface spécifique des granulats, notée (Σ) et exprimée en m^2/kg , c'est-à-dire la surface développée qu'auraient les granulats assimilés à des sphères.

Pour un mélange granulométrique donné, la formule suivante permet d'avoir une approximation de la surface spécifique (Σ):

$$100 \Sigma = 0.17G + 0.33g + 2.3S + 2.3s + 135f$$

Avec

G: pourcentage de gros gravillons ($\phi > 11$).

g: pourcentage de petits gravillons ($\phi > 6/11$).

S: pourcentage de gros sable ($\phi > 0.3/6$).

s: pourcentage de sable fin ($\phi > 0.08/0.3$).

f: pourcentage de filler ($\phi < 0.08$).

b)Essai Duriez

Cet essai permet de connaître la tenue à l'eau d'un enrobé à chaud exprimé par un rapport des résistances à la compression avec immersion dans l'eau et à sec. Le mode de cet essai consiste à confectionner 12 petits moules cylindriques d'enrobés : 2 destinés à mesurer la masse volumique à la pesée hydrostatique, 5 conservés 7 jours à l'eau à $18^\circ C$ et 5 conservés 7 jours à l'air.

Après ce temps, les éprouvettes sont écrasées dans une presse hydraulique. La résistance à la compression simple = (charge d'écrasement)/ (section de l'éprouvette).

La résistance de l'éprouvette stockée en immersion est : "r "

La résistance de l'éprouvette stockée à l'eau est : " R".

Le rapport r/R est le résultat du test qui donne la tenue à l'eau de l'enrobé et qui sera comparé à la norme en vigueur.

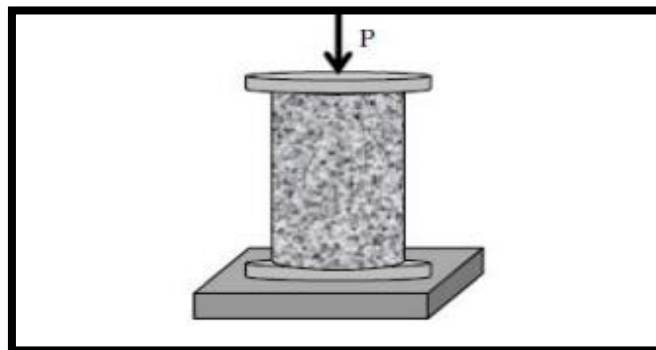


Figure N°78 : Principe de l'essai Duriez.

c) Essai Marshall

Les enrobés bitumineux sont compactés dans des moules à l'aide d'une dame en vue de réaliser des éprouvettes cylindriques. Ces éprouvettes (température 60°C) sont placées entre les deux mâchoires semi - cylindriques d'une presse qui se rapprochent l'une de l'autre à une vitesse constante. Au cours de l'essai, la charge et la déformation sont enregistrées jusqu'à la rupture. Cet essai rentre dans la catégorie des essais empiriques à chargement unique qui, vu la complexité des sollicitations engendrées, ne permet pas la détermination d'une propriété intrinsèque du matériau. Il conduit à la détermination directe de deux grandeurs : le fluage (mm) et la stabilité Marshall (kn), deux grandeurs liées à la caractérisation empirique de l'orniérage.

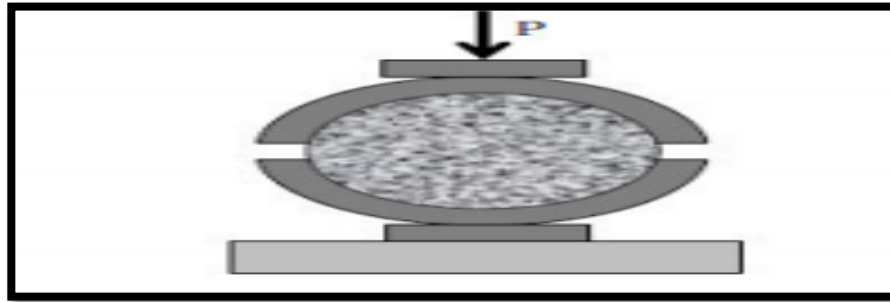


Figure N°79 : Principe de l'essai Marshall

D) Presse à Cisaillement Giratoire (PCG)

L'essai de compactage à la PCG est une combinaison d'un cisaillement giratoire et d'une force résultante axiale appliquée par une tête mécanique. L'essai permet de calculer le pourcentage des vides et la compacité à n girations au moyen de la hauteur mesurée l'éprouvette testée "hn". Il faut savoir qu'à 100 % de compacité, la hauteur minimale de l'éprouvette est de 150mm :

Pourcentage des vides = $((h_n - 150) / h_n) \times 100$

L'essai PCG traduit la maniabilité de l'enrobé.

. La maniabilité est un facteur important puisqu'elle traduit la facilité de mise œuvre de l'enrobé sur le chantier.

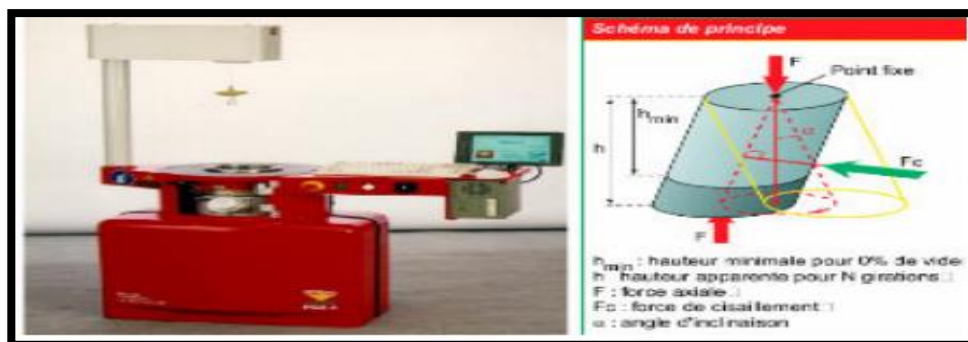


Figure N ° 80 : Presse à cisaillement giratoire (PCG).

e) L'essai de compression diamétrale

Les corps d'épreuve cylindriques sont des éprouvettes confectionnées à la Presse à Cisaillement Giratoire ou des carottes extraites de plaques. Une partie des éprouvettes est conservée sans immersion à température ambiante après un dégazage poussé pendant 70 h à 40 °C. Chaque groupe d'éprouvettes est écrasé en compression diamétrale à une température de 15°C. Le rapport de la résistance après immersion à la résistance à sec donne la tenue à l'eau du mélange.

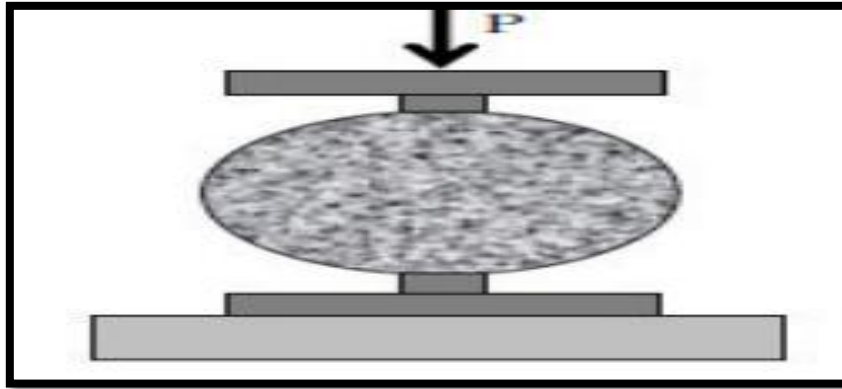


Figure n°81 : Principe de l'essai de compression diamétrale.

F) L'essai d'orniérage

Le corps d'épreuve est une plaque parallélépipédique de 5 cm ou de 10 cm d'épaisseur, selon que l'épaisseur de mise en œuvre de l'enrobé soit inférieure ou supérieure à 5 cm. Cette plaque est soumise au trafic d'une roue équipée d'un pneumatique (fréquence : 1 Hz, charge : 5 kN, pression : 6 bars), dans des conditions sévères de température (60 °C). La profondeur de la déformation produite dans le passage de la roue, est notée en fonction du nombre de cycles. Les spécifications portent sur un pourcentage d'ornière à un nombre de cycles donné, qui dépend du type de matériau, et de sa classe.

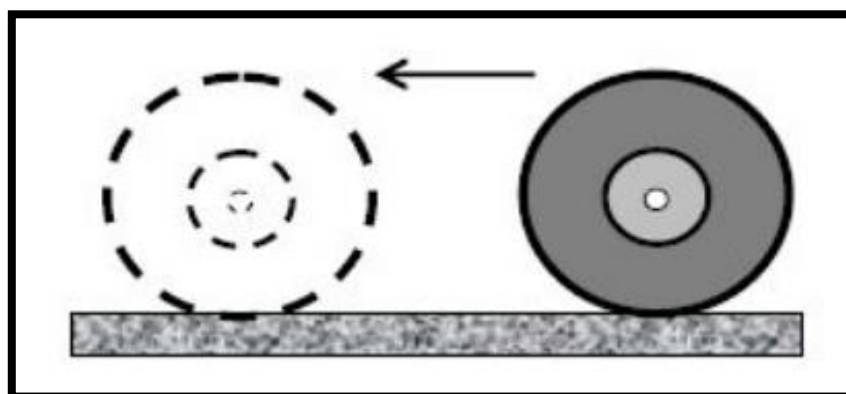


Figure N°82 : Principe de l'essai d'orniérage.

G)L'essai de traction directe

Il s'agit d'un essai de traction à température constante et à vitesse de déformation constante. Au cours de l'essai, les paramètres mesurés sont la contrainte et la déformation. La contrainte maximale, encore appelée contrainte de rupture, et la déformation correspondante, donnent directement accès à la résistance en traction du matériau testé, pour les conditions d'essais (température, vitesse) considérées.

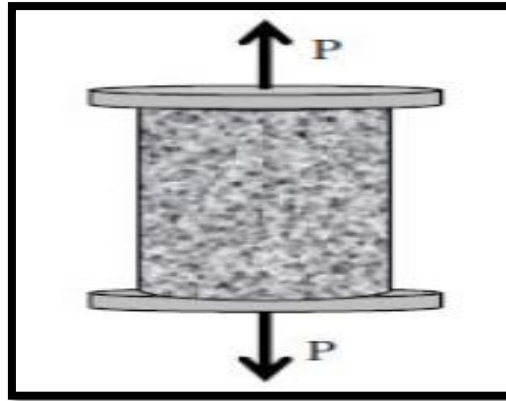


Figure N°83 : Principe de l'essai de traction directe.

H)Essai de fluage statique uni axial

L'essai consiste à charger axialement, avec une charge constante des éprouvettes cylindriques d'enrobés afin de déterminer la déformation résultante dans la direction de la charge (figure II.18) La déformation relative « ϵ » égale au rapport « $\Delta H/H$ » peut être représentée en fonction du temps.

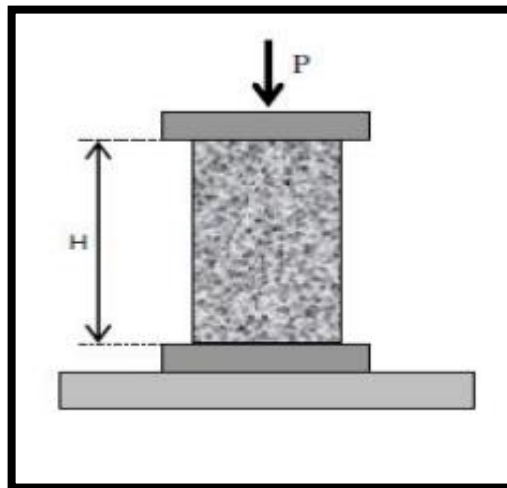


Figure N°84 : Principe de l'essai de compression cyclique uni axial sous confinement.

I) Essai de fluage dynamique

Cet essai consiste à déterminer la résistance à la déformation d'une éprouvette cyclique de mélanges bitumineux. L'éprouvette est préparée en laboratoire ou extraite de la chaussée.

Une éprouvette cylindrique, maintenue à une température de conditionnement élevée, est placée entre deux pistons de chargement parallèles et plans. L'éprouvette est soumise à une contrainte de confinement « σ_c » à laquelle une contrainte axiale cyclique « $\sigma_a(t)$ » vient se superposer.

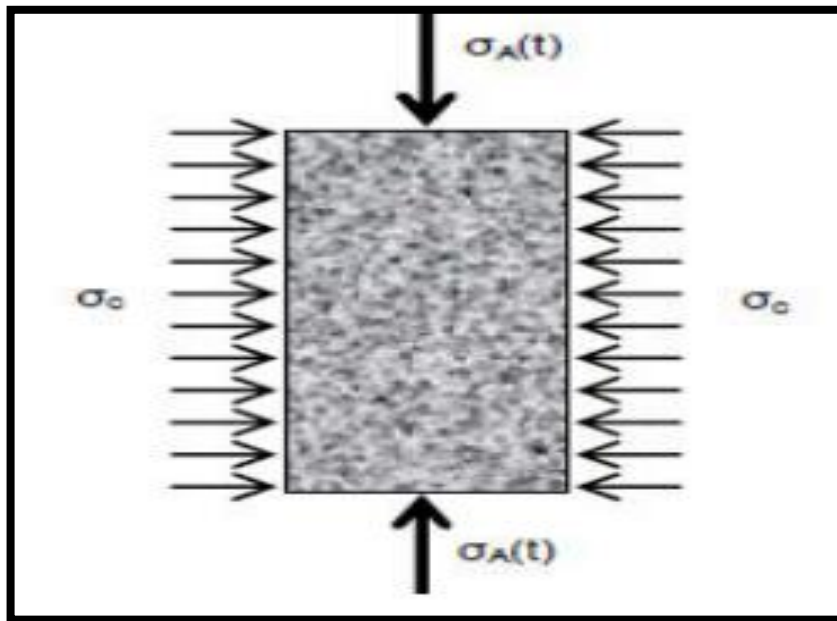


Figure N°85 : Représentation des contraintes exercées sur L'éprouvette dans le cas d'un essai de fluage dynamique.

La rigidité du mélange est déterminée soit par un essai de module complexe (solicitation sinusoïdale sur éprouvette trapézoïdale) soit par un essai de traction directe (sur éprouvette cylindrique ou parallélépipédique). La charge est appliquée dans un domaine de petites déformations, en contrôlant le temps ou la fréquence, la température et la loi de chargement.

Le module (rapport de la contrainte à la déformation) est calculé pour chaque essai élémentaire (température, fréquence).

Grâce à l'équivalence temps-température, on trace la courbe maîtresse du module à une température donnée. Cette représentation permet de connaître le comportement du mélange sur un large spectre de temps de charge ou de fréquences. La spécification porte sur le module à 15 °C et une fréquence de 10 Hz ou un temps de charge de 0,02 s.

K) Essais de fatigue

Cet essai permet d'étudier le comportement des enrobés bitumineux vis-à-vis de la fissuration ; il est pratiqué sur des éprouvettes de forme trapézoïdales. L'éprouvette est encastrée à la base, sollicitée en tête en flexion sinusoïdale par déplacement imposé d'amplitude constante choisie afin de caractériser la rupture à un million de cycles.

L'essai est pratiqué à 10°C et à une fréquence de 25 Hz.

La répétitivité des cycles de flexion alternée entraîne un endommagement de l'éprouvette (des fissures sont localisées). L'essai est conduit jusqu'à réduction de moitié de l'effort mesuré en tête, c'est le critère de la rupture. Les résultats obtenus sont reportés sur un diagramme (déformation - nombre de cycles à rupture).

Conclusion

Un enrobé est un mélange de graviers, de sable, de fines et de liant,. C'est un matériau routier, appliqué en une ou plusieurs couches, pour constituer le revêtement des chaussées. Les enrobés pour couche d'assise appartiennent soit à la famille des graves bitume (GB), soit à la famille des enrobés à module élevé (EME), ils permettent une diffusion suffisante des contraintes pour éviter une déformation permanente du sol support.

Devis estimatif Et quantitatif

N°	DESIGNTION	UNITE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	MONTANT
1	Amenée du matériel et installation du chantier il comprend l'amenée du matériel, l'installation, l'aménagement et le fonctionnement des bases et toutes sujétions de bonne exécution.	F	1,00	1 000000,00	1 000 000,00
2	Repli du matériel et des installations de chantier, il comprend le repliement du matériel le démontage des installations, la démolition des bases et la remise en état des lieux	F	1,00	1 000000,00	1 000 000,00
3	Démolition d'ouvrages ou de parties d'ouvrages en béton armé, il comprend la démolition et la mise en dépôt des produits démolis en un lieu agréé par le maitre d'ouvrage, ainsi que le nettoyage et l'évacuation à la décharge publique et toutes sujétions de bonne exécution	m ³	10,00	2 000,00	20 000,00
4	Démolition d'ouvrages ou de parties d'ouvrages en béton non armé, en moellons, en briques ou en gabion. il comprend la démolition et la mise en dépôt des produits démolis en un lieu agréé par le maitre d'ouvrage, ainsi que le nettoyage et l'évacuation à la décharge publique et toutes sujétions de bonne exécution	m ³	10,00	5 000,00	50 000,00
5	Démolition de structures en béton armé et maçonnerie. il comprend la démolition et la mise en dépôt des produits démolis en un lieu agréé par le maitre d'ouvrage, ainsi que le nettoyage et l'évacuation à la décharge publique et toutes sujétions de bonne exécution	m ³	96,00	1 200,00	115200,00
6	Démolition et reconstitution de clôture légère il comprend : la démolition et la mise en dépôt des produits démolis en un lieu agréé par le maitre d'ouvrage, et l'évacuation à la décharge publique ainsi que la reconstitution de clôture et toutes sujétions de bonne exécution.	m ³	50,00	4 000,00	200 000,00

7	Démolition de conduites existantes. il comprend la démolition et la mise en dépôt des produits démolis en un lieu agréé par le maitre d'ouvrage, ainsi que le nettoyage et l'évacuation à la décharge publique et toutes sujétions de bonne exécution	ml	20,00	1 000,00	20 000,00
8	Déplacement des balises de protection et toutes sujétions de bonne exécution.	U	10,00	10 000,00	10 000,00
9	Arbre dont le diamètre mesuré à 1 m du sol est inférieur à 20 cm	U	5,00	3 000,00	15 000,00
10	Arbre dont le diamètre mesuré à 1 m du sol entre 20 cm et 40 cm.	U	58,00	3 500,00	203 000,00
11	Arbre dont le diamètre mesuré à 1 m du sol supérieur à 40 cm	U	5,00	5 000,00	25 000,00
12	Décapage de la terre végétale sur une épaisseur de 0 ,30m, il comprend le décapage, et mise en dépôt en un lieu agréé par le maitre d'ouvrage ou évacuation à la décharge publique	m ³	88 215,00	120,00	9 625 800,00
13	Scarification de la couche de roulement de la chaussée existante y compris évacuation à la décharge publique.	m ²	10 000,00	100,00	1 000 000,00
14	Déblai en terrain meuble mis en remblai, il comprend l'extraction, le chargement, le transport, le compactage de la plate forme et toutes sujétions de bonne exécution.	m ³	94445,00	300,00	28 333 500,00
15	Déblai mis en dépôt. il comprend l'extraction, le chargement, le transport, le compactage de la plate forme et toutes sujétions de bonne exécution et le lieu de dépôt sera agréé par le maitre d'ouvrage	m ³	100,00	300,00	30 000,00
16	Déblai rocheux. il comprend l'extraction, le chargement, le transport, le compactage de la plate forme et toutes sujétions de bonne exécution et l'évacuation à la décharge publique.	m ³	20,00	4 000,00	80 000,00
17	Remblai il comprend l'extraction, le chargement, le transport, le compactage des remblais à 90% de l'OPM et toutes sujétions de bonne exécution.	m ³	658 550,00	650,00	428 057 500,00
18	Réglage et finition de la plate-forme et toutes sujétions de bonne exécution.	m ²	180 000,00	120,00	21 600 000,00
19	-Grille carrée plate, modèle type 400.	U	2,00	10 000,00	20 000,00
20	Grille carrée plate, modèle type 600.	U	5,00	15 000,00	75 000,00
21	Grille carrée plate, légère type 600.	U	2,00	18 000,00	36 000,00

22	Ouverture de tranchée, il comprend l'exécution des tranchées dans terrain toutes natures y compris évacuation à la décharge et toutes sujétions de bonne exécution.	m ³	50,00	400,00	20 000,00
23	Fourniture, transport et mise en œuvre de lit de sable, Il comprend la fourniture, le transport et mise en œuvre du lit de sable sur 20 cm d'épaisseur (sable de carrière) et toutes sujétions de bonne exécution	m ³	20,00	2 000,00	40 000,00
24	Remblai en sable à 10 cm au-dessus des buses, Il comprend la fourniture, le transport et mise en œuvre du lit de sable sur 10 cm d'épaisseur (sable de carrière) et toutes sujétions de bonne exécution	m ³	50,00	2 500,00	125 000,00
25	Remblai sélectionné, il comprend la fourniture, le transport et la mise en œuvre de remblai sélectionné pour le comblement des fouilles des tranchées des buses, y compris compactage par couches successives de 20 cm et toutes sujétions de mise en œuvre	m ³	20,00	600,00	12000,00
26	F/pose de buse en béton armé Diamètre 1200 mm.y/c la construction des têtes d'ouvrages en béton armé.	ml	30,00	25 000,00	750 000,00
27	F/pose de buse en béton armé Diamètre 1500 mm. y/ c la construction des têtes d'ouvrages en béton armé	ml	20,00	30 000,00	600 000,00
28	Semi Buses pour T.P.C et banquettes Ø300.	ml	3 980,00	500,00	1 990 000,00
29	cunettes préfabriquées sur talus et toutes sujétions de bonne exécution.-	ml	855,00	1 000,00	855 000,00
30	Exécution de la couche de forme en tuf comprend l'extraction, le chargement, le transport, le déchargement, le compactage à 95% de l'OPM et toutes sujétions de bonne exécution.	m ³	3750,00	500,00	1 875 000,00
31	Exécution de la couche de fondation en GNT comprend l'extraction, le chargement, le transport, le réglage aux cotes des plans et toutes sujétions de bonne exécution.	m ³	31 440,00	550,00	17 292 000,00
32	Exécution de la couche de base en GB comprend la fourniture, le transport et mise du matériau et toutes sujétions de bonne exécution.	T	55 515,00	5 000,00	277 575 000,00
33	Exécution de la couche de roulement en BB comprend la fourniture, le transport la mise en œuvre du matériau et toutes sujétions de bonne exécution.	T	19 180,00	5 500,00	105 490 000,00

34	Exécution de l'imprégnation en Cut Back 0/1 comprend le balayage, l'épandage du liant et toutes sujétions de bonne exécution	m ²	119 455,00	110,00	13 138 950,00
35	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 ²	110 810,00	120,00	13 297 200,00
36	Rechargement d'accotements et trottoirs. TPC, il comprend l'extraction, le chargement, le transport, le déchargement, le compactage à 95% de l'OPM et toutes sujétions de bonne exécution.	m ³	30 485,00	550,00	16 766 750,00
37	Bordures de trottoirs, il comprend la fourniture, le transport et la mise en place des bordures et toutes sujétions de bonne exécution.	ml	2740,00	700,00	1 918 000,00
38	B Dalot pour rétablissement des pistes. Déblai pour fouilles, y compris l'épuisement nécessaire comprend l'excavation, débroussaillage, démolitions de maçonnerie éventuelle, le boisage et le blindage des fouilles, mise en dépôt en un lieu agréé par le maître d'ouvrage et toutes sujétions de bonne exécution	m ³	1 780,00	600,00	1 068 000,00
39	Remblais pour fouilles comprend le transport, le déchargement, le réglage et le compactage par couche de 20cm à une densité sèche de 95% de l'essai Proctor normal et toutes sujétions de bonne exécution.	m ³	450,00	650,00	292 500,00
40	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	135,00	12 000,00	1 620 000,00
41	Béton RN 27 pour radier et piédroits comprend la mise en œuvre du béton et toutes sujétions inhérentes à ce type de béton	m ³	905,00	25 000,00	22 625 000,00
42	Béton RN 27 pour dalle comprend la mise en œuvre du béton et toutes sujétions inhérentes à ce type de béton	m ³	842,00	25 000,00	21 050 000,00
43	Béton RN 27 pour Mur en retour comprend la mise en œuvre du béton et toutes sujétions inhérentes à ce type de béton	m ³	235,00	25 000,00	5 875 000,00
44	Acier haute adhérence FeE40A. comprend la fourniture, mise en œuvre et le façonnage et toutes sujétions de bonne exécution.	T	267,00	400,00	106 800,00

45	Chape d'étanchéité sur l'ouvrage et toutes sujétions de bonne exécution Badigeonnage du coffrage des parties extérieures	m ²	825,00	1 000,00	825 000,00
46	Badigeonnage du coffrage des parties extérieures	m ²	705,00	50,00	35 250,00
47	Protection de gazoduc.	ml	10,00	100 000,00	1 000 000,00
48	Protection de câbles souterrain.	ml	15,00	100 000,00	1 500 000,00
49	Protection de conduite d'eau.	ml	40,00	100 000,00	4 000 000,00
50	Déplacement de conduites existantes de toutes natures et la réalisation des regards, y compris toutes sujétions de bonne exécution	ml	20,00	100 000,00	2 000 000,00
51	Déplacement de lampadaires y compris toutes sujétions de bonne exécution	U	5,00	1 000,00	5 000,00
52	Déplacement de poteaux électrique y compris toutes sujétions de bonne exécution.	U	3,00	5 000,00	15 000,00
53	Marquage sur chaussée par hachures.	m ²	410,00	80,00	32 800,00
54	Marquage sur chaussée en ligne continue.	m ²	1 800,00	90,00	162 000,00
55	Marquage sur chaussée, en ligne discontinue : - Type T 1, Largeur 15 cm	m ²	450,00	80,00	36 000,00
56	Marquage sur chaussée, en ligne discontinue : - Type T 2, Largeur 37.5 cm	m ²	135,00	80,00	10 800,00
57	Marquage sur chaussée, en ligne discontinue : - Type T3, Largeur 22.5 cm	m ²	1 570,00	80,00	125 600,00
58	Marquage sur chaussée, par des flèches : - Flèches de direction, longueur : 4,00 m	U	20,00	1 000,00	20 000,00
59	Marquage sur chaussée, par des flèches : - Flèches de rabattement, longueur : 6,00 m	U	9,00	1 000,00	9 000,00
60	Panneaux Type A, signaux d'avertissement de danger. A 1a, A 1b, A B3a	U	9,00	15 000,00	135 000,00
61	signaux d'interdiction ou de restriction Panneaux Type B, B 1, B12, B14.	U	10,00	15 000,00	150 000,00
62	Panneaux Type C et Type D, signaux d'indication ou de direction. C 207, C 208, D 21a	U	10,00	15 000,00	150 000,00
63	Panneaux type B21a1 ; R402 signaux d'obligation	U	10,00	15 000,00	150 000,00
64	F/Pose de Musoir. Type J14a	U	3,00	12 000,00	36 000,00
65	F/ Pose de Portiques avec panneaux de signalisation	U	6,00	1 500 000,00	9 000 000,00
66	Bornes kilométrique en béton armé.	U	8,00	2 000,00	16 000,00

67	Mise en œuvre de Glissière de sécurité en béton GBA.	ml	9 000,00	3 500,00	31 500 000,00
68	Fourniture et Mise en place Glissière de sécurité métallique.	ml	800,00	2 500,00	2 000 000,00
69	F/Pose de Garde corps	ml	60,00	8 000,00	480 000,00
70	F/pose de Candélabres.	U	88,00	30 000,00	2 640 000,00
71	F/Pose de Clôture métallique pour Autoroute	ml	8 000,00	6 000,00	48 000 000,00
TOTAL HT					1.099.781.650,00
TVA 19%					208.958.513,50
TOTAL TTC					1.308.740.163,50

Arrêter le présent devis quantitatif et estimatif a la somme de : un milliard trois cent huit millions sept cent quarante mille cent soixante-trois dinars et cinquante centimes.

Conclusion Générale

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour mettre en application et améliorer nos connaissances théoriques acquises pendant le cycle de notre formation dans le domaine de route.

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

Cette étude concerne un tronçon d'environ 4 km, de la deuxième rocade sud

D'Oran qui relie Belgaid et el kerma.

Nous avons essayé de respecter toutes les normes routières B40 qu'on ne peut pas négliger en évitant les contraintes rencontrées sur le terrain et on a pris en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement, car toute négligence peut être fatale.

Encore une fois, ce travail nous a poussé à mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels de calcul et de dessin notamment **L'EXCEL**, **COVADIS** et **AUTOUCAD**, vu leur traitement rapide et précision de leurs résultats.

Références Bibliographiques

La recherche a été effectuée par voie de l'internet (textes et photos).

- Complétée par une contribution individuelle.
- Cours de routes 3eme année licence.
- Cours de routes 1er année master de l'université de Mostaganem
- Anciens mémoires de fin d'étude.
- B40 normes techniques d'aménagement des routes
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (C.T.T.P).
- Site internet : **www.SETRA.com**.
- Mémoire de fin d'étude Du Dédoulement du chemin de wilaya N°33 (CW33) sur 05 Km D'EL Bahia vers la zone industrielle D'ES SENIA
- Etude géométrique et géotechnique du 2^{ème} boulevard périphérique de Mostaganem promotion (2018/2020).
- Mémoire de fin d'étude, Etude géométrique et géotechnique BOURI & TIDJEDIT (ING-VOA, Promo 2013).
- Etude Géotechnique D'un Tronçon De La Pénétrante Autoroutière Reliant Le Port De Bejaia à l'AutoRoute Est-Ouest Au Niveau d'Ahnif du (PK35+000) Au (PK36+800).

Annexes

Tabulation

PT N°	PK	Z terrain naturel	Z projet	X	Y
PT-388	9000.00	95.477	93.603	725,147.870	3, 951,413.814
PT-389	9025.00	95.727	94.069	725,157.083	3, 951,390.573
PT-390	9050.00	95.977	94.487	725,166.296	3, 951,367.333
PT-391	9075.00	96.236	93.963	725,175.509	3, 951,344.092
PT-392	9100.00	96.651	93.234	725,184.722	3, 951,320.851
PT-393	9125.00	97.172	92.803	725,193.934	3, 951,297.611
PT-394	9150.00	97.693	92.591	725,203.147	3, 951,274.370
PT-395	9175.00	98.215	92.578	725,212.360	3, 951,251.130
PT-396	9200.00	98.733	93.043	725,221.573	3, 951,227.889
PT-397	9225.00	99.178	93.756	725,230.786	3, 951,204.648
PT-398	9250.00	99.519	93.560	725,239.998	3, 951,181.408
PT-399	9275.00	99.756	93.073	725,249.211	3, 951,158.167
PT-400	9300.00	99.889	93.565	725,258.424	3, 951,134.927
PT-401	9325.00	99.918	92.901	725,267.637	3, 951,111.686
PT-402	9350.00	99.843	93.031	725,276.850	3, 951,088.446
PT-403	9375.00	99.664	93.081	725,286.062	3, 951,065.205
PT-404	9400.00	99.381	93.236	725,295.275	3, 951,041.964
PT-405	9425.00	98.994	93.208	725,304.488	3, 951,018.724
PT-406	9450.00	98.560	93.265	725,313.701	3, 950,995.483
PT-407	9475.00	98.126	93.388	725,322.914	3, 950,972.243
PT-408	9500.00	97.692	93.551	725,332.126	3, 950,949.002
PT-409	9525.00	97.258	93.659	725,341.339	3, 950,925.762
PT-410	9550.00	96.824	94.014	725,350.552	3, 950,902.521
PT-411	9575.00	96.393	95.000	725,359.765	3, 950,879.280
PT-412	9600.00	96.101	95.292	725,368.978	3, 950,856.040
PT-413	9625.00	96.017	94.887	725,378.190	3, 950,832.799
PT-414	9650.00	96.141	94.436	725,387.403	3, 950,809.559
PT-415	9675.00	96.422	94.188	725,396.616	3, 950,786.318
PT-416	9700.00	96.713	94.388	725,405.829	3, 950,763.078
PT-417	9725.00	97.004	94.971	725,415.042	3, 950,739.837
PT-418	9750.00	97.295	95.295	725,424.254	3, 950,716.596
PT-419	9775.00	97.584	95.547	725,433.467	3, 950,693.356
PT-420	9800.00	97.798	95.623	725,442.680	3, 950,670.115
PT-421	9824.51	97.908	95.643	725,451.714	3, 950,647.326

PT-422	9825.00	97.909	95.638	725,451.893	3, 950,646.875
PT-423	9850.00	97.915	95.534	725,461.206	3, 950,623.674
PT-424	9875.00	97.818	95.165	725,470.712	3, 950,600.552
PT-425	9900.00	97.617	94.772	725,480.411	3, 950,577.510
PT-426	9925.00	97.399	94.828	725,490.301	3, 950,554.550
PT-427	9928.47	97.383	94.843	725,491.688	3, 950,551.371
PT-428	9950.00	97.372	94.980	725,500.312	3, 950,531.642
PT-429	9975.00	97.552	95.232	725,510.324	3, 950,508.734
PT-430	10000.00	97.941	95.250	725,520.337	3, 950,485.827
PT-431	10025.00	98.536	95.430	725,530.349	3, 950,462.919
PT-432	10050.00	99.334	95.636	725,540.362	3, 950,440.012
PT-433	10075.00	100.191	95.752	725,550.374	3, 950,417.104
PT-434	10100.00	101.048	95.847	725,560.386	3, 950,394.197
PT-435	10125.00	101.868	95.969	725,570.399	3, 950,371.289
PT-436	10150.00	102.584	96.189	725,580.411	3, 950,348.382
PT-437	10175.00	103.197	96.319	725,590.424	3, 950,325.475
PT-438	10200.00	103.705	96.302	725,600.436	3, 950,302.567
PT-439	10225.00	104.110	96.411	725,610.449	3, 950,279.660
PT-440	10250.00	104.411	96.738	725,620.461	3, 950,256.752
PT-441	10275.00	104.677	97.112	725,630.473	3, 950,233.845
PT-442	10300.00	104.943	97.605	725,640.486	3, 950,210.937
PT-443	10325.00	105.209	98.495	725,650.498	3, 950,188.030
PT-444	10350.00	105.475	99.352	725,660.511	3, 950,165.122
PT-445	10375.00	105.741	100.563	725,670.523	3, 950,142.215
PT-446	10400.00	106.007	102.071	725,680.536	3, 950,119.308
PT-447	10425.00	106.272	103.355	725,690.548	3, 950,096.400
PT-448	10450.00	106.538	104.217	725,700.560	3, 950,073.493
PT-449	10475.00	106.804	104.980	725,710.573	3, 950,050.585
PT-450	10500.00	107.070	105.329	725,720.585	3, 950,027.678
PT-451	10525.00	107.336	105.308	725,730.598	3, 950,004.770
PT-452	10550.00	107.602	105.395	725,740.610	3, 949,981.863
PT-453	10575.00	107.868	105.432	725,750.623	3, 949,958.955
PT-454	10600.00	108.133	105.652	725,760.635	3, 949,936.048
PT-455	10625.00	108.399	105.674	725,770.647	3, 949,913.140
PT-456	10625.97	108.410	105.691	725,771.035	3, 949,912.253
PT-457	10650.00	108.655	105.900	725,780.509	3, 949,890.168
PT-458	10675.00	108.824	105.623	725,790.042	3, 949,867.057
PT-459	10700.00	108.888	105.473	725,799.245	3, 949,843.813
PT-460	10725.00	108.849	105.611	725,808.116	3, 949,820.440
PT-461	10750.00	108.705	105.594	725,816.654	3, 949,796.943
PT-462	10775.00	108.467	105.803	725,824.856	3, 949,773.327
PT-463	10800.00	108.212	106.201	725,832.720	3, 949,749.597
PT-464	10825.00	107.957	106.434	725,840.246	3, 949,725.756
PT-465	10850.00	107.702	106.741	725,847.431	3, 949,701.811
PT-466	10875.00	107.447	107.130	725,854.275	3, 949,677.767

PT-467	10900.00	107.192	107.493	725,860.775	3, 949,653.627
PT-468	10925.00	106.937	107.738	725,866.931	3, 949,629.397
PT-469	10950.00	106.682	108.126	725,872.741	3, 949,605.081
PT-470	10975.00	106.427	108.481	725,878.204	3, 949,580.686
PT-471	11000.00	106.173	107.968	725,883.319	3, 949,556.215
PT-472	11025.00	105.918	105.881	725,888.085	3, 949,531.673
PT-473	11050.00	105.663	104.222	725,892.501	3, 949,507.067
PT-474	11075.00	105.408	104.638	725,896.566	3, 949,482.400
PT-475	11100.00	105.153	105.405	725,900.279	3, 949,457.677
PT-476	11125.00	104.898	106.548	725,903.639	3, 949,432.904
PT-477	11150.00	104.643	108.036	725,906.647	3, 949,408.086
PT-478	11175.00	104.388	108.973	725,909.300	3, 949,383.228
PT-479	11200.00	104.133	107.616	725,911.599	3, 949,358.334
PT-480	11225.00	103.878	106.767	725,913.544	3, 949,333.410
PT-481	11250.00	103.623	106.095	725,915.133	3, 949,308.460
PT-482	11275.00	103.368	105.033	725,916.366	3, 949,283.491
PT-483	11300.00	103.113	104.236	725,917.244	3, 949,258.507
PT-484	11325.00	102.858	103.117	725,917.766	3, 949,233.512
PT-485	11350.00	102.603	101.702	725,917.932	3, 949,208.513
PT-486	11375.00	102.348	100.257	725,917.741	3, 949,183.514
PT-487	11400.00	102.093	98.692	725,917.195	3, 949,158.520
PT-488	11425.00	101.854	97.352	725,916.292	3, 949,133.537
PT-489	11450.00	101.785	96.680	725,915.034	3, 949,108.569
PT-490	11475.00	101.923	96.228	725,913.420	3, 949,083.621
PT-491	11500.00	102.191	95.821	725,911.451	3, 949,058.699
PT-492	11525.00	102.370	95.682	725,909.127	3, 949,033.807
PT-493	11550.00	102.445	95.735	725,906.449	3, 949,008.951
PT-494	11575.00	102.415	95.727	725,903.417	3, 948,984.136
PT-495	11600.00	102.282	95.895	725,900.032	3, 948,959.367
PT-496	11625.00	102.045	96.098	725,896.295	3, 948,934.648
PT-497	11650.00	101.704	96.015	725,892.205	3, 948,909.985
PT-498	11675.00	101.269	96.002	725,887.765	3, 948,885.382
PT-499	11700.00	100.819	96.016	725,882.975	3, 948,860.846
PT-500	11725.00	100.369	96.098	725,877.836	3, 948,836.380
PT-501	11750.00	99.939	96.177	725,872.348	3, 948,811.990
PT-502	11775.00	99.683	96.249	725,866.514	3, 948,787.680
PT-503	11800.00	99.634	96.408	725,860.335	3, 948,763.456
PT-504	11825.00	99.794	96.500	725,853.810	3, 948,739.323
PT-505	11850.00	100.160	96.504	725,846.943	3, 948,715.285
PT-506	11875.00	100.680	96.789	725,839.734	3, 948,691.347
PT-507	11900.00	101.208	97.097	725,832.185	3, 948,667.514
PT-508	11925.00	101.735	97.280	725,824.297	3, 948,643.791
PT-509	11950.00	102.263	97.336	725,816.072	3, 948,620.184
PT-510	11975.00	102.790	97.418	725,807.511	3, 948,596.695
PT-511	12000.00	103.318	97.575	725,798.617	3, 948,573.331

PT-512	12025.00	103.845	97.774	725,789.390	3, 948,550.096
PT-513	12050.00	104.373	97.929	725,779.834	3, 948,526.995
PT-514	12075.00	104.900	97.738	725,769.950	3, 948,504.032
PT-515	12100.00	105.428	97.988	725,759.739	3, 948,481.212
PT-516	12125.00	105.956	98.655	725,749.205	3, 948,458.540
PT-517	12150.00	106.482	99.964	725,738.349	3, 948,436.021
PT-518	12175.00	106.943	101.973	725,727.173	3, 948,413.658
PT-519	12200.00	107.300	105.027	725,715.679	3, 948,391.457
PT-520	12225.00	107.553	107.700	725,703.871	3, 948,369.422
PT-521	12250.00	107.702	109.482	725,691.750	3, 948,347.557
PT-522	12275.00	107.747	109.746	725,679.318	3, 948,325.867
PT-523	12300.00	107.688	108.661	725,666.579	3, 948,304.357
PT-524	12325.00	107.525	107.253	725,653.535	3, 948,283.030
PT-525	12350.00	107.258	105.787	725,640.188	3, 948,261.891
PT-526	12375.00	106.887	104.282	725,626.542	3, 948,240.944
PT-527	12400.00	106.412	103.096	725,612.598	3, 948,220.194
PT-528	12425.00	105.886	102.220	725,598.361	3, 948,199.644
PT-529	12450.00	105.360	101.440	725,583.832	3, 948,179.300
PT-530	12475.00	104.834	101.033	725,569.015	3, 948,159.164
PT-531	12500.00	104.308	100.750	725,553.912	3, 948,139.242
PT-532	12525.00	103.782	100.268	725,538.527	3, 948,119.537
PT-533	12550.00	103.256	100.667	725,522.864	3, 948,100.052
PT-534	12575.00	102.730	100.978	725,506.924	3, 948,080.793
PT-535	12600.00	102.204	100.646	725,490.711	3, 948,061.763
PT-536	12625.00	101.687	99.290	725,474.229	3, 948,042.966
PT-537	12650.00	101.326	98.114	725,457.481	3, 948,024.406
PT-538	12675.00	101.172	97.868	725,440.470	3, 948,006.086
PT-539	12700.00	101.226	98.022	725,423.200	3, 947,988.010
PT-540	12725.00	101.486	97.335	725,405.675	3, 947,970.182
PT-541	12750.00	101.826	96.971	725,387.897	3, 947,952.605
PT-542	12775.00	102.166	96.775	725,369.870	3, 947,935.284
PT-543	12800.00	102.505	96.932	725,351.599	3, 947,918.221
PT-544	12825.00	102.845	96.736	725,333.086	3, 947,901.420
PT-545	12847.87	103.156	96.780	725,315.942	3, 947,886.282
PT-546	12850.00	103.185	96.788	725,314.337	3, 947,884.883
PT-547	12875.00	103.521	96.836	725,295.489	3, 947,868.459
PT-548	12900.00	103.781	96.604	725,276.642	3, 947,852.034
PT-549	12925.00	103.936	96.501	725,257.794	3, 947,835.609
PT-550	12950.00	103.988	96.105	725,238.947	3, 947,819.185
PT-551	12975.00	103.936	95.625	725,220.099	3, 947,802.760
PT-552	13000.00	103.779	95.151	725,201.252	3, 947,786.335

Les éléments des profils en long

Elément	Caractéristiques des éléments	Longueur	Abscisse	Z
D26	PENTE= 1.00%	101.781	8965.83	95.135
PAR26	S= 9083.94 Z=96.316	32.649	9067.62	96.153
	R = 3,010.000			
D27	PENTE= 2.08%	93.921	9100.26	96.657
PAR27	S= 9309.01 Z=101.008	229.649	9194.19	98.614
	R = 6,010.000			
D28	PENTE= -1.74%	146.529	9423.83	99.014
PAR28	S= 9614.02 Z=95.712	87.322	9570.36	96.470
	R = 3,010.000			
D29	PENTE= 1.16%	111.400	9657.69	96.220
PAR29	S= 9834.70 Z=98.282	131.218	9769.09	97.518
	R = 6,010.000			
D30	PENTE= -1.02%	9.790	9900.30	97.613
PAR30	S= 9977.03 Z=96.832	133.876	9910.09	97.514
	R = 3,010.000			
D31	PENTE= 3.43%	59.674	10043.97	99.127
PAR31	S= 10174.73 Z=103.611	142.174	10103.64	101.173
	R = 6,010.000			
D32	PENTE= 1.06%	393.276	10245.82	104.367

PAR32	S= 10701.70 Z=109.215	125.205	10639.09	108.549
	R = 6,010.000			
D33	PENTE= -1.02%	650.839	10764.30	108.576
PAR33	S= 11448.04 Z=101.603	65.798	11415.14	101.939
	R = 3,010.000			
D34	PENTE= 1.17%	4.448	11480.94	101.987
PAR34	S= 11574.52 Z=103.078	178.263	11485.39	102.039
	R = 6,010.000			
D35	PENTE= -1.80%	75.499	11663.65	101.474
PAR35	S= 11797.99 Z=99.055	117.695	11739.15	100.115
	R = 3,010.000			
D36	PENTE= 2.11%	289.647	11856.84	100.297
PAR36	S= 12273.12 Z=109.081	253.255	12146.49	106.409
	R = 6,010.000			
D37	PENTE= -2.10%	217.932	12399.74	106.417
PAR37	S= 12669.79 Z=100.736	104.231	12617.68	101.832
	R = 3,010.000			
D38	PENTE= 1.36%	146.335	12721.91	101.444
PAR38	S= 12988.01 Z=105.061	239.531	12868.24	103.433
	R = 6,010.000			

Listing de la géométrie de l'axe en plan

Elément	Caractéristiques	Longueur	Abscisse	X	Y
DR22	ANG=175.9735 (g)	1,054.928	8769.59	725,062.960	3, 951,628.012
ARC23	XC=728,240.583 YC=3, 951,752.862	103.954	9824.51	725,451.714	3, 950,647.326
	R=3,000.000				
DR24	ANG=173.7675 (g)	697.500	9928.47	725,491.688	3, 950,551.371
ARC25	XC=724,162.932 YC=3, 949,209.381	2,221.903	10625.97	725,771.035	3, 949,912.253
	R=1,755.000				
DR26	ANG=254.3662 (g)	649.285	12847.87	725,315.942	3, 947,886.282

