

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

People's Democratic Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research

جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم

University Abdelhamid Ibn Badis – Mostaganem

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculty of Sciences and Technology

قسم الهندسة المدنية

Civil engineering department



N° d'ordre : M...../GC/2022

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Voies et Ouvrages d'Arts (VOA)

Thème

ETUDE DU DEDOUBLEMENT DE LA RN 11 ENTRE BENABDELMALEK RAMDANE
ET LIMITE DE WILAYA DE CHLEF SUR 62 KMS
LOT N°01: EVITEMENT CHERAFIA SUR 2,707 KMS
(PK 0+000 AU PK 2+707)

Présenté par :

- Mr LAIDI Mohammed.
- Mr MOUALID Mourad.

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

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

Année Universitaire : 2021 / 2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENTS

Nous remercions, en premier lieu, notre dieu le plus Puissant qui a bien voulu nous donner la force et le courage Pour effectuer le présent travail.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Monsieur ROUAM SERIK Mohamed pour son sérieux, son compétence et ses orientations.

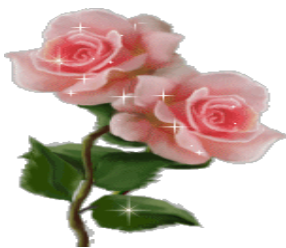
Sans oublier Mr REZIGUA Ahmed qui as nous aidé dans notre thèse avec son expérience.

Nous adressons également notre profonde gratitude au personnel pédagogique de département du Génie Civil en particulier Chef de département Monsieur BOUHALOUFA Ahmed.

Ainsi qu'à tous nos professeurs, durant nos cycles.

Enfin nous remercions toutes les personnes qui, de près ou de loin, ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Nous remercions les membres de jury Monsieur MEBROUKI Abdelkader, Monsieur TALIA Ahmed et Monsieur BOUARFA Zohir qui nous ont fait l'honneur de présider et d'examiner ce modeste Travail.



Mr LAIDI Mohammed

Mr MOUALID Mourad

Dédicaces

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

*Pour leur patience, leur amour,
leur soutien et leurs encouragements,
Qu'ils trouvent en moi la source de leur fierté.*

A mes chères sœurs et frères

A ma femme,

A mes fils Abdelsamad, Alaa Safaa et la petite Ferial

*A mon ami et mon frère REZIGUA Ahmed pour son appui
et son encouragement,*

*A ma grande famille et tout qui a une relation avec elle
soit du proche ou du lointain.*

Tous mes collègues sans exception.

Et a tous mes collègues de la promotion voie et ouvrage d'art

Anssi qu'a toute la promotion du génie civil.

LAIIDI Mohammed

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à ma mère et mon père et ma femme

Pour leur patience, leur amour,

Leur soutien et leurs encouragements,

Qu'ils trouvent en moi la source de leur fierté.

A mes chères sœurs et frères

A mes fils Saif Allah, Bouzian, Mohamed, Ahmed Gaid Saleh

A qui je souhaite un avenir radieux plein de réussite.

*A mon ami et mon frère LAIDI Mohammed, pour son appui et son
encouragement,*

A ma grande famille, MOUALID et tout qui a une relation avec elle

Soit du proche ou du lointain.

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

MOUALID Mourad

Résumé

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

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

Ce projet présente une étude du dédoublement de la RN 11 entre Benabdelmalek Ramdane et limite de wilaya de Chlef sur 62 kms « lot N°01: évitement cherafia sur 2,707 kms ».

Cette étude se compose de deux parties :

- **La première partie:** définition de la route national N°11 et son rôle économique, sociale et touristique dans la wilaya de Mostaganem et la ville de cherafia.
- **La deuxième partie:** l'étude géométrique et géotechnique de l'évitement la ville de cherafia

MOTS CLES : route national (RN11), chemin communal (cc), environnement, trafic, vitesse de référence, cinématique, dévers, trace en plan, Clothoïde, déblai et le remblai.

Summary

Our end-of-study project falls into the field of transport infrastructure, and in particular roads. The road is considered an effective element connecting the different regions of the country and contributing to its development through different economic activities and trade.

This project presents a geotechnical and geometric study of the duplication of the RN 11 between Benabdelmalek Ramdane and the limit of the wilaya of Chlef over 62 kms "lot N°01: cherafia avoidance over 2.707 kms".

This study consists of two parts:

- **The first part:** definition of the RN11 road and the economic, social, tourist role it plays through the wilaya Mostaganem and the city of Cherafia.
- **The second part:** the geometric and geotechnical study of the avoidance of the city of cherafia

KEY WORDS: national road (RN11), communal road (cc), environment, traffic, reference speed, kinematics, cant, trace in plan, Clothoid, cut and fill.

ملخص

يقع مشروع نهاية الدراسة لدينا في مجال البنية التحتية للنقل ، وخاصة الطرق. يعتبر الطريق عاملا فعالا يربط مناطق الدولة المختلفة ويساهم في تنميتها من خلال الأنشطة الاقتصادية والتجارية المختلفة.

يقدم هذا المشروع دراسة جيوتقنية وهندسية لإزدواجية الطريق الوطني رقم 11 بين بلدية بن عبد الملك رمضان و حدود ولاية شلف على مسافة 62 كلم "الحصة رقم 01: طريق اجتنابي لمدينة الشرايفية على مسافة 2,707 كلم". تتكون هذه الدراسة من جزئين:

- **الجزء الأول:** تعريف الطريق الوطني رقم 11 والدور الاقتصادي والاجتماعي والسياحي الذي يلعبه من خلال ولاية مستغانم ومدينة الشرايفية.
 - **الجزء الثاني:** الدراسة الهندسية والجيوتقنية لتجنب مدينة الشرايفية
- الكلمات الرئيسية:** الطريق الوطني رقم 11 (RN11) ، الطريق البلدي (CC) ، البيئة ، المرور ، السرعة المرجعية ، الحركية ، الميل ، رسم المخطط ، كلوثويد ، حفر و ردم.

Sommaire

Introduction générale	01
Chapitre I Présentation du projet	
I.1. Introduction.....	03
I.2. Taux de croissance de la population.....	03
I.3. Infrastructures de base existantes	04
I.4 .Présentation du projet	05
I.5. Justification du projet	08
I.6. Objectifs du projet.....	08
Chapitre II Normes géométriques et données de base	
II.1. Généralités.....	10
II.2. Environnement de la route.....	10
II.3. Catégorie de la route.....	17
II.4. La vitesse de référence.....	17
Chapitre III Etude du trafic	
III.1. Généralités.....	19
III.2. Différents types de trafics.....	19
III.3. Analyse du trafic.....	19
III.4. Calcul de la capacité	20
III.5. Calcul du trafic effectif	21
III.6. Débit de pointe horaire normal	21
III.7. Débit horaire admissible	21
III.8. Application au projet.....	23
Chapitre IV Paramètre cinématique	
IV.1. Distance de freinage.....	27
IV.2. Temps de réaction.....	28
IV.3. Distance d'arrêt.....	29
IV.4. Manœuvre de dépassement.....	30
IV.5. Espacement entre deux véhicules.....	31
IV.6. Application au projet.....	31
Chapitre V Tracé en plan	
V.1. Introduction.....	34
V.2. La vitesse de référence (de base).....	34
V.3. Paramètres fondamentaux (B40).....	34
V.4. Règles et principes du tracé en plan.....	35
V.5. Les éléments du tracé en plan.....	35
V.6. Courbes en plan.....	37
V.7. courbes de raccordements.....	41
V.8. Exemple de calcul manuel d'axe de la trace en plan.....	45

Chapitre VI Profil en long	
VI.1. Définition.....	50
VI.2. Règles à respecter dans le tracé de la ligne rouge.....	50
VI.3. Eléments de composition du profil en long.....	50
VI.4. Coordination entre le tracé en plan et le profil en long.....	51
VI.5. Déclivité.....	51
VI.6. Les raccordements en profil en long.....	52
VI.7. Détermination pratique du profil en long.....	54
VI.8. Exemple de calcul du profil en long.....	57
Chapitre VII Profil en travers	
VII.1. Généralités.....	60
VII.2. Les éléments du profil en travers.....	60
VII.3. Classification du profil en travers.....	62
VII.4. Application numérique au projet.....	62
Chapitre VIII Cubature	
VIII.1. Généralités.....	64
VIII.2. Définition.....	64
VIII.3. Méthode de calcul des cubatures.....	64
VIII.4. Application au projet.....	67
Chapitre IX Dimensionnement de corps de chaussée	
IX.1. Introduction.....	69
IX.2. La chaussée.....	70
IX.3. Les différentes catégories de chaussée.....	71
IX.4. Les principales méthodes de dimensionnement.....	72
IX.5. Application au projet.....	74
Chapitre X Etude géotechnique	
X.1 Introduction	78
X.2 Objectif de la géotechnique routière	78
X.3 Moyens de reconnaissance	78
X.4 Réglementation algérienne en géotechnique.....	79
X.5 Les essais en géotechnique	79
X.5.1 Essais physiques	80
X.5.2 Essais mécaniques	93
X.5.3 Essais chimiques	97
X.5.4 Essais des Enrobés	97
Chapitre XI Assainissement	
XI.1. Généralités.....	101
XI.2. Objectif de l'assainissement.....	101
XI.3. Assainissement de la chaussée.....	102
XI.4. Définitions des termes hydrauliques.....	103

Chapitre XII Signalisation et éclairage	
XII.1.1 Signalisation.....	106
XII.1.2 Objectifs de signalisation routière.....	106
XII.1.3 Critères a respecté pour les signalisations.....	106
XII.1.4 type de signalisation.....	106
XII.1.5 Application au projet.....	110
XII.2.1 Eclairage.....	116
XII.2.2 Catégorie d'éclairage	116
XII.2.3 Paramètres d'implantation des luminaires.....	116
XII.2.4 Eclairage d'un point singulier.....	117
Chapitre XIII : Aménagement des carrefours et implantation	
XIII.1 Introduction	119
XIII.2 Les différents types des carrefours	119
XIII.3 Principe généraux d'aménagement d'un carrefour.....	120
XIII.4 La Visibilité	120
XIII.5 Triangle De Visibilité	121
XIII.6 Les Îlots.....	121
XIII.7 Implantation.....	121
XIII.8 Plan de piquetage des axes des voies.....	121
Chapitre XIV : Impact sur l'environnement	
XIV.1. Impacts du projet sur l'environnement.....	125
XIV.2. Mesures d'atténuation.....	125
Chapitre XV : Devis quantitatif et estimatif	
XV.1. Devis quantitatif et estimatif.....	127
Conclusion générale	
Bibliographie	
Annexes	

Liste des figures

Figure n°01 : Carte géographique de la wilaya de Mostaganem	03
Figure n°02 : Carte du réseau routier de la wilaya de Mostaganem	05
Figure n°03 : Tracé globale du dédoublement Mostaganem – Limite de Chlef	06
Figure n°04 : Tracé de notre section étudié - évitement Cherafia	07
Figure n°05 : Distance de freinage	27
Figure n°06 : Temps de réactions	28
Figure n°07 : Distance d'arrêt	29
Figure n°08 : Espacement entre véhicule	31
Figure n°09 : Élément du tracé en plan	35
Figure n°10 : Élément de la Clothoïde	42
Figure n°11 : Raccordement convexe et concave	52
Figure n°12 : Visibilité	53
Figure n°13 : Détermination du profil en long	55
Figure n°14 : Éléments du profil en travers	60
Figure n°15 : Volume déblai, remblai	65
Figure n°16 : Calcul volume déblai, remblai	65
Figure n°17 : Les différentes catégories de chaussée	71
Figure n°18 : Les couches du corps de chaussée	76
Figure n°19 : Matériels d'essai teneur en eau	81
Figure n°20 : Analyse granulométrique	83
Figure n°21 : Tamisage électrique et manuel	83
Figure n°22 : Méthode d'essai	84
Figure n°23 : Mode opératoire 01	84
Figure n°24 : Mode opératoire 02	85
Figure n°25 : Matériels utilisés dans l'essai équivalent de sable	86
Figure n°26 : L'essai d'équivalent de sable	87
Figure n°27 : Matériels utilisés	89
Figure n°28 : Limite de plasticité	90
Figure n°29 : Appareillage	91
Figure n°30 : Tamisage de l'échantillon	91
Figure n°31 : Pesé l'échantillon	91
Figure n°32 : Mode opératoire de l'essai carbonate	92
Figure n°33 : Modalité d'exécution des essais Proctor modifié	93
Figure n°34 : Matériels de l'essai Proctor	94
Figure n°35 : Les étapes de l'essai Proctor	94
Figure n°36 : Matériels d'essai CBR	95

Figure n°37 : Matériels d'essai CBR	96
Figure n°38 : L'appareil de compacité (nucléo-densimètre)	98
Figure n°39 : Exemple d'un essai de carottage	99
Figure n°40 : Flèche de sélection	110
Figure n°41 : Marque sur la chaussée	111
Figure n°42 : Flèche de rabattement	111
Figure n°43 : Schéma de signalisation stop sur chaussée	112
Figure n°44 : Schémas de marquage par hachures (sur le nez d'ilot)	112
Figure n°45 : Panneaux spéciaux (type A).	115
Figure n°46 : Les signaux d'identification des routes (type E)	115
Figure n°47 : Paramètres de l'implantation des luminaires	117
Figure n°48 : Principaux types de carrefours	120
Figure n°49 : Implantation partie circulaire	122
Figure n°50 : Méthode d'implantation	122

Liste des tableaux

Tableau n°01 : Dénivelé de chaque profil	11
Tableau n°02 : Détermination de la nature des terrains	15
Tableau n°03 : Sinuosité	16
Tableau n°04 : Environnement de la route	16
Tableau n°05 : Vitesse de référence	17
Tableau n°06 : Valeurs du coefficient P	21
Tableau n°07 : Valeurs de K1 en fonction de l'environnement	22
Tableau n°08 : Valeurs de K2 en fonction de l'environnement	22
Tableau n°09 : Valeurs de la capacité théorique	22
Tableau n°10 : Résultats de calcul de capacité	25
Tableau n°11 : Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40	28
Tableau n°12 : Les valeurs du temps et de perception réaction t en fonction de E, CAT et Vr	29
Tableau n°13 : Lois de distance d'arrêt	30
Tableau n°14 : Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse	30
Tableau n°15 : Devers en fonction de l'environnement	37
Tableau n°16 : Dévers [Normes B40]	38
Tableau n°17 : Valeur du coefficient f_t	39
Tableau n°18 : Valeur du coefficient « F'' »	39
Tableau n°19 : Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques	39
Tableau n°20 : Les rayons en plan selon [Normes B40]	39
Tableau n°21 : Les rayons en plan selon [Normes B40]	40
Tableau n°22 : Coordonnées des points aux sommets	46
Tableau n°23 : Les valeurs des gisements, distances et des angles au centre	46
Tableau n°24 : Valeur de déclivité maximale [NormesB40]	51
Tableau n°25 : Rayons convexes (angle saillant) [NormesB40]	54
Tableau n°26 : Rayons concaves (angle rentrant)	54
Tableau n°27 : Valeurs de la tangente et de la flèche	58
Tableau n°28 : Coefficient d'équivalence des matériaux	74
Tableau n°29 : Nature du sol en fonction d'E.S	87
Tableau n°30 : Qualification des horizons en fonction de leur teneur en calcaire total selon le GEPPA	92
Tableau n°31 : Modulation de la ligne continue	108

Nomenclatures

B40 : les normes algériennes routière.

TJMA : le trafic journalier moyen annuel.

VB : vitesse de bas.

Vr : vitesse de référence.

Teff : trafic effectif.

K1, K2 : coefficients correcteur.

C_{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.

CC : chemin communal.

E1 : environnement (terrain plat).

E2 : environnement (terrain vallonné).

E3 : environnement (terrain montagneux).

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

PL : poids lourds.

BB : béton bitumineux.

G.N.T : grave non traité.

GB : grave bitume.

GT : grave traité.

GC : grave ciment.

Introduction

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

Les infrastructures de transport, parmi lesquelles se distinguent les routes, sont conçues et mises en œuvre selon des critères techniques et économiques assez précis. En sus de son rôle social, une route doit satisfaire ses objectifs techniques tout en étant la moins coûteuse possible.

Notre projet de fin d'étude fait partie d'un tracé neuf qui consiste à étudier en avant-projet sommaire et en avant-projet détaillée un évitement reliant la wilaya de Mostaganem à la wilaya de Chelef au la ville de Cherafia sur 2,707 Kms et ceci dans le cadre des prévisions du schéma national d'aménagement du territoire du schéma directeur routier.



Chapitre I

Présentation du projet

Chapitre I: Présentation du projet

I.1. Introduction:

La wilaya de Mostaganem est située sur littoral Ouest du pays, elle dispose d'une façade maritime de 124 Kms, Le chef lieu de la wilaya est située à 365 Kms à l'Ouest de la capitale Alger.

La wilaya de Mostaganem s'étend sur une superficie de 2269 km². C'est une ville qui se caractérise par un climat semi aride en hiver tempéré et un pluviomètre qui varie entre 350 mm sur le plateau et 400 mm sur les piémonts du Dahra. La route côtière a mis long temps à être réalisée en entier, avant d'être promue au rang de route nationale N° 11 en 1910, plusieurs parties de sa composantes actuelle étaient classé chemin de grande communication numéro un plus ou moins jusqu'à Mostaganem, mais plusieurs parties n'ont été réalisé que quelque années avant qu'elle ne devienne une route national.



Figure 01: carte géographique de la wilaya de Mostaganem.

I.2. Taux de croissance de la population :

Le taux d'accroissement annuel moyen de la wilaya est actuellement de 2,11%. La répartition de la population occupée par secteur d'activité est la suivante:

- BTPH : 39%.
- Commerces : 27%.
- Transport & communication : 6%.
- Hôtellerie et restauration : 4%
- Industrie : 4%.

La wilaya de Mostaganem compte 10 Daïras et 32 communes.

I.3. Infrastructures de base existantes :

I.3.1). Réseau aéroportuaire :

La Wilaya de Mostaganem dispose d'un aéroport dont :

- Piste principale : 1360 m * 30 m
- Piste secondaire : 700 * 30 m
- Aire de stationnement : 13000 m²
- Voies de circulation : 450 * 20 m

I.3.2). Réseau routier :

La wilaya de Mostaganem comporte un réseau vaste de routes et de chemins réparti comme suit :

- Routes nationales 332 Kms.
- Chemins de wilaya 653,83 Kms.
- Chemins communaux 1147,98 Kms.

I.3.3). Réseaux portuaires :

La wilaya compte trois ports :

- Port de marchandise de Mostaganem.
- Port de pêche de Sidi Lakhdar.
- Port de pêche et de plaisance salamandre.



Figure 02 : carte du réseau routier de la wilaya de Mostaganem.

I.4. Présentation du projet :

Le projet de dédoublement de la RN 11 lie la localité de Benabdelmalek Ramdane à la limite de la wilaya de Chlef. Il s'étend sur 62 Kms. Ce projet rentre dans le cadre du développement du secteur routier de la wilaya de Mostaganem.

Notre projet d'évitement de la ville Cherafia, définie par un relief plat et végétal, notre tracé commence par un carrefour giratoire projeté au **PK 0+000** et évite la ville Cherafia au côté Nord.

Chapitre I: Présentation du projet

Le tracé passe dans une zone agricole, un champ de vigne de **PK 0+000** au **PK 2+236** et traverse un chemine communale au **PK 2+236** au **PK 2+707**. Le tracé continue jusqu'à la fin où on aura un giratoire existante au **PK 2+707** a proximité de Centre de Formation Professionnelle d'Apprentissage MAKBOUL Mohammed.



Figure 03 : Tracé globale du dédoublement de la RN11 .

Chapitre I: Présentation du projet

La figure 4 montre le tracé de la route étudiée et son emplacement avec évitement de la ville de Cherafia



Figure 04: Tracé de l'évitement Cherafia .

Chapitre I: Présentation du projet

I.5. Justification du projet :

Ce projet rentre dans le cadre du programme de développement économique et sociale du pays et va permettre 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.

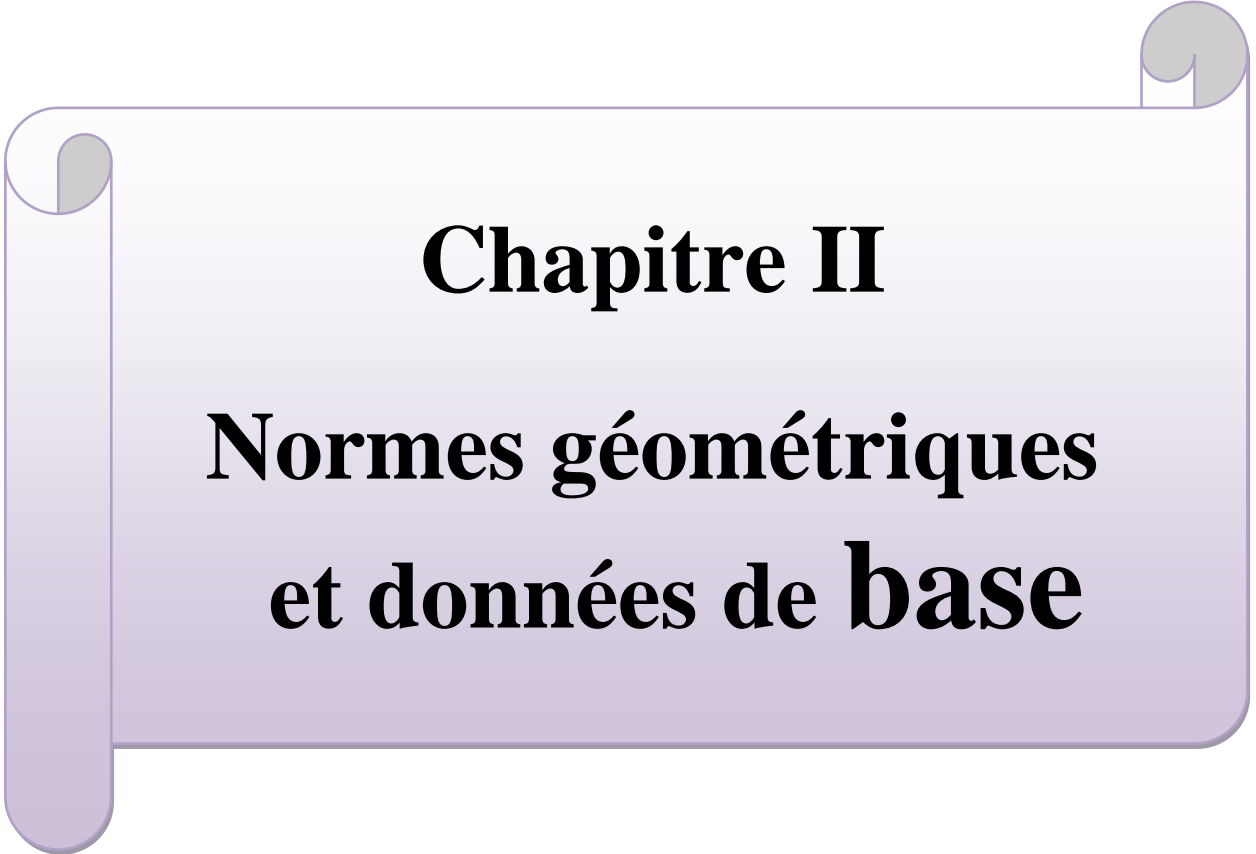
I.6. Objectifs du projet :

Les objectifs souhaités du projet du dédoublement sont les suivants :

- Faciliter la circulation aux estivants
- Le développement économique de la région.
- Amélioration des caractéristiques géométriques 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 d'un corps de chaussée neuf.

I.7. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'essentiel des données relatives au projet du DEDOUBLEMENT DE LA RN 11 ENTRE BENABDELMALEK RAMDANE ET LIMITE DE WILAYA DE CHLEF SUR 62 KMS LOT N°01: EVITEMENT CHERAFIA SUR 2,707 KMS, le projet est justifié par l'amélioration des caractéristiques géométriques des routes existantes et l'amélioration de la circulation qui augmente chaque année, suite au caractère touristique et agricole de la région.

A decorative scroll graphic with a light purple gradient and rounded corners. It features a vertical strip on the left side and a small circular tab on the top right corner.

Chapitre II

Normes géométriques et données de base

Chapitre II: Normes géométriques et données de base

II.1. Généralités :

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

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 dénivelée cumulée totale H à la longueur de l'itinéraire L permet de mesure la longitudinal du relief.

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

P : pente du terrain

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

Chapitre II: Normes géométriques et données de base

Calcul de la dénivelée cumulée moyenne :

Tableau :

PT N°	PK	distance entre profil	Z terrain naturel	DH(m)
PT-01	0,00	0,00	156,312	0,00
PT-02	25,00	25,00	156,475	0,163
PT-03	50,00	25,00	155,757	-0,718
PT-04	75,00	25,00	155,474	-0,283
PT-05	100,00	25,00	155,176	-0,298
PT-06	125,00	25,00	154,815	-0,361
PT-07	150,00	25,00	154,302	-0,513
PT-08	175,00	25,00	153,823	-0,479
PT-09	200,00	25,00	153,447	-0,376
PT-10	225,00	25,00	153,623	0,176
PT-11	250,00	25,00	152,677	-0,946
PT-12	275,00	25,00	152,186	-0,491
PT-13	300,00	25,00	151,328	-0,858
PT-14	325,00	25,00	150,078	-1,25
PT-15	350,00	25,00	149,268	-0,81
PT-16	375,00	25,00	148,795	-0,473
PT-17	400,00	25,00	147,980	-0,815
PT-18	425,00	25,00	146,805	-1,175
PT-19	450,00	25,00	145,498	-1,307
PT-20	475,00	25,00	145,817	0,319
PT-21	500,00	25,00	145,791	-0,026
PT-22	525,00	25,00	146,699	0,908
PT-23	550,00	25,00	147,475	0,776
PT-24	575,00	25,00	147,925	0,45
PT-25	600,00	25,00	147,974	0,049

Chapitre II: Normes géométriques et données de base

PT-26	625,00	25,00	147,918	-0,056
PT-27	650,00	25,00	148,198	0,28
PT-28	675,00	25,00	148,501	0,303
PT-29	700,00	25,00	148,886	0,385
PT30	725,00	25,00	149,275	0,389
PT31	750,00	25,00	149,570	0,295
PT32	775,00	25,00	149,914	0,344
PT33	800,00	25,00	150,143	0,229
PT34	825,00	25,00	150,236	0,093
PT-35	850,00	25,00	151,143	0,907
PT-36	875,00	25,00	151,264	0,121
PT-37	900,00	25,00	151,326	0,062
PT-38	925,00	25,00	151,314	-0,012
PT-39	950,00	25,00	151,377	0,063
PT-40	975,00	25,00	151,555	0,178
PT-41	1 000,00	25,00	151,407	-0,148
PT-42	1 025,00	25,00	151,467	0,06
PT-43	1 050,00	25,00	151,139	-0,328
PT-44	1 075,00	25,00	150,864	-0,275
PT-45	1 086,844	11,844	151,482	0,618
PT-46	1 091,927	5,083	151,530	0,048
PT-47	1 100,000	8,073	150,959	-0,571
PT-48	1 125,00	25,00	149,633	-1,326
PT-49	1 150,00	25,00	143,015	-6,618
PT-50	1 175,00	25,00	149,121	6,106
PT-51	1 200,00	25,00	150,175	1,054
PT-52	1 225,00	25,00	151,170	0,995
PT-53	1 250,00	25,00	151,898	0,728
PT-54	1 275,00	25,00	152,568	0,67

Chapitre II: Normes géométriques et données de base

PT-55	1 300,00	25,00	152,576	0,008
PT-56	1 325,00	25,00	152,373	-0,203
PT-57	1 350,00	25,00	152,249	-0,124
PT-58	1 375,00	25,00	151,292	-0,957
PT-59	1 400,00	25,00	149,441	-1,851
PT-60	1 425,00	25,00	149,498	0,057
PT-61	1 450,00	25,00	150,167	0,669
PT-62	1 475,00	25,00	151,843	1,676
PT-63	1 500,00	25,00	152,194	0,351
PT-64	1 525,00	25,00	152,592	0,398
PT-65	1 550,00	25,00	152,681	0,089
PT-66	1 575,00	25,00	152,966	0,285
PT-67	1 600,00	25,00	152,764	-0,202
PT-68	1 625,00	25,00	152,775	0,011
PT-69	1 650,00	25,00	152,746	-0,029
PT-70	1 675,00	25,00	152,603	-0,143
PT-71	1 700,00	25,00	152,214	-0,389
PT-72	1 717,385	17,385	152,276	0,062
PT-73	1 725,00	7,615	152,066	-0,21
PT-74	1 750,00	25,00	151,894	-0,172
PT-75	1 775,00	25,00	152,084	0,19
PT-76	1 800,00	25,00	152,311	0,227
PT-77	1 825,00	25,00	151,794	-0,517
PT-78	1 850,00	25,00	151,618	-0,176
PT-79	1 875,00	25,00	151,522	-0,096
PT-80	1 900,00	25,00	151,049	-0,473
PT-81	1 925,00	25,00	150,572	-0,477
PT-82	1 950,00	25,00	150,306	-0,266
PT-83	1 975,00	25,00	150,532	0,226

Chapitre II: Normes géométriques et données de base

PT-84	2 000,00	25,00	150,559	0,027
PT-85	2 025,00	25,00	150,291	-0,268
PT-86	2 050,00	25,00	150,697	0,406
PT-87	2 075,00	25,00	150,730	0,033
PT-88	2 100,00	25,00	148,842	-1,888
PT-89	2 115,070	15,070	145,955	-2,887
PT-90	2 125,00	9,930	146,123	0,168
PT-91	2 150,00	25,00	147,359	1,236
PT-92	2 175,00	25,00	151,131	3,772
PT-93	2 200,00	25,00	151,348	0,217
PT-94	2 225,00	25,00	150,261	-1,087
PT-95	2 236,304	11,304	151,565	1,304
PT-96	2 261,304	25,00	152,186	0,621
PT-97	2 286,304	25,00	152,789	0,603
PT-98	2 311,304	25,00	153,568	0,779
PT-99	2 336,304	25,00	154,369	0,801
PT-100	2 361,304	25,00	155,090	0,721
PT-101	2 386,304	25,00	155,758	0,668
PT-102	2 411,304	25,00	156,457	0,699
PT-103	2 436,304	25,00	157,412	0,955
PT-104	2 461,304	25,00	158,294	0,882
PT-105	2 486,304	25,00	159,207	0,913
PT-106	2 511,304	25,00	160,188	0,981
PT-107	2 536,304	25,00	161,171	0,983
PT-108	2 561,304	25,00	162,023	0,852
PT-109	2 586,304	25,00	162,749	0,726
PT-110	2 611,304	25,00	163,619	0,87
PT-111	2 636,304	25,00	164,435	0,816
PT-112	2 661,304	25,00	165,014	0,579

Chapitre II: Normes géométriques et données de base

PT-113	2 686,304	25,00	165,584	0,57
PT-114	2 707,664	21,360	166,265	0,681
	Σ = 2707,664		Σ = 9,953	

Tableau N° 01 : dénivelé de chaque profil.

$$\text{Alors } H/L = 9,953/2707,664 = 0,003676$$

$$Dc = 0,37\%$$

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

Tableau N° 02 : Détermination de la nature des terrains.

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

Sinuosité :

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

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

Calcul de la sinuosité :

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

Avec :

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

Chapitre II: Normes géométriques et données de base

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° 03 : Sinuosité.

Dans notre cas :

$L = 2707,66 \text{ m}$

$L_s = 0$

$\sigma = 0$ \longrightarrow caractéristique d'une sinuosité faible (tableau 3).

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

Tableau N°04 : Environnement de la route.

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

Dans notre cas :

**Un terrain Plat / Une Sinuosité Faible /
L'environnement de la route E1 (tableau 4)**

Chapitre II: Normes géométriques et données de base

II.3. Catégorie de la route :

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

Les Cinq catégories de la route sont :

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

**Dans le cas de notre projet, et après l'analyse des données il s'avère que
La catégorie de notre projet rentre dans la CAT 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°05 : Vitesse de référence.

Pour notre projet et après analyse des données il s'avère que **V_r = 80 km/h.**

A decorative scroll graphic with a light purple gradient and rounded corners. The scroll is unrolled in the middle, with the top and bottom edges curling upwards. The text is centered on the unrolled portion.

Chapitre III

Etude du trafic

Chapitre III : Etude du trafic

III.1) Généralité :

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

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

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

- Apprécier la valeur économique des projets.
 - Estimer les coûts d'entretien du réseau routiers, qui sont en fonction du volume de circulation.
 - Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons de la route constituant le réseau qui doit être adapté au volume et la nature des circulations attendues (nombre de voies).
- L'étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination). Cette étude débute par le recueil des données.

III.2) Différents types de trafic :

a) Trafic normal:

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

b) Trafic dévié:

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

c) Trafic total:

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

d) Trafic induit:

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

III.3) Analyse des trafics existants :

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

2.1- Mesure des trafics :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires :

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

Chapitre III : Etude du trafic

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

de comptage :

- ✓ Les comptages manuels.
- ✓ Les comptages automatiques

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

b) Comptages automatiques : Ils sont effectués à l'aide d'appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée. On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires.

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

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

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

III.5) Calcul du trafic effectif :

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

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

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

Z : pourcentage de poids lourds (%).

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

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

Tableau n°06 : Valeurs du coefficient P.

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

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

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 :

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

Avec :

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

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

Chapitre III : Etude du trafic

Valeur de K1 :

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

Tableau n° 07 : Valeurs de K1 en fonction de l'environnement.

Valeur de K2 :

Environnement	E1	E2	E3
K2	0,75	0,85	0,90 à 0,96

Tableau n° 08 : Valeurs de K2 en fonction de l'environnement.

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

Capacité théorique :

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

Tableau n°09 : Valeurs de la capacité théorique.

Chapitre III : Etude du trafic

III.8) Application au projet:

D'après les résultats du trafic qui nous ont été fournis par la Direction des Travaux Publics de la wilaya de Mostaganem et qui sont les suivants :

- Le trafic à l'année de comptage 2019 TMJA = 7858 V/J.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 4\%$.
- La vitesse de base sur le tracé $V_b = 80$ km /h.
- Le pourcentage moyen de poids lourds $Z = 14\%$.
- L'année de mise en service sera en 2022
- Environnement (E1) - Catégorie (CAT 2).
- La durée de vie estimée à 20 ans.

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

Calcul de TMJA de l'année de mise en service (par sens) :

$$\begin{aligned} TMJA_{2022} &= (1+\tau)^n \times TMJA_0 \\ &= (1+0.04)^3 \times 7858 \end{aligned}$$

$$= 8839 \text{ v/j}$$

Calcul de TMJA de l'année horizon (2042) :

$$\begin{aligned} TMJA_h &= (1+\tau)^{20} \times TMJA_{2022} \\ &= (1+0.04)^{20} \times 8839 \end{aligned}$$

$$T_{20} = 19367 \text{ v/j}$$

Calcul des trafics effectifs T_{eff} :

$$T_{eff} = [(1 - Z) + (P \times Z)] \times TMJA_{\text{horizon}}$$

Avec : $P = 3$ (route de 2x2 voies et de bonnes caractéristiques E1)

$$= [(1 - 0.14) + (3 \times 0.14)] \times 19367$$

$$= 24790 \text{ v/j}$$

Calcul du débit Q :

$$Q = (1/n) \times T_{eff}$$

Avec $(1/n)$: coefficient de point horaire pris est égale à 0,125 ($n = 8$ heures).

$$= 0.125 \times 24790$$

$$= 3099 \text{ uvp/h}$$

Calcul du Débit admissible Q_{adm} :

$$Q_{adm} = K_1 \times K_2 \times C_{th}$$

K_1 : Coefficient correcteur pris égal à **0,75** pour environnement E1

K_2 : Coefficient correcteur pris égal à **1,00** pour environnement E1 et catégorie (CAT 2)

Avec : Capacité théorique C_{th} (uvp/h)

Chapitre III : Etude du trafic

Donc on est dans le cas d'une route à chaussées séparées : La capacité d'une chaussée dans ce cas doit être : $1500 < C_{th} < 1800$ uvp/h/sens.

Si on prend $C_{th} = 1800$, le débit horaire admissible sera donc :

$$Q_{adm} = 0,75 \times 1,00 \times 1800$$

Qadm= 1350 uvp/h/sens

Détermination du nombre de voies par sens :

$$N = S \times (Q/Q_{adm})$$

Avec: $S = (2/3)$

$$N = (2/3) \times (3099/1350) = 1.53 \approx 2$$

N= 2voies /sens

Calcul de l'année de saturation de 2x2 voies :

$$T_{eff2022} = [(1 - z) + (p \times z)] \times T_{JMA2022}$$

$$= [(1 - 0.14) + (3 \times 0.14)] \times 8839$$

11314 uvp/h

$$Q_{2022} = 0,125 \times 11314$$

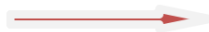
1414 uvp/h

$$Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm}$$

$$Q_{saturation} = 4 \times 1414$$

5656 uvp/h

$$Q_{saturation} = (1 + \tau) \times n \times Q_{2022}$$

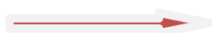


$$n = \frac{\ln\left(\frac{Q_{saturation}}{Q}\right)}{\ln(1 + \tau)}$$

$$n = \frac{\ln\left(\frac{5656}{1414}\right)}{\ln(1 + 0.04)} = 36$$

n = 36 ans

$$2022 + 36 = \mathbf{2058}$$



Année de saturation = 2058

Notre route sera saturée après 36 ans de service donc l'année de saturation est prévue pour :

2058

Chapitre III : Etude du trafic

Les résultats sont repris dans le tableau suivant :

TMJA2022	TMJA2042	TRAFIC Effectif	Nombre de voies
8839 v/j	19367 v/j	24790 uvp/j	2

Tableau n°10 : Résultats de calcul de capacité.

III.9. Conclusion :

D'après les calculs effectués, la route du RN 11 entre Benabdelmalek Ramdane et limite de wilaya de Chlef sur 62 Kms LOT N°01: evitement Cherafia sur 2,707 kms, à nécessité un dédoublement de voies. Le tronçon étudié, aura un profil composé de «2x2» voies. Le calcul montre par ailleurs que la saturation est prévisible pour **2058**.

A decorative graphic of a scroll with a light purple-to-white gradient. The scroll is unrolled on the left and right sides, with the top corners curled up. The text is centered on the scroll.

Chapitre IV

Paramètres Cinématique

Chapitre IV: Paramètre cinématique

IV.1) Distance de freinage :

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

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

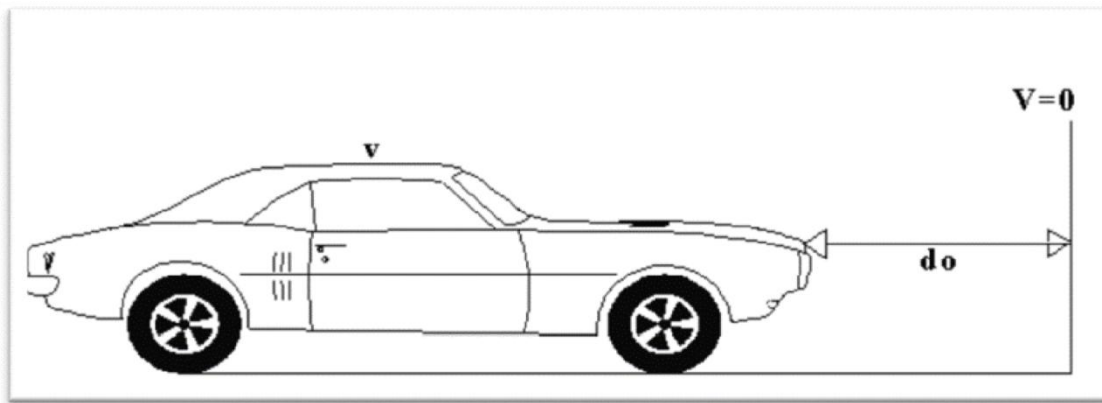


Figure n°05 : Distance de freinage.

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

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

Dans ce cas la formule d_0 sera :

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

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

En palier (e=0) on aura :

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

Chapitre IV: Paramètre cinématique

V_r : Vitesse de référence en Km/h.

e : Déclivité.

f_{rl} : Coefficient de frottement longitudinal qui dépend de la vitesse V_r .

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

Comme il peut varier avec la vitesse du véhicule.

V_r (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.

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

On a $f_l = 0,39$

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 :

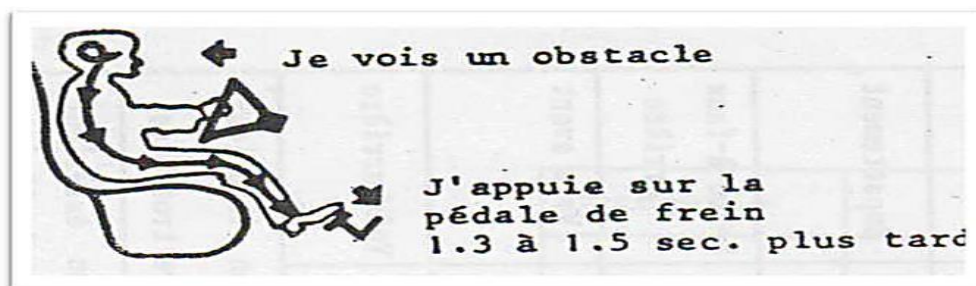


Figure n°06: Temps de réactions

Chapitre IV: Paramètre cinématique

Dans une attention concentrée :

t= 1.2 s pour un obstacle imprévisible

t= 0.6 s pour un obstacle prévisible

On prend t = 1.8 s par rapport à la catégorie et la vitesse :

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

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

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

$d_1 = v \times t$ 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).

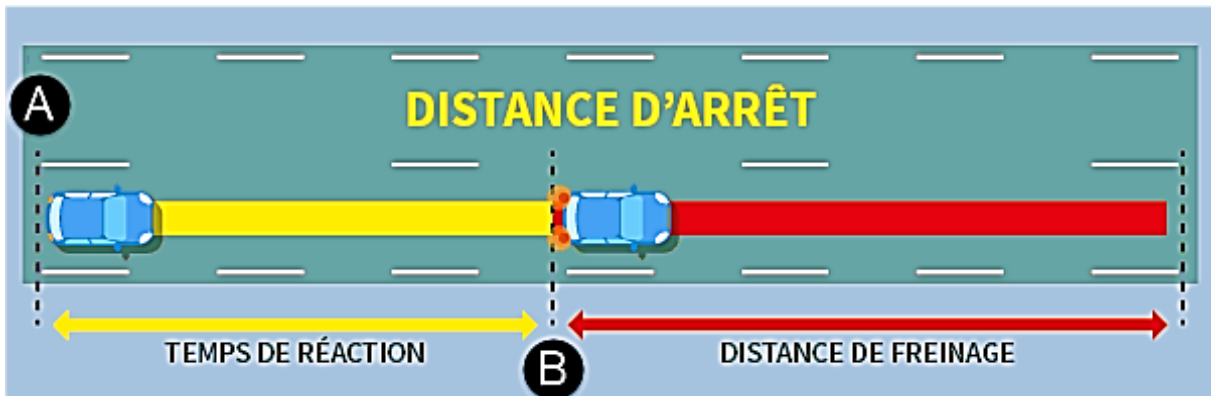


Figure n°07 : Distance d'arrêt.

Chapitre IV: Paramètre cinématique

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

Tableau n°13 : Lois de distance d'arrêt.

D1 : distance d'arrêt

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
	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.

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

Chapitre IV: Paramètre cinématique

IV.5) Espacement entre deux véhicules :

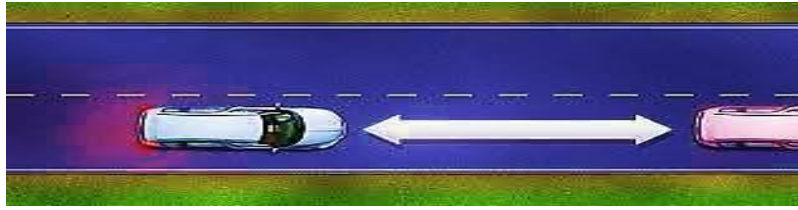


Figure n°08: Espacement entre véhicule.

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

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

IV.6) Application au projet :

Distance de freinage :

Pour notre projet on a $f_l : 0,39$

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

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

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{(0,39)} = 65,64 \text{ m}$$

- En rampe : $e = + 0,01273$

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

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{(0,39+0,01273)} = 63,57 \text{ m}$$

- En pente : $e = - 0,01140$

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

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{(0,39-0,01140)} = 67,62 \text{ m}$$

Chapitre IV: Paramètre cinématique

Distance d'arrêt :

a) En alignement droit :

On a $V_r = 80 \text{ km/h}$ $t = 2\text{s}$ \longrightarrow $d = d_0 + 0,55 V_r$

- En palier: $d = 65,64 + (0,55 \times 80) = 109,64 \text{ m}$
- En rampe : $d = 63,57 + (0,55 \times 80) = 107,57 \text{ m}$
- En pente : $d = 67,62 + (0,55 \times 80) = 111,62 \text{ m}$

b) En courbe:

On a $V_r = 80 \text{ km/h}$ $t = 12\text{s}$ \longrightarrow $d = 1,25 d_0 + 0,55 V_r$

- En palier : $d = 1,25 \times 65,64 + (0,55 \times 80) = 126,05 \text{ m}$
- En rampe : $d = 1,25 \times 63,57 + (0,55 \times 80) = 123,46 \text{ m}$
- En pente : $d = 1,25 \times 67,62 + (0,55 \times 80) = 128,53 \text{ m}$

Dvdm = 320 m

Dvdn = 480 m

dmd = 200 m

Espacement entre véhicules :

$$E = 8 + 0,2 V_r + 0,003 V_r^2$$

$$E = 8 + 0,2 (80) + 0,003 (80)^2$$

E = 43,00 m

A decorative graphic of a scroll with a light purple-to-white gradient. The scroll is unrolled on the left side and has a small circular tab on the right side. The text is centered on the scroll.

Chapitre V

Tracé en Plan

Chapitre V: Tracé en Plan

V.1) Introduction

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

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

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

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

La vitesse de référence (V_r) 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 on opte pour une vitesse de référence de **80 km/h** qui correspond à la catégorie L1 selon la norme établie par l'ICTAAL 2000.

Chapitre V: Tracé en Plan

V.4) Règles et principes du tracé en plan

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

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

V.5) Les éléments du tracé en plan

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

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



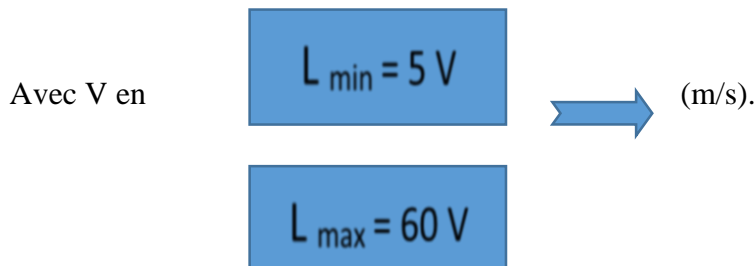
Figure n°09 : Élément du tracé en plan.

Chapitre V: Tracé en Plan

V.5.1. Alignements droit

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

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



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

- Réunion de 2 longues courbes par un alignement court

Solution : alignement à supprimer.

- Réunion de 2 longs 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 », un véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieure du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente

Chapitre V: Tracé en Plan

Remarque

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

Environnement Devers	Facile	moyen	Difficile
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.

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

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

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.

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

Chapitre V: Tracé en Plan

V.6.3.Le rayon au dévers minimal RHd :

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

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

$d_{min} = 2.5\%$ 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.

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

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

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

Tableau n°16 : Dévers.

Chapitre V: Tracé en Plan

V.6.6. Détermination du coefficient transversal f_t :

Vr	40	60	80	100	120	140
Cat 1-2	0,22	0,16	0,13	0,11	0,10	0,10
Cat 3-4-5	0,22	0,18	0,15	0,125	0,11	/

Tableau n°17: Valeur du coefficient f_t .

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

Catégories	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5
F''	0,06	0,06	0,07	0,075	0,075

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

- **Tableau récapitulatif :**

Vitesse réf	80km/h
dmax	7 %
dmin	-2,50 %
d=dmax-2%	5 %
F_t	0,13
f''	0,06

Tableau n°19 : Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques.

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

RHm =	250,00 m	RHN =	400,00 m	RHd =	1000,00 m	RHnd =	1450,00 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 B40.

Chapitre V: Tracé en Plan

$$RHM = \frac{Vr^2(Km/h)}{127(d+ft)} \Rightarrow RHM = \frac{80^2}{127(0.07+0.13)} = 252 \text{ m}$$

$$RHN = \frac{(Vr+20)^2(Km/h)}{127(d+ft)} \Rightarrow RHN = \frac{(80+20)^2}{127(0.07+0.13)} = 394 \text{ m}$$

$$RHd = \frac{Vr^2(Km/h)}{127 \times 2 \times d} \Rightarrow RHd = \frac{80^2}{127 \times 2 \times 0.025} = 1008 \text{ m}$$

$$RHnd = \frac{Vr^2(Km/h)}{127(F'' - dmin)} \Rightarrow RHnd = \frac{80^2}{127(0.06 - 0.025)} = 1440 \text{ m}$$

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

R₁ = R₂ = R₃ = R₆ = 250 m	⇒ R = RHm
R₄ = 500 m	⇒ RHn < R < RHd
R₅ = 1100 m	⇒ RHd < R < RHnd
R₇ = 1000 m	⇒ RHd < R < RHnd

Tableau 21: rayons en plan

V.6.10. 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.6.11. 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 :

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

Chapitre V: Tracé en Plan

V.7) Courbes de raccordements

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

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

V.7.1. Clothoïde:

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

V.7.2. Expression mathématique de la Clothoïde :

La Courbure K linéairement proportionnellement à la longueur curviligne.

$$K = C.L$$

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

Chapitre V: Tracé en Plan

V.7.3. Elément de la Clothoïde :

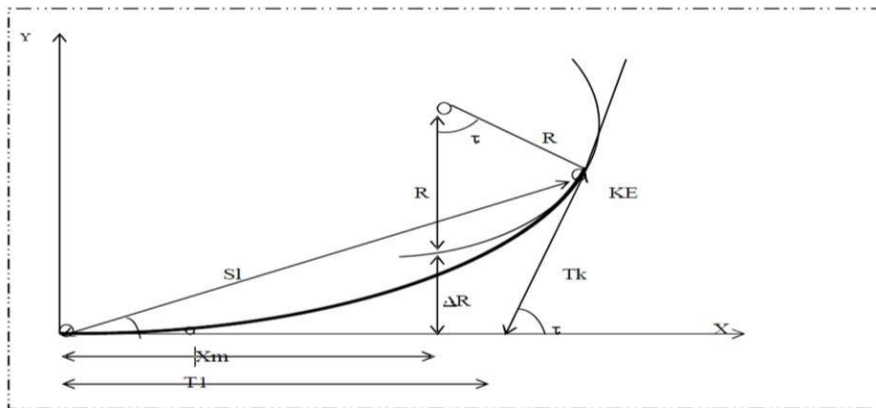


Figure n°10 : Elément de la Clothoïde

R : rayon du cercle.

KA: origine de la Clothoïde.

KE : extrémité de la Clothoïde.

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

τ : angle des tangentes :

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

Tc : tangente courte.

Tl : tangente longue

σ : angle polaire.

SL : corde KE KA.

M: centre du cercle d'abscisse Xm.

Xm: abscisse du centre du cercle M à partir de KA.

Ym: cordonnée du centre du cercle M à partir de KA.

X: abscisse de KE

Y : cordonnée de KE

Chapitre V: Tracé en Plan

V.7.4. Longueur de Clothoïde

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

Condition d'optique :

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

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

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

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

Règle générale (B40) :

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

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

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

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

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

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

Condition de gauchissement :

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

$$\boxed{L = l \cdot \Delta d \cdot V B}$$

L : Longueur de raccordement.

l : Largeur de la chaussée.

Δd : Variation de dévers

Condition de confort dynamique :

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

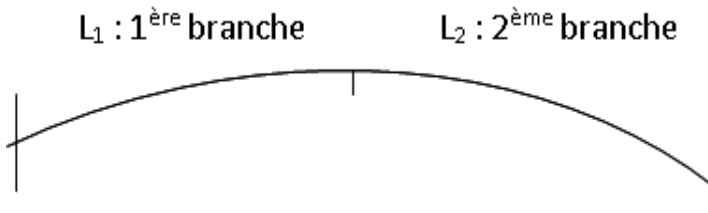
$$L_3 \geq \frac{Vr^2}{18} \left[\frac{Vr^2}{127 R} - \Delta d \right]$$

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

Chapitre V: Tracé en Plan

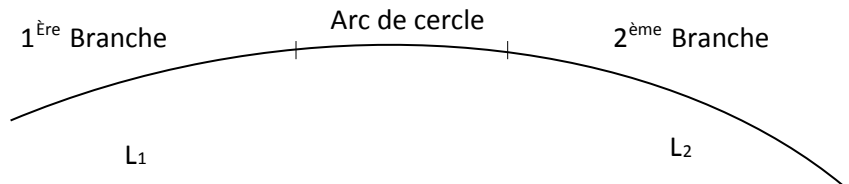
V.7.5- Vérification de non chevauchement

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



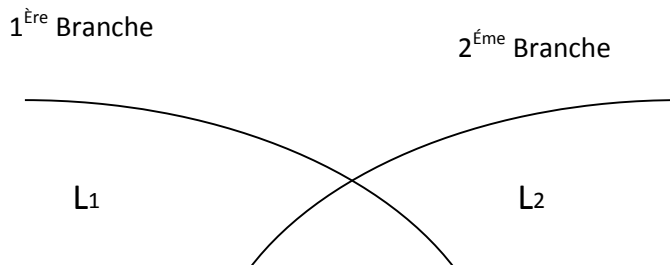
Clothoïde sans arc de cercle :

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.



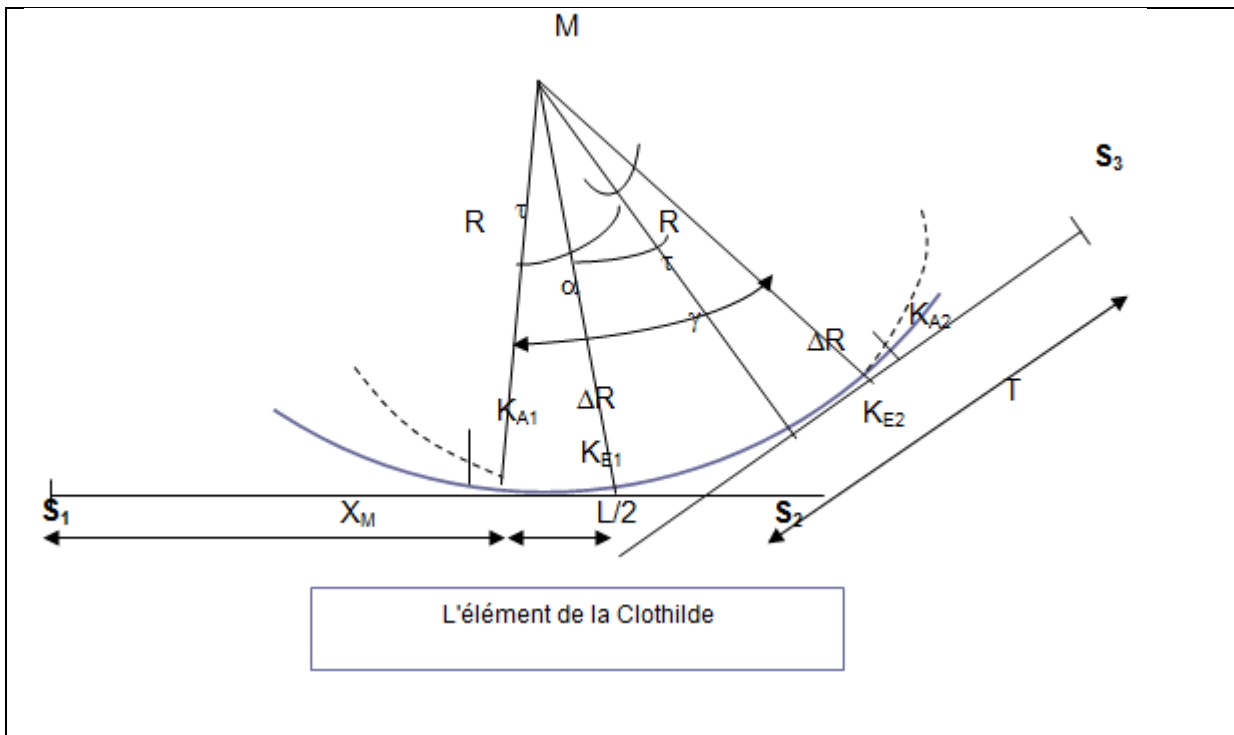
Clothoïde impossible.

Chapitre V: Tracé en Plan

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. Exemple de calcul manuel d'axe de la trace en plan :



Calcul du Gisement de la direction S1S2

$$GS_{1S2} = \arctg \frac{\Delta x}{\Delta y} = \arctg \frac{X_{s2} - X_{s1}}{Y_{s2} - Y_{s1}}$$

G=gis si ($\Delta x > 0$ et $\Delta y > 0$) ,

G=200-gis si ($\Delta x > 0$ et $\Delta y < 0$)

G=gis+200 si ($\Delta x < 0$ et $\Delta y < 0$)

G=400-gis si ($\Delta x < 0$ et $\Delta y > 0$)

a-Distance : la distance S1S2 est donnée par la relation :

$$S1S2 = \sqrt{(X_{s2} - X_{s1})^2 + (Y_{s2} - Y_{s1})^2}$$

b -L'angle au centre : D'après le cas de figure, l'angle au centre β est donné par:

$$\beta = G_{SB} - G_{As}$$

Chapitre V: Tracé en Plan

Pour notre projet on a :

- Coordonnées des points aux sommets

Sommets	X	Y
A	281 556,427	4 018 002,490
S1	281 574,469	4 018 157,509
S2	281 622,915	4 018 253,127
S3	281 686,779	4 018 471,437
S4	282 049,931	4 018 596,226
S5	282 270,367	4 018 733,275
S6	282 429,340	4 018 804,535
S7	282 609,580	4 018 953,548
B	283 459,841	4 018 924,720

Tableau n°22 : Coordonnées des points aux sommets

Calcul de gisements et des angles au centre :

Les calculs de gisements et des angles au centre sont récapitulés dans le tableau suivant :

Direct	ΔX (m)	ΔY (m)	Gisements (gr)		Distances (m)	Angles au centre (gr)	
A-S1	18,042	155,019	GA-S1	7,376	156,065		
S1-S2	48,446	95,618	GS1-S2	29,859	107,191	$\beta =$	22,483
S2-S3	63,864	218,310	GS2-S3	18,119	227,460	$\beta =$	11,740
S3-S4	363,152	124,789	GS3-S4	78,929	383,994	$\beta =$	60,810
S4-S5	220,436	137,049	GS4-S5	64,589	259,566	$\beta =$	14,340
S5-S6	158,973	71,260	GS5-S6	73,173	174,214	$\beta =$	08,584
S6-S7	180,240	149,013	GS6-S7	56,020	233,862	$\beta =$	17,153
S7-B	850,261	-28,828	GS7-B	102,157	850,750	$\beta =$	46,137

Tableau n°23: Les valeurs des gisements, distances et des angles au centre

Chapitre V: Tracé en Plan

Virage N° 01 :

$$R_1 = 250,00 \text{ m} ; \text{ et } A > \frac{R_1}{3} = 83,333 \text{ on prendre } A = 84$$

$$L = \frac{A^2}{R_1} = 28,224 \text{ m} ; \frac{L}{R} = 0.112$$

-Vérification de non chevauchement:

$$\tau = \frac{L}{2R} \times \frac{200}{\pi} = \frac{28}{2 \times 250} \times \frac{200}{\pi} = 3,565 ; \frac{\beta}{2} = 11.242 \text{ grad}$$

$$\tau < \frac{\beta}{2}$$

Donc la condition de non chevauchement est **vérifiée**.

-Calcul de distance :

$$\overline{AS1} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 156,065 \text{ m}$$

$$\overline{S1S2} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 107,191 \text{ m}$$

- **Calcul des coordonnées:**

(Abscisse)
$$X = L \cdot \frac{L^3}{40 \cdot R^4} = L \cdot \frac{28^3}{40 \times (250)^4} \quad X_{KE} = 28,00\text{m}$$

(Origine)
$$y = \frac{L^2}{6R} = \frac{28^2}{6 \times 250} \quad Y_{KE} = 0,523\text{m}$$

Calcul de l'abscisse du centre du cercle :

$$X_0 = \frac{A^2}{2R} \cong \frac{L}{2} \quad X_0 = 14,00\text{m}$$

- **Calcul des coordonnées SL:**

$$SL = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2} = \sqrt{(28)^2 + (0,523)^2} \quad SL = 28,00\text{m}$$

- **Calcul de l'angle polaire σ :**

$$\sigma = \arctg\left(\frac{Y_{KE}}{X_{KE}}\right) = \arctg\left(\frac{0,523}{28}\right) \quad \sigma = 1,19 \text{ gr}$$

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

Chapitre V: Tracé en Plan

$$t = (R + \Delta R) \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = (250+0,50) \operatorname{tg} \left(\frac{22,483}{2} \right)$$

$$t=44,701 \text{ m}$$

Calcul de la grande tangente T :

$$T = X_0 + t = 14,00 + 44,701$$

$$T=58,701\text{m}$$

- Calcul de la Bissectrices Biss:

$$\text{Biss} = \frac{R+\Delta R}{\cos \frac{\beta}{2}} - R = \frac{250+0,5}{\cos \left(\frac{22,483}{2} \right)} - 250$$

$$\text{Biss}=4,457\text{m}$$

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

$$\gamma = \beta - 2 \tau = 22,483 - 2 \times (3,565)$$

$$\gamma = 15,354\text{gr}$$

$$Lc = \frac{\gamma \cdot R \cdot \pi}{200} = \frac{15,354 \cdot 250 \cdot \pi}{200}$$

$$Lc=60,295\text{m}$$

- Calcul de la développée total Dt :

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

$$Dt=116,295\text{m}$$

Calcule des coordonnées des points singuliers (KA,KE) :

$$X_{k_{AS1}} = X_A - (AS1 - T) \sin GAS1 = 281\,543,93 \text{ m}$$

$$Y_{k_{AS1}} = Y_A - (AS1 - T) \cos GAS1 = 4\,017\,905,93 \text{ m}$$

$$X_{k_{E1}} = X_{K_{AS1}} + SL \cdot \sin (GAS1 - \sigma) = 281\,546,94 \text{ m}$$

$$Y_{k_{E1}} = Y_{K_{AS1}} + SL \cdot \cos (GAS1 - \sigma) = 4\,018\,030,32 \text{ m}$$

$$X_{k_{S1S2}} = X_{S1} + T \cdot (\sin GS1S2) = 281\,603,69 \text{ m}$$

$$Y_{k_{S1S2}} = Y_{S1} + T \cdot (\cos GS1S2) = 4\,018\,208,42 \text{ m}$$

$$X_{k_{E2}} = X_{K_{S1S2}} - SL \sin (GS1S2 - \sigma) = 281\,590,25 \text{ m}$$

$$Y_{k_{E2}} = Y_{K_{S1S2}} - SL \cos (GS1S2 - \sigma) = 4\,018\,183,85 \text{ m}$$

Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe



Chapitre VI

Profil en Long

Chapitre VI : Profil en Long

VI.1. Définition :

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

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

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

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

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

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

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

Chapitre VI : Profil en Long

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

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

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

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

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

VI.5. Déclivité :

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

VI.5.1. Déclivité minimum :

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

VI.5.2. Déclivité maximum :

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

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

Tableau n°24 : Valeur de déclivité maximale [Normes B40]

Chapitre VI : Profil en Long

VI.6. Les raccordements en profil en long :

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

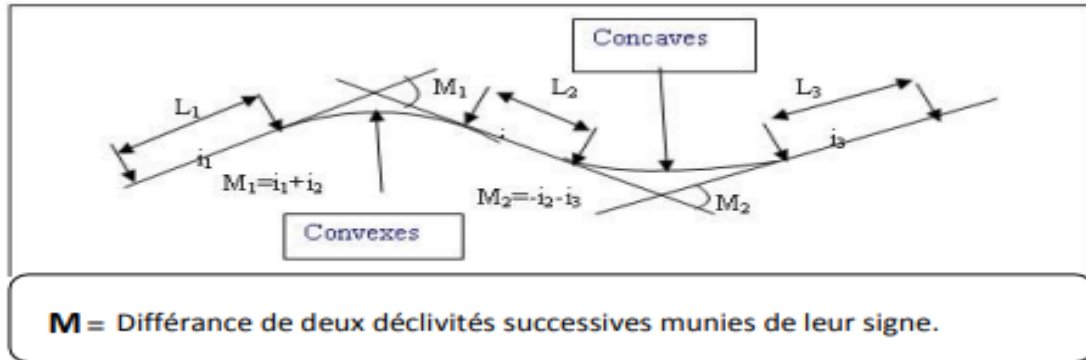


Figure n°11 : Raccordement convexe et concave.

VI.6.1. Raccordements convexes (angle saillant) :

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

- Condition de confort.
- Condition de visibilité.

VI.6.1.1. Condition de confort :

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

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

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

D'où :

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

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

Tel que :

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

VI.6.1.2. Condition de visibilité :

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

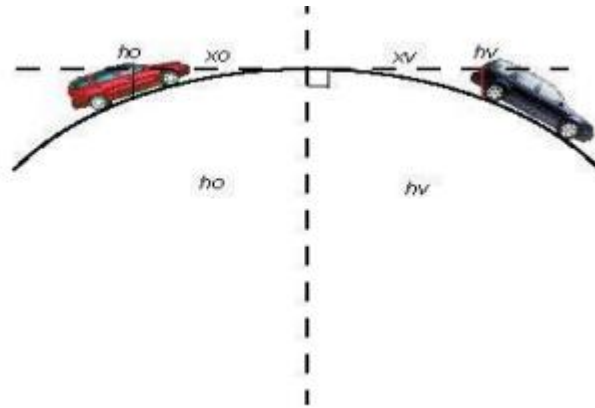


Figure n°12 : Visibilité.

Il faut que deux véhicules qui 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 :

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

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 donnés par les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnelle et pour une vitesse de base $Vb=80$ (Km/h) et pour la catégorie 1-2 on a :

Chapitre VI : Profil en Long

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

Tableau n°25: Rayons convexes (angle saillant) [B40]

VI.6.2. Raccordements concaves (angle rentrant) :

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

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

Dans notre cas

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

Tableau n°26 : 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 P₁ de la droite (AS).
- Donnée la pente P₂ de la droite (DS).
- Donnée le rayon R.

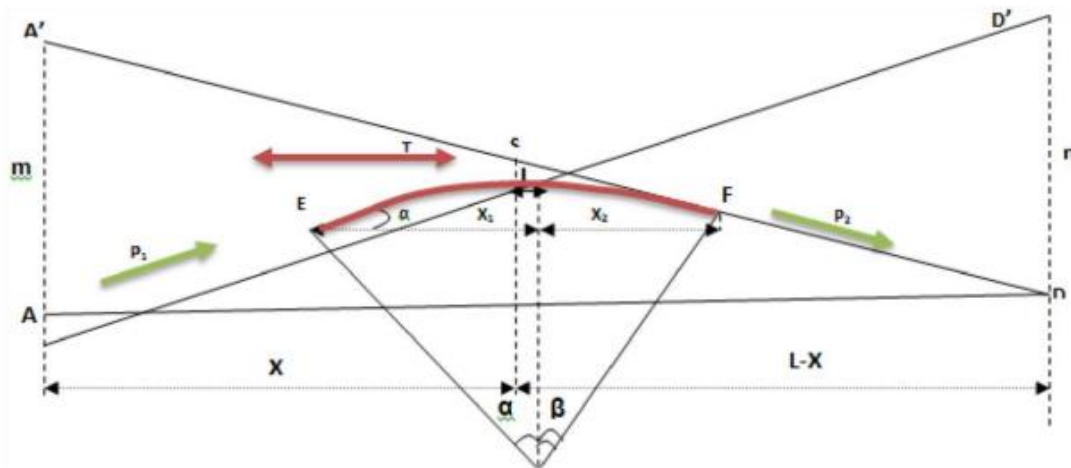


Figure n°13 : Détermination du profil en long.

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

On a :

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

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

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

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

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

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

VI.7.2. Calculs de La tangente :

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

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

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

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

Chapitre VI : Profil en Long

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

$$LR=2T$$

VI .7.4. Calcul de la flèche :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Calcul de la tangente :

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

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

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

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

$Rv=7730,78 \text{ m.}$

$$T = \frac{7730,30}{200} |-1.273+2.824|$$

$T = 60,30 \text{ m}$

La longueur L du raccordement verticale :

$$L = 2 \times T$$

$$L = 2 \times 60,30$$

$L = 120,60 \text{ m}$

La flèche F :

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

$$F = \frac{(60,30)^2}{2(7730,78)}$$

$F = 0,24 \text{ m}$

Chapitre VI : Profil en Long

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

Elément Sommet	P1 P2	Nature du rayon	Sens des pentes	Les rayons	T	L	F
S1	-1,273 -2,824	Saillant	Même sens	7730,78	60,30	120,60	0,24
S2	-2,824 1,140	Rentrant	Sens contraire	5638,52	47,65	95,30	0,21
S3	1,140 -0,957	Saillant	Sens contraire	7243,69	6,89	13,78	0,01
S4	-0,957 0,615	Rentrant	Sens contraire	8278,85	12,84	25,68	0,01
S5	0,615 -1,065	Saillant	Sens contraire	7823,55	17,61	35,22	0,02
S6	-1,065 0,310	Rentrant	Sens contraire	6092,76	23,16	46,32	0,05
S7	2,423 3,040	Rentrant	Même sens	6560,09	20,34	40,68	0,04
S8	3,040 3,757	Rentrant	Même sens	8809,16	31,72	63,44	0,06
S9	3,757 2,496	Saillant	Même sens	8451,31	53,67	107,34	0,17

Tableau n°27 : Valeurs de la tangente et de la flèche.



Chapitre VII

Profil en Travers

Chapitre VII: Profil en travers

VII.1. Généralités :

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

VII.2. Les éléments du profil en travers :

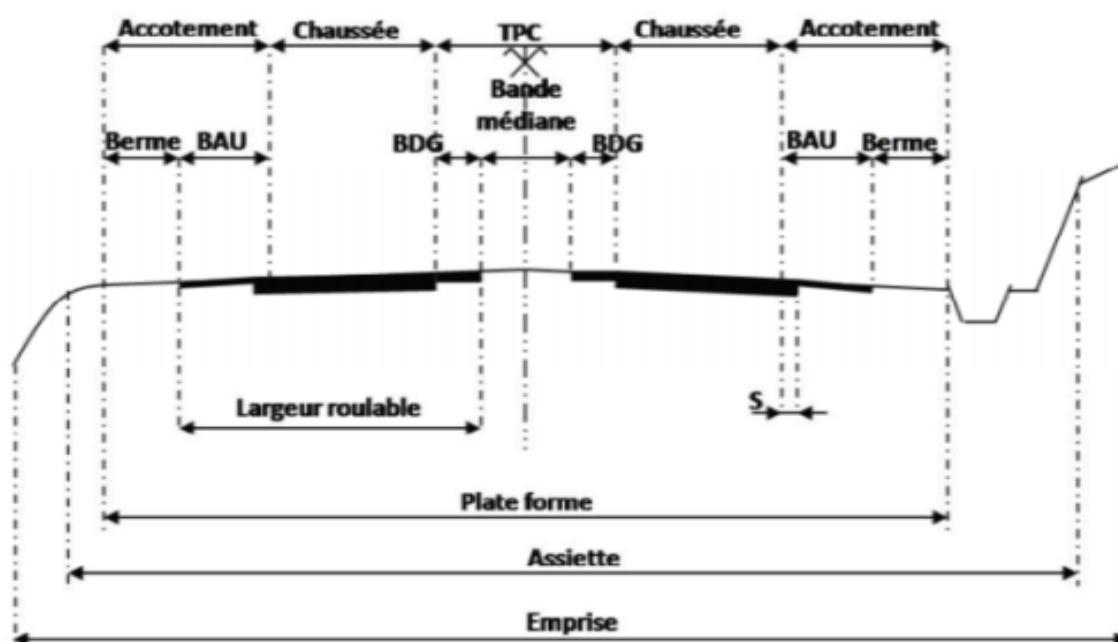


Figure n°14 : Eléments du profil en travers.

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

a- La chaussée :

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

b- Les accotements :

Les accotements se trouvent aux cotés de la chaussée, ils étaient utilisés auparavant soit pour le dépôt des matériaux soit pour les piétons, maintenant, ils sont utilisés pour stationnement.

Sur les routes importantes la largeur des accotements est de 2 à 2.5m utilisés comme bande d'arrêt, mais dans notre cas sa largeur est de 1.5m.

Chapitre VII: Profil en travers

c- Plate-forme :

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

d- L'assiette :

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

e- L'emprise :

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

f- Le talus :

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

A : la base du talus.

B : hauteur du talus.

g- Le fossé :

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

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

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

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

i-La largeur roulable :

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

VII.3. Classification du profil en travers

Ils existent deux types de profil :

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

1-Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou d'aménagement de routes existantes. Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais). L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la côte du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

2- Le profil en travers courant :

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

VII.4. Application numérique au projet :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour le dédoublement de la route national (RN 11) sera composé d'une chaussée unidirectionnelle. Les éléments du profil en travers types sont comme suit :

Chaussée : **7,30×2=14,60 m.**

Accotement : **1,50×2=3,00 m.**

Un terre-plein central : **3,00 m.**



Chapitre VIII

Cubature

Chapitre VIII: Cubature

VIII.1) Généralités :

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

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

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

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

VIII.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.

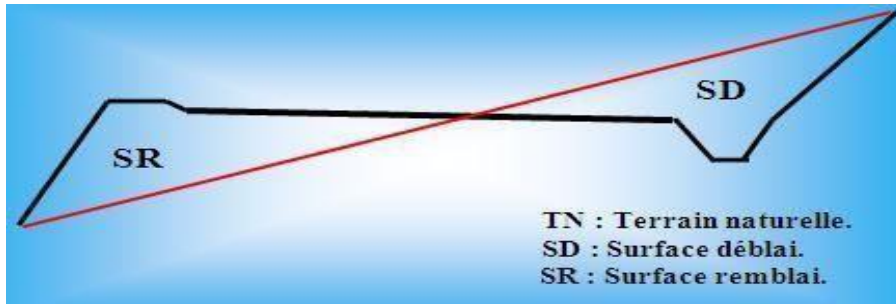


Figure n°15 : Volume déblai, remblai.

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

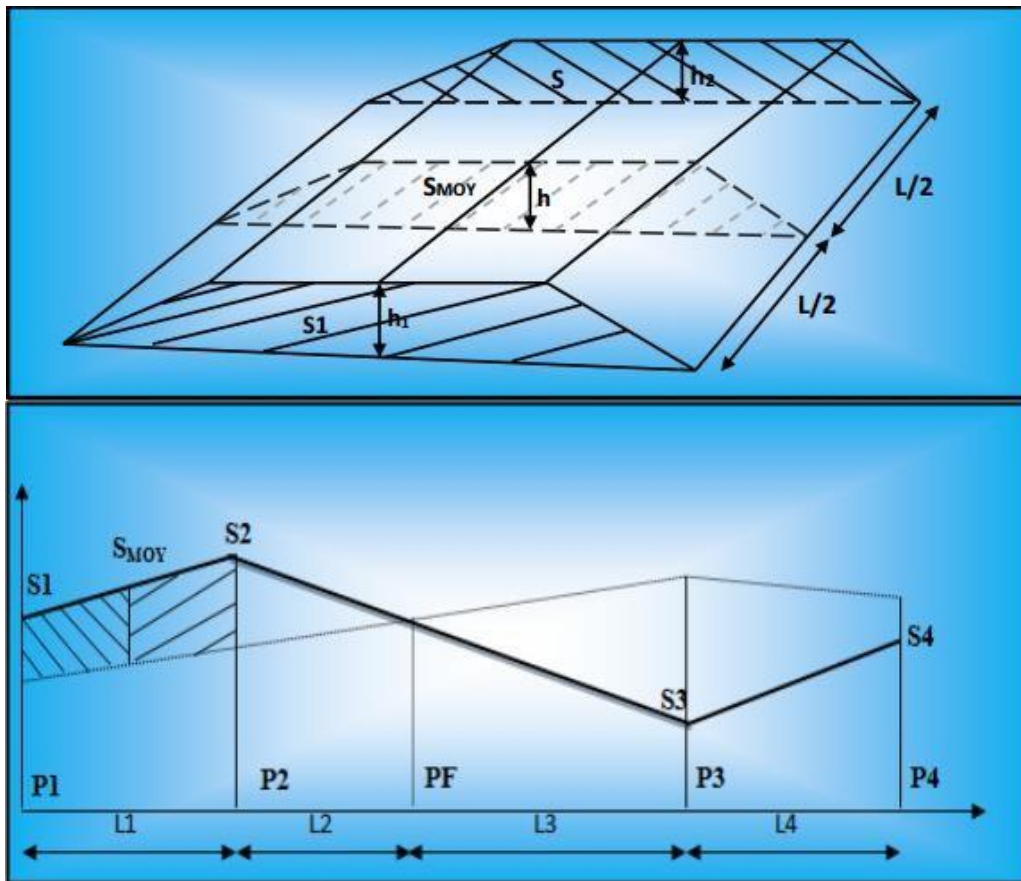


Figure n°16 : Calcul volume déblai Remblai.

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

PF : profil fictive, surface nulle.

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

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

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

Donc les volumes seront :

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

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

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

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

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

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

VIII.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.

Chapitre VIII: Cubature

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 = **70.420,00m³**

Volume des déblais : $V_D = 51.585,00 \text{ m}^3$

Volume des remblais : $V_R = 18.016,00 \text{ m}^3$

Différence de volume : $V_D - V_R = 33.569,00 \text{ m}^3$ **➡** Excès de remblai = **33.569,00 m³**

A decorative scroll graphic with a light purple gradient and rounded corners. It features a vertical strip on the left side and a small circular element at the top right corner, resembling a scroll's binding or a decorative flourish.

Chapitre IX

Dimensionnement Du Corps de Chaussée

IX.1) Introduction :

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

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

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

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

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

Tout cela en fonction de paramètres très fondamentaux suivants :

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

Principe de la constitution des chaussées

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

- **De la charge des véhicules**

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

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

Chapitre IX Dimensionnement du corps de chaussée

- **Des intempéries**

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

- **Des efforts tangentiels**

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

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

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

IX.2) La chaussée :

- **Définition :**

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

- ❖ **Couche de surface :**

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

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

Chapitre IX Dimensionnement du corps de chaussée

❖ Couche de base

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

❖ Couche de fondation

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

❖ Couche de forme

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

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

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

IX.3) Les différentes catégories de chaussée

Il existe deux catégories de chaussées :

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

Structures de chaussée

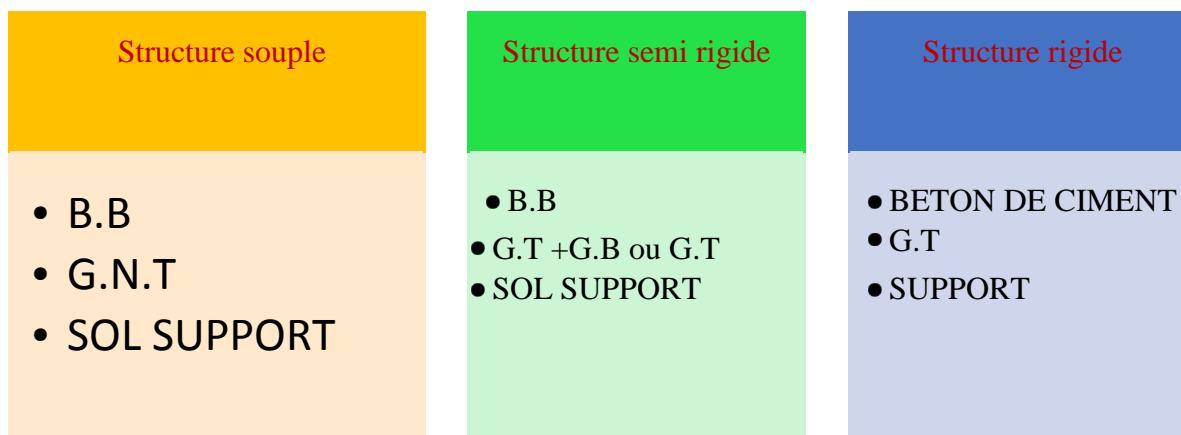


Figure n°17 : Les différentes catégories de chaussée.

Chapitre IX Dimensionnement du corps de chaussée

BB : béton bitumineux

GB : grave bitume

GT : grave traité

G.N.T : grave non trait.

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

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

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

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

IX.4) Les principales méthodes de dimensionnement :

On distingue deux familles des méthodes :

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

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

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

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

Chapitre IX Dimensionnement du corps de chaussée

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

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

Avec :

e: épaisseur équivalente.

I: indice CBR (sol support).

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

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

Log : logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

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

$a_1 \times e_1$: couche de roulement

$a_2 \times e_2$: couche de base

$a_3 \times e_3$: couche de fondation

Où :

a_1, a_2, a_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Chapitre IX Dimensionnement du corps de chaussée

Coefficient d'équivalence

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

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

Tableau n°28: Coefficient d'équivalence des matériaux.

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

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

IX.5) Application au projet :

Méthode de l'indice CBR :

1) Données de l'étude :

- Le trafic à l'année de comptage 2019 $TJMA_0 = 7858$ v/j
- Le trafic à l'année de mise en service 2022 $TMJA = 19367$ v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4\%$
- La vitesse de base sur le tracé $V_b = 80$ km/h
- Le pourcentage moyen de poids lourds $Z = 14\%$
- L'année de mise en service sera en 2022
- Environnement (E1) – Catégorie (CAT2)
- La durée de vie estimée de 20 ans
- $ICBR = 6,5$

Chapitre IX Dimensionnement du corps de chaussée

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

$$N1 = TJMA2022 \times \%PL$$

$$N1 = 19367 \times 0.14 = 2711 \text{ VPL/J}$$

Calcul du trafic du VPL a l'année horizon :

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

$$N_{20} = 2711(1+0.04)^{20} = 5940 \text{ VPL/J}$$

2) Calcul d'épaisseur théorique:

On a C.B.R= 6,50

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

P=6.50 Tonnes en l'Algérie (poids maximum pour essieu le plus chargé)

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{5940}{10})}{6,5 + 5}$$

$$e = 56,06 \text{ cm } e \approx 56 \text{ cm}$$

$$e = 56 \text{ cm}$$

Calcul des épaisseurs des différentes couches :

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

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

Chapitre IX Dimensionnement du corps de chaussée

On propose les matériaux suivants de chaque couche :

Couche de roulement « Béton bitumineux BB »

D'après le tableau ci-dessous

$$a_1 = 2.00$$

$$e_1 = 2 \times 6 = 12 \text{ cm}$$

Couche de Base « Grave Bitume GB » :

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

Couche de Fondation « Grave Non Traité GNT »:

$$a_3 = 0.6 \text{ cm}$$

Épaisseur équivalente :

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

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

$$e = 6 \times 2 + 15 \times 1,5 + e_3 \times 0,6 = \mathbf{56 \text{ cm}}$$

$$e_3 = [56 - (6 \times 2) + (15 \times 1.5)] / 0.6 = \mathbf{35.83 \text{ cm} \approx 36 \text{ cm}}$$

$$e_3 \times a_3 = 36,00 \times 0.6 = 21,60 \text{ cm} \approx \mathbf{e_3 \times a_3 = 21,50 \text{ cm}}$$

Donc l'épaisseur réelle est de

$$\mathbf{6(BB) + 15(GB) + 35(GNT)}$$

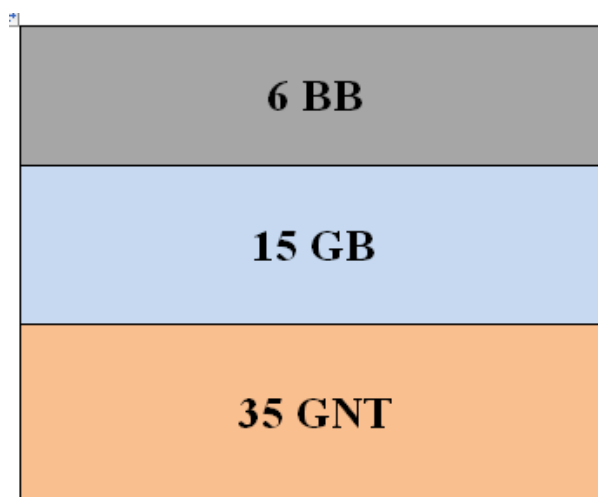


Figure n°18: Les couches de corps de chaussée.

A decorative graphic of a scroll with a light purple-to-white gradient. The scroll is unrolled on the left side and has a small circular tab at the top right. The text is centered on the scroll.

Chapitre X

Etude Géotechnique

X.1) Introduction :

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

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

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

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

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

X.2) Objectif de la géotechnique routière :

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

X.3) Moyens de reconnaissance :

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

- L'étude des archives et documents existants (cartes géologiques et géotechniques)
- Les visites sur site.
- Les essais « in-situ ».
- Les essais de laboratoire.

X.4) Réglementation algérienne en géotechnique :

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

- ✓ Les essais de laboratoire : essais d'identification et de classification.
- ✓ Les essais en place (essais pressiométriques, pénétromètre statique ou dynamique).

X.5) Les essais en géotechnique :

Introduction :

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

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

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

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

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

- Son exécution est rapide, donc on peut le multiplier pour permettre une meilleure reconnaissance du sol.
- Il est parfois le seul à réaliser lorsqu'on ne peut pas extraire des échantillons intacts.
- Il donne des résultats globaux par rapport aux essais de laboratoire qui donnent des résultats discontinus.

L'implantation des puits de reconnaissance :

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

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

Chapitre X: Etude géotechnique

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

X.5.1 Essais physiques :

1) La teneur en eau naturelle « W » : NF P 94-050

a. Définition :

On désigne par teneur en eau la quantité d'eau contenue dans un échantillon de matière, par exemple un échantillon de sol, de roche, de céramique ou de bois, la quantité étant évaluée par un rapport de poids humides sur poids secs.

b. But :

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

c. Appareillages utilisés :

- Etuve sèche
- Des récipients
- Balance :
 - Balance sensible à 0,01g près pour les sols fins
 - Balance sensible à 0,1g près pour les sols sableux
 - Balance sensible au gramme près pour les sols grossiers.

d. Mode opératoire :

N.B : l'essai doit se faire sur deux prises pour en fin prendre la moyenne.

- Rendre un récipient propre, sec et taré, y placer un échantillon de sol humide d'un poids minimum de :
 - 30g pour les sols fins
 - 300g pour les sols moyens
 - 3000g pour les sols grossiers
- On les place à l'étuve après 15 heures on prend le poids. En principe entre les deux pesées, de la différence est inférieure à 0,1%.

Calcul de la teneur en eau :

Soit Ph le poids humide de l'échantillon et Ps le poids sec de l'échantillon

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

Chapitre X: Etude géotechnique

❖ Phase 1 : Déterminer "Ph" le poids Humide

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

❖ Phase 2 : Déterminer Ps

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

❖ Phase 3 : Déterminer W%

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

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



Figure n°19 : Matériels d'essai teneur en eau.

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

a. Définition :

(γ) est la masse d'un volume unité de sol :

$$\gamma = W / V$$

On calcule aussi la masse volumique sèche :

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

b. Principe de l'essai :

On utilise le principe de la poussée d'Archimède.

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

c. But de l'essai :

Le but de cet essai est de déterminé expérimentalement au laboratoire de certaine caractéristique physique des sols.

d. Domaine d'utilisation :

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

3) Analyse granulométrique par tamisage :

a. Définition :

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

Granularité : distribution dimensionnelle des grains.

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

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

C'est la fraction d'un matériau comprise entre 80 μm et 50 mm, détermination de la classe granulométrique.

Chapitre X: Etude géotechnique

Par deux méthodes :

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

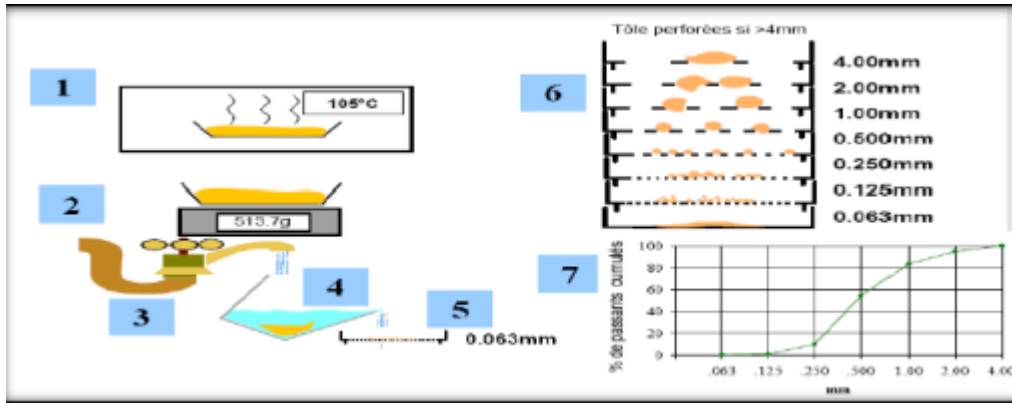


Figure n°20 : Analyse granulométrique.

b. But de l'essai :

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

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.



Figure n°21 : Tamisage électrique et manuel.

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

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



Figure n°22 : Méthode d'essai.

f. Mode opératoire :

1- Mode opératoire N°1 :

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

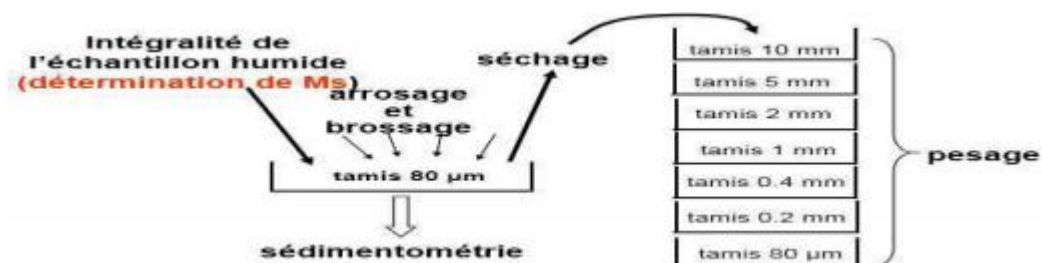


Figure n°23 : Mode opératoire 01.

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 :

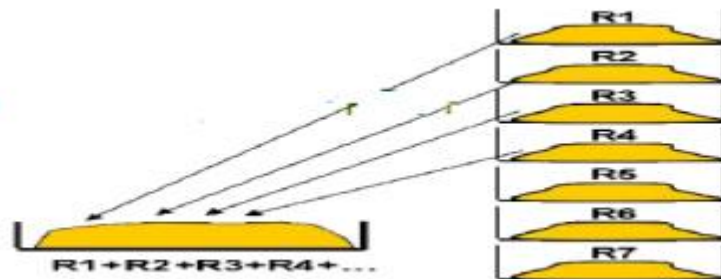


Figure n°24 : Mode opératoire 2.

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

a. Définition :

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

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

Chapitre X: Etude géotechnique

b. But de l'essai :

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

c. Principe :

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

L'équivalent de sable est le rapport hauteur du sable sur la hauteur totale, exprimé en pourcentage.

d. Matériels utilisés :

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

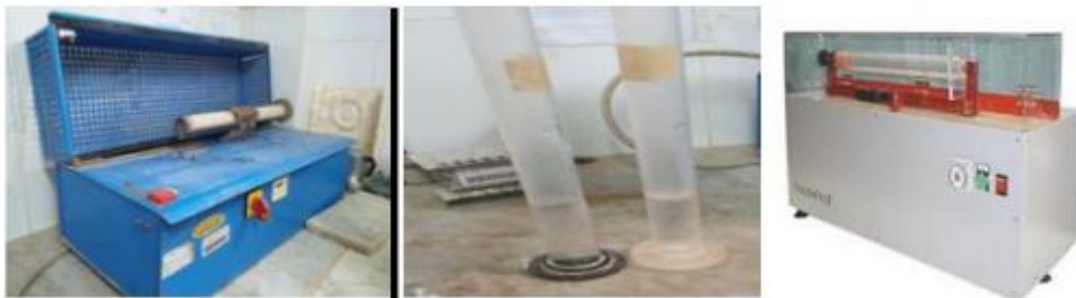


Figure n°25: Matériels utilisés dans l'essai équivalent de sable.

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.

Chapitre X: Etude géotechnique

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.



Figure n° 26: 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°29: Nature du sol en fonction d'E.S.

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

a. Définition :

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

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

b. But de l'essai :

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

c. Principe de détermination des limites de consistance :

L'essai s'effectue en deux phases :

- Détermination de la teneur en eau W_L pour laquelle une rainure pratiquée dans une coupelle se forme, suite à des chocs répétés pour un nombre de coups donnés (cette limite de liquidité correspond à une résistance à un cisaillement conventionnel).
- Détermination de la teneur en eau W_P 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.

Chapitre X: Etude géotechnique

- On ajoute progressivement une quantité d'eau au sol et on malaxe rigoureusement.
- On couvrit le mélange et laisser reposer pendant la durée nécessaire à rhomogénéisqtiôfr.de l'humidité. Une période de repos de 24 heures est nécessaire pour les argiles, et quelques minutes sont suffisantes pour les limons.

e. Détermination de la limite de liquidité :

e.1 Matériels utilisés :

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

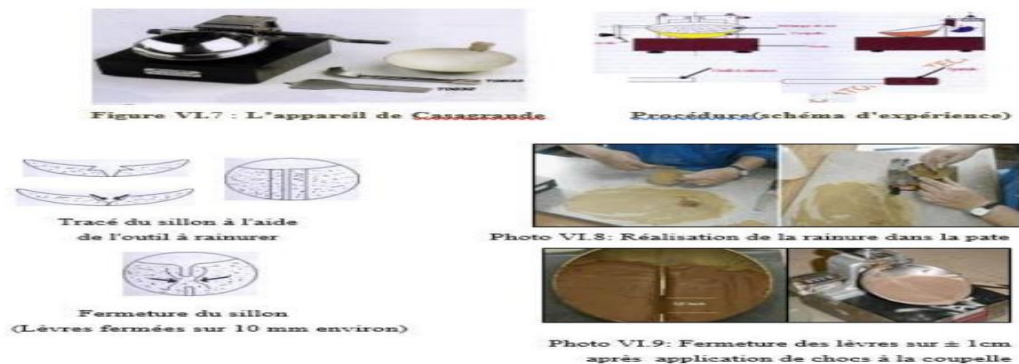


Figure n°27 : Matériels utilisés.

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 :

Chapitre X: Etude géotechnique

- On Utilise l'extrémité non biseautée de l'outil à rainurer pour vérifier. La première fermeture doit se faire entre 15 et 30 chocs. Si l'échantillon est sec, la fermeture se fera pour un nombre de chocs plus élevé, on ajoute un peu d'eau à l'échantillon et on malaxe vigoureuse et on reprend les opérations de 1 -4.
- On prélève à l'aide de la spatule une masse ; M_i , (humide) de sol à endroit où les lèvres se sont refermées et On procède à la mesure de sa teneur en eau et on met dans une tare de masse vide M_v et on pèse l'ensemble M_{eh} (tare+sol humide telle que $M_h = M_{eh} - M_v$) puis on pose dans l'étuve et après 24 heures (la durée de séchage) on pèse mon échantillon M_{es} (tare+sol sec telle que $M_s = M_{es} - M_v$).

f. Détermination de la limite de plasticité :

f.1 Mode opératoire :

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

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



Figure n°28 : Limite de plasticité.

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

a. Définition :

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

b. But de l'essai :

Un calcimètre permet de mesurer le volume de CO_2 dégagé par action de l'acide chlorhydrique (HCl) sur le carbonate de calcium (CaCO_3) d'un échantillon de sol ou de roche.

c. Matériel utilisé :

- Fiole.
- Tamis de 0.200 mm
- Solution d'acide chlorhydrique.
- Calcimètre.
- Balance.

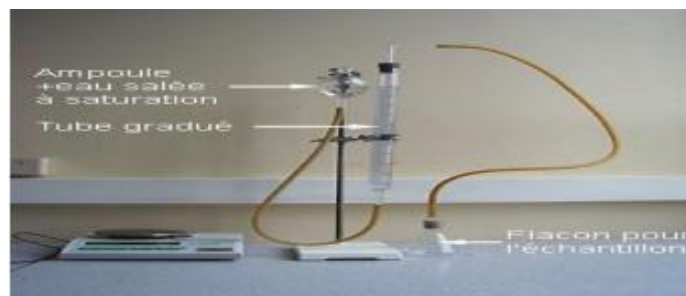


Figure n°29 : Appareillage.

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°30: Tamisage de l'échantillon.



Figure n°31 : Pesé l'échantillon.

Chapitre X: Etude géotechnique

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.
- Répéter 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 :

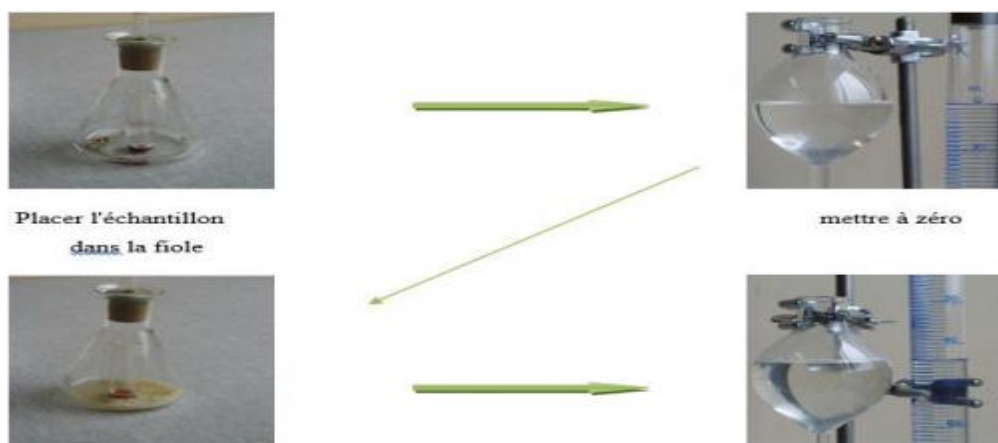


Figure n°32 : Mode opératoire de l'essai carbonate.

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

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

Tableau n°30 : Qualification des horizons en fonction de leur teneur en calcaire total selon le GEPPA.

X.5.2) Essais mécaniques :

1) Essai Proctor modifié : NF P 94-093

a. Définition :

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

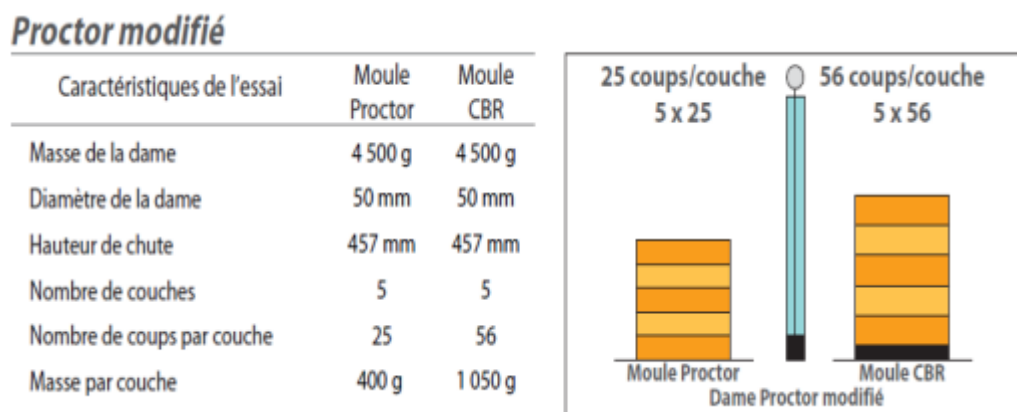


Figure n°33: Modalité d'exécution des essais Proctor modifié.

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

Chapitre X: Etude géotechnique

- Une burette, balance,
- Une éprouvette, truelle, un bac et un tamis de 5 et 20 (Voir figure)



Figure n°34 : 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°35 : Les étapes de l'essai Proctor.

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

2) Essai CBR : NF P 94-078

a. Définition :

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



Figure n°36: 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

Chapitre X: Etude géotechnique

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°37 : Matériels d'essai CBR.

e. Facteurs influents de l'essai :

1) Teneur en eau :

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

c'est-à-dire le sable, par contre il faut éviter les sols dont la courbe présente un maximum marqué.

2) L'énergie de compactage :

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

f. Remarque :

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

a) L'indice caractérisant l'aptitude du sol à permettre la circulation des engins de chantier directement sur sa surface lors des travaux : indice portant immédiat (IPE)

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

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

X.5.3) Essais chimiques :

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

a. Définition :

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

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

b. Principe de l'essai :

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

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

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

Avec :

X : La masse de bleu introduit

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

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

X.5.4) Essais des Enrobées :

1) L'essai de compacité :

Définition de l'essai :

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

La méthode du nucléo densimètre :

Cette méthode consiste à placer à la surface du sol un appareil muni d'une source radioactive de rayons γ et d'un détecteur de particules protégés l'un et l'autre par des

blindages tels que toutes les radiations provenant de la source pénètrent dans le sol et que seules les radiations provenant du sol atteignent le détecteur.



Figure n°38 : L'appareil de compacité (nucléo-densimètre).

2) Essai de carottage :

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

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

La présente méthode s'attache à définir les conditions d'exécution des carottages routiers, et

Les règles de codification, voire d'agrégation, des observations faites lors de ces essais.

PRINCIPE :

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

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

On déduit notamment de cet essai les caractéristiques suivantes :

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

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

APPAREILLAGE :

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

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

Chapitre X: Etude géotechnique

Sa broche doit être équipée d'un dispositif de contrôle et d'affichage en continu de la vitesse de rotation et de la poussée permettant d'optimiser la coupe avec le carottier choisi.

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

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

Le matériel accessoire doit comprendre :

- Une équerre d'angle permettant de s'assurer de l'orientation du Carottage par rapport à la surface de la chaussée (cf. « Condition d'exécution des carottages »),
- D'une pince permettant, le cas échéant, d'extraire les carottes sans les détériorer,
- Un appareil photographique.
- Le matériel peut aussi comprendre un endoscope pour l'observation fine de la paroi de la Cavité.

MODE OPERATOIRE :

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

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



Figure n°39 : Exemple d'un essai de carottage.



Chapitre XI

Assainissement

Chapitre XI : Assainissement

XI.1. Généralités

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

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

Les différents ouvrages utilisés peuvent être regroupés en :

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

XI.2) Objectif de l'assainissement

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

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

XI.3) Assainissement de la chaussée

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

Fossé de pied du talus de déblai :

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

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

Fossé de crête de déblai :

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

Fossé de pied du talus de remblai :

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

Drain :

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

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

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

Chapitre XI : Assainissement

Descentes d'eau :

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

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

XI .4) Définitions des termes hydrauliques

a) Bassin versant :

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

b) Collecteur principal (canalisation) :

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

c) Chambre de visite (cheminée) :

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

Chapitre XI : Assainissement

- Les fossés.
- Les dalots.
- Les buses.

f) **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.

g) **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.

A decorative graphic of a scroll with a light purple gradient and rounded corners. The scroll is unrolled on the left side and has a small circular tab on the right side. The text is centered on the scroll.

Chapitre XII

Signalisation et éclairage

XII.1.1) SIGNALISATION

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

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

XII.1.2) OBJECTIFS DE SIGNALISATION ROUTIERE

La signalisation routière a pour rôle :

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

XII.1.3) CRITERES A RESPECTER POUR LES SIGNALISATIONS

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

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

XII.1.4) TYPES DE SIGNALISATION

On distingue deux types de signalisation :

- Signalisation verticale.
- signalisation horizontale.

Chapitre XII : Signalisation et éclairage

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

➤ Signaux de danger : Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à **150m** en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).

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

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

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

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

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

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

➤ **Le jaune pour**

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

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

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

Chapitre XII : Signalisation et éclairage

La signalisation horizontale se divise en trois types :

Marquages longitudinales :

➤ Lignes continues :

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

➤ Lignes discontinues :

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

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

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

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

Tableau n°31 : Modulation de la ligne continue.

Chapitre XII : Signalisation et éclairage

▪ **Largeur Des Lignes :**

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

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

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

u = 3 *cm* pour les lignes tracées sur les pistes cyclables.

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

Marquages transversales :

- **Lignes transversales continue :** éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.
- **Lignes transversales discontinue :** éventuellement tracées à la limite où les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

C. Autres signalisation :

• **Les flèches de rabattement :**

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

• **Les flèches de sélection :**

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

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

XII.1.5) Application au projet

A. Les signalisations horizontales :

❖ Flèche de sélection :

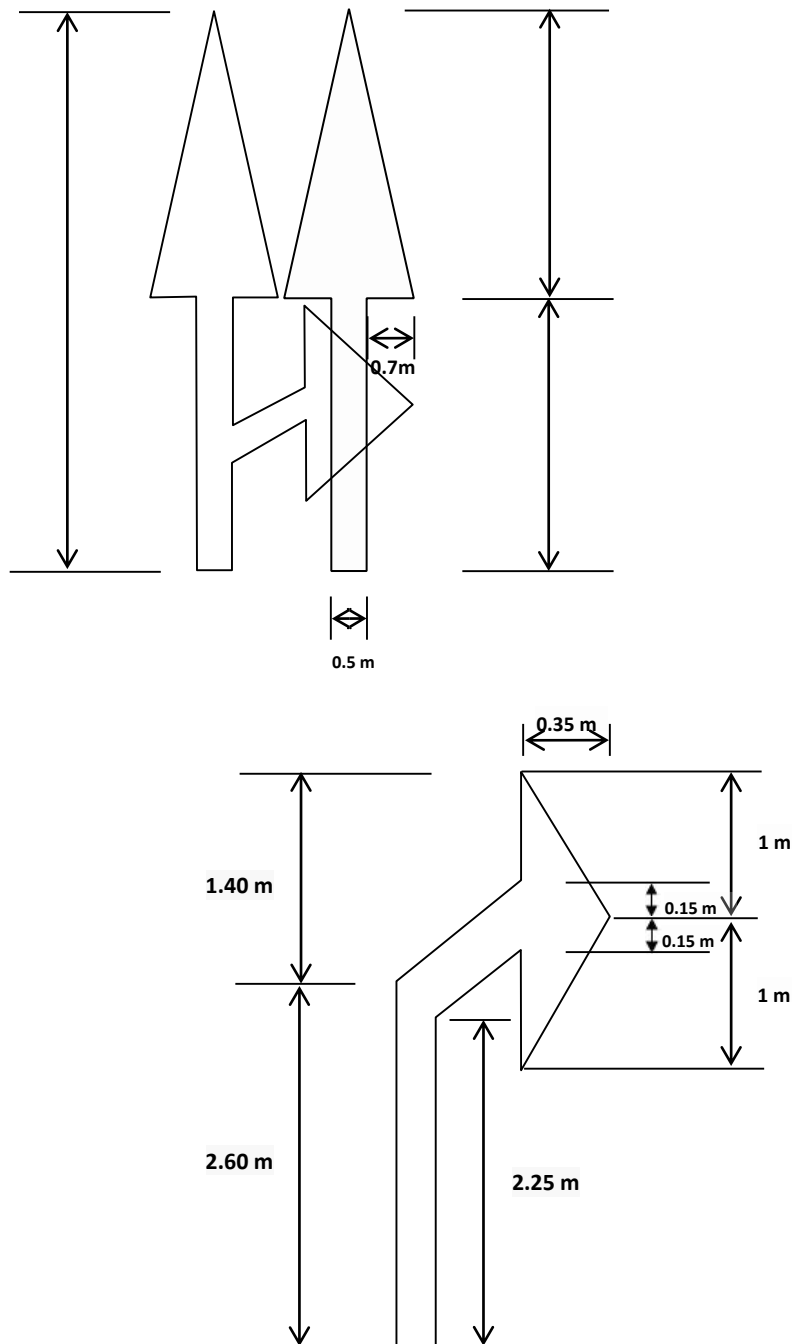


Figure n°40 :Flèche de sélection.

❖ Marque sur la chaussée :

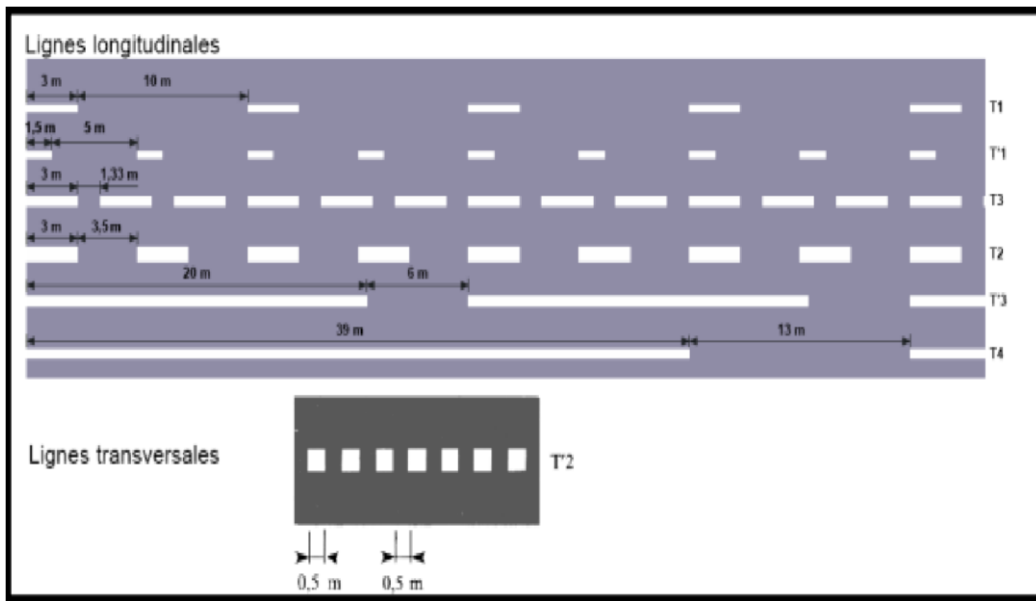


Figure n°41: Marque sur la chaussée.

❖ Flèche de rabattement :

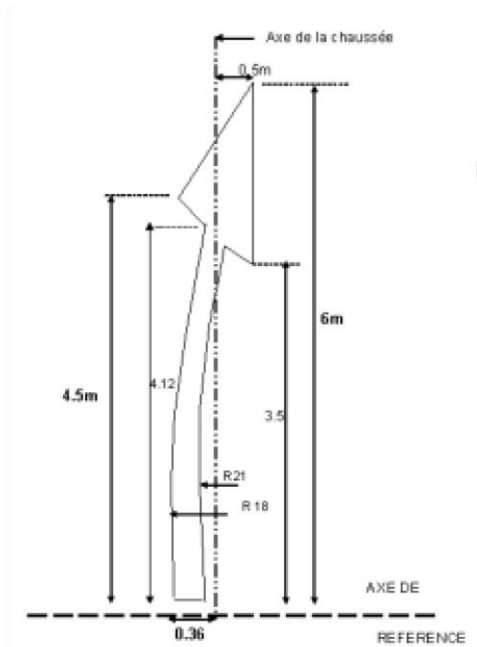


Figure n°42 : Flèche de rabattement.

❖ Schéma de signalisation stop sur chaussée :

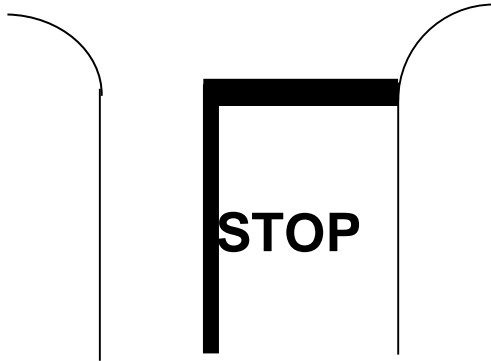


Figure n°43 : Schéma de signalisation stop sur chaussée.

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

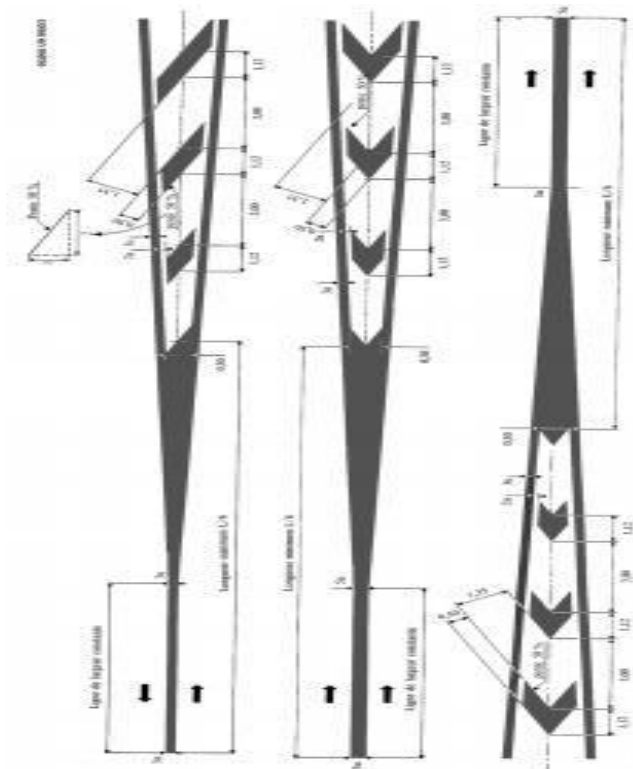


Figure n°44 : Schémas de marquage par hachures (sur le nez d'îlot).

B. Les signalisations verticales :

Plaques de signalisation :

➤ Les signaux de danger type A :



A1a



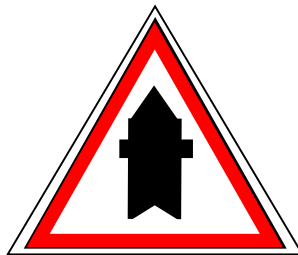
A1b



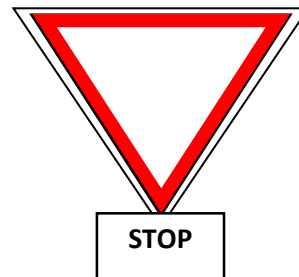
A1c



A1d

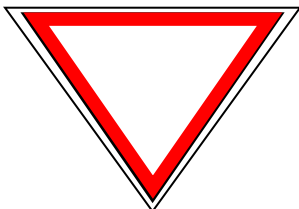


A22



A23

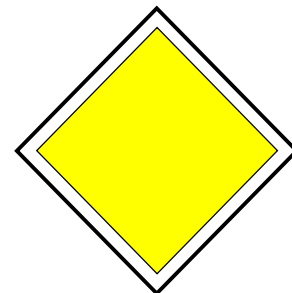
➤ Les signaux d'intersection et de priorité type B :



B1



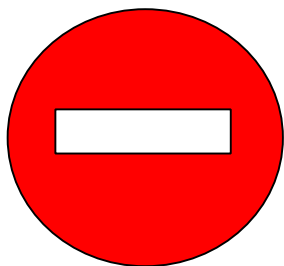
B2



B3

Chapitre XII : Signalisation et éclairage

➤ 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°45 : Panneaux spéciaux (type A).

❖ Signaux d'identification des routes type E :

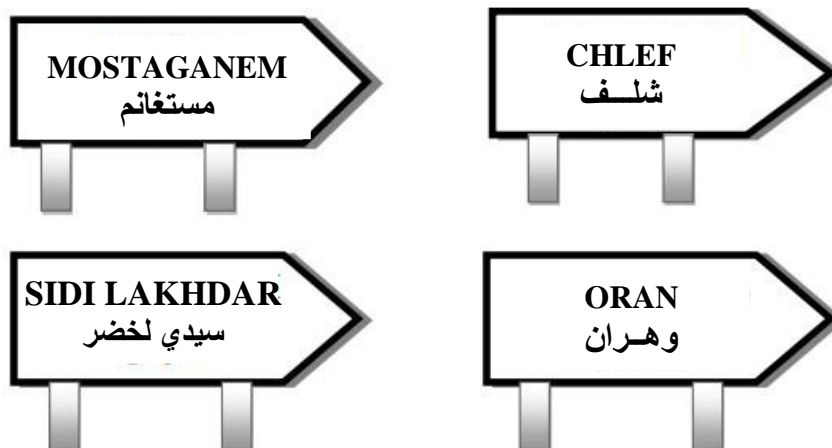


Figure n°46 : Les signaux d'identification des routes (type E).

Chapitre XII : Signalisation et éclairage

XII.2.1) Eclairage

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

XII.2.2) Catégorie d'éclairage

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

XII.2.3) Paramètres d'implantation des luminaires

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

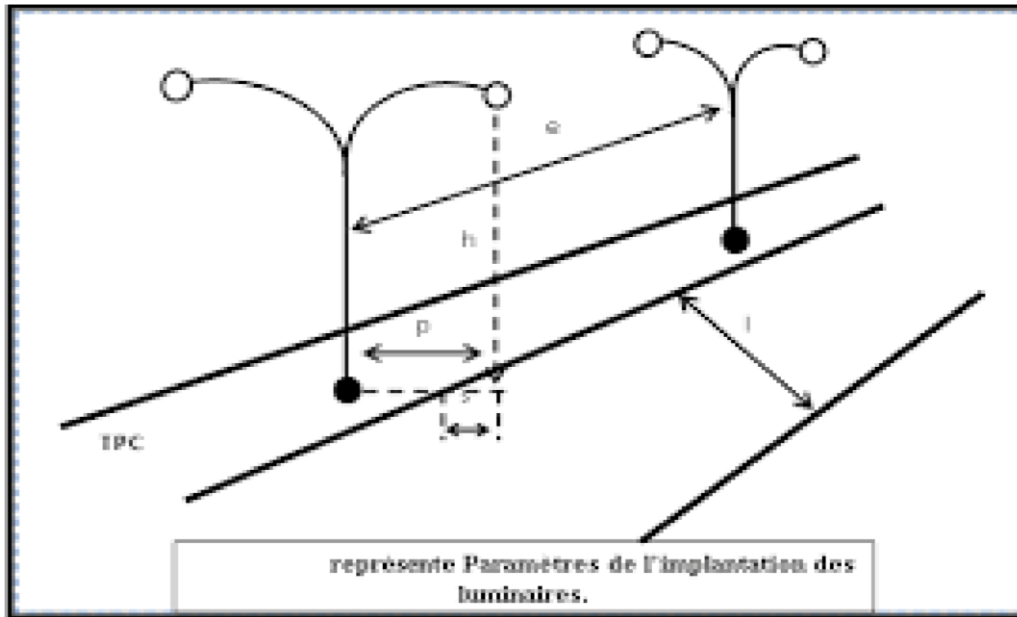


Figure n°47 : Paramètres de l'implantation des luminaires.

XII.2.4) Eclairage d'un point singulier

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

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

Application au projet :

✚ L'éclairage de notre route :

Des lampadaires d'hauteur de 10 à 12m sont implantés sur les accotements le long de la section étudiée éclairant la chaussée, espacés de 20m.

✚ L'éclairage au niveau du carrefour :

On place en courbures des îlots centraux des foyers de l'ordre de 12m d'hauteur pour éclairer les différentes directions et que les bordures des trottoirs soient visibles.



Chapitre XIII

Aménagement des carrefours et implantation

XIII.1. Introduction :

Un carrefour est un lieu d'intersection de deux ou plusieurs routes au même niveau.

Le bon fonctionnement d'un réseau de voirie, dépend essentiellement de la performance des carrefours car ceux-ci présentent des lieux d'échanges et de conflits où la fluidité de la circulation et la sécurité du trafic sont indispensables.

L'analyse des carrefours sera basée sur les données recueillies lors des enquêtes directionnelles, qui doivent fournir les éléments permettant de faire le diagnostic de leur fonctionnement.

XIII.2. Les différents types des carrefours :

Les principaux types de carrefour que présentent les zones urbaines sont :

a) Carrefour à trois branches (en T) :

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches secondaires. Le courant rectiligne domine, mais les autres courants peuvent être aussi d'importance semblable.

b) Carrefour à trois branches (en Y):

C'est un carrefour plan ordinaire à trois branches, comportant une branche secondaire uniquement et dont l'incidence avec l'axe principale est oblique (s'éloignant de la normale de plus 20°)

c) Carrefour à quatre branches (en croix) :

C'est un carrefour plan à quatre branches deux à deux alignées (ou quasi)

d) Carrefour type giratoire ou carrefour giratoire :

Un carrefour giratoire est l'aménagement d'une voie circulaire à sens unique vers laquelle convergent un certain nombre de routes d'entrée et où toute la circulation suit une même direction en tournant autour d'un îlot central, dans le sens contraire des aiguilles d'une montre ou en sens contraire selon que la conduite.

Un carrefour giratoire, aussi appelé rond-point, comporte au moins trois branches raccordées entre elles au moyen d'une chaussée continue à sens unique, généralement de forme circulaire.

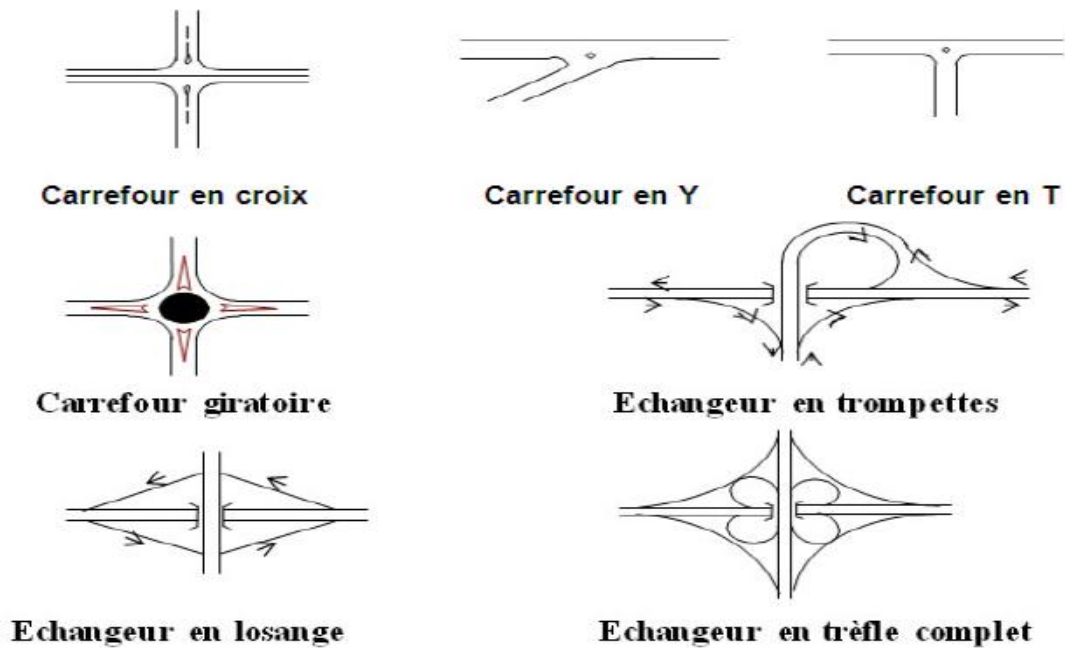


Figure n° 48: Principaux types de carrefours

XIII.3. Principe généraux d'aménagement d'un carrefour :

Les cisaillements doivent se produire sous un angle de $90^\circ - 20^\circ$ à fin d'obtenir de meilleure condition de visibilité et la prédication des vitesses sur l'axe transversal, aussi avoir une largeur traversée minimale.

- Ralentir à l'aide des caractéristiques géométriques les courants non prioritaires.
- Regrouper les points d'accès à la route principale.
- Assurer une bonne visibilité de carrefour.
- Soigner tout particulièrement les signalisations horizontales et verticales.
- Eviter si possible les carrefours à feux bicolore.

XIII.4. La Visibilité :

Dans l'aménagement d'un carrefour il faut lui assurer les meilleures conditions de visibilité possibles, à cet effet on se rapproche aux vitesses d'approche à vide

Chapitre XIII: Aménagement des carrefours et implantation

En cas de visibilité insuffisante il faut prévoir :

- Une signalisation appropriée dont le but est soit d'imposer une réduction de vitesse soit de changer les régimes de priorité.
- Renforcer par des dispositions géométriques convenables (inflexion des tracés en plan, îlot séparateur ou débouché des voies non prioritaires).

XIII.5. Triangle De Visibilité :

Un triangle de visibilité peut être associé à un conflit entre deux courants. Il a pour sommets :

- Le point de conflit
- Les points limites à partir desquels les conducteurs doivent apercevoir un véhicule adverse.

XIII.6. Les Îlots :

Les îlots sont aménagés sur les bras secondaires du carrefour pour séparer les directions de la circulation, et aussi de limiter les voies de circulation.

XIII.7. IMPLANTATION

Implantation est une application directe des connaissances de topographie. Elle consiste à placer sur le terrain les repères nécessaires pour la réalisation du projet.

XIII.8. Plan de piquetage des axes des voies :

C'est le plan où figurent tous les renseignements qui peuvent servir à la matérialisation des voies ainsi que les sommets des courbes.

a) Implantation planimétrique des sommets des alignements

- **Par rayonnement**

On stationne un point connu avec un théodolite et après avoir fait une orientation sur un point pris comme référence (affichage du gisement), on affiche le gisement du point à implanter et on reporte ensuite sur cette direction la distance correspondante jusqu'à matérialiser le point.

- **Par intersection**

On stationne simultanément en deux points connus et de chacun et après orientation on affiche les angles et on matérialise l'intersection.

- **Par coordonnées polaires**

Le procédé consiste à implanter des points connaissant leur distance à un point connu et leur orientation par rapport à une direction connue.

b) Implantation des courbes

- **Raccordement circulaire**

Méthode d'implantation :

- **Par Abscisses et ordonnées sur la tangente**

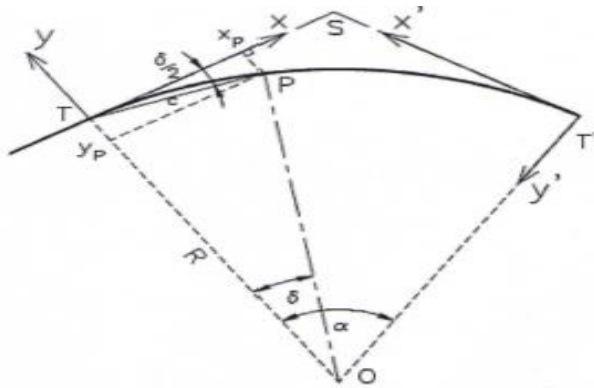


Figure n° 49: Implantation partie circulaire

- **Par Abscisses et ordonnées sur la corde**

1. Origine : point de tangence
2. Origine : milieu de la corde

- **Par coordonnées polaires**

- **Raccordement progressif**

Le piquetage peut être réalisé soit par coordonnées rectangulaires à partir des tangentes, soit par la méthode des cordes et angles. Ce sont surtout les appareils de mesure dont on dispose qui fixeront le choix du procédé. Tandis que le piquetage par les coordonnées rectangulaires peut se faire à l'aide d'un jalon, d'un ruban métrique et d'une équerre optique, un théodolite est nécessaire pour appliquer la méthode des cordes et angles.

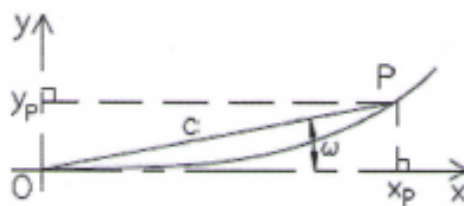


Figure n° 50: Méthode d'implantation

- **Piquetage par coordonnées rectangulaires**

$$X_i = i\Delta L - \frac{i\Delta L^5}{40A^4} + \frac{i\Delta L^9}{3456A^8} \quad ; \quad Y_i = \frac{i\Delta L^3}{6A^2} - \frac{i\Delta L^7}{336A^6}$$

- **Piquetage par coordonnées polaires**

$$C = i\Delta L - \frac{i\Delta L^5}{90A^4} + \frac{i\Delta L^9}{22680A^8} \quad ; \quad W_{\text{radians}} = \frac{i\Delta L^2}{6A^2} - \frac{i\Delta L^6}{2835A^6}$$

c) Implantation en altimétrie

Il est souvent nécessaire d'implanter sur le chantier un réseau de repères de nivellement. Ces repères sont reliés entre eux par cheminement de nivellement encadré par deux (02) ou plusieurs repères du nivellement général de l'Algérie (NGA).

Ces repères peuvent être des points naturels bien définis exemple avaloirs ou des rivets scellés dans un socle de béton.



Chapitre XIV
Impact sur
l'environnement

Chapitre XIV: Impact sur l'environnement

XIV.1. Impacts du projet sur l'environnement :

XIV.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.

XIV.1.2. Les impacts positifs :

Au niveau des impacts positifs, l'essentiel se résume :

A la création d'emploi dans les travaux d'entretien de cette route ; au rapprochement de l'administration centrale des populations locales ; à la facilitation des évacuations sanitaires des villages vers les villes ; à la circulation qui sera améliorée ; aux activités économiques, échanges commerciaux, activités artisanales, culturelles et touristiques.

XIV.2. Mesures d'atténuation :

XIV.2.1. Mesures d'atténuation formulées des impacts négatifs et renforcer les impacts positifs :

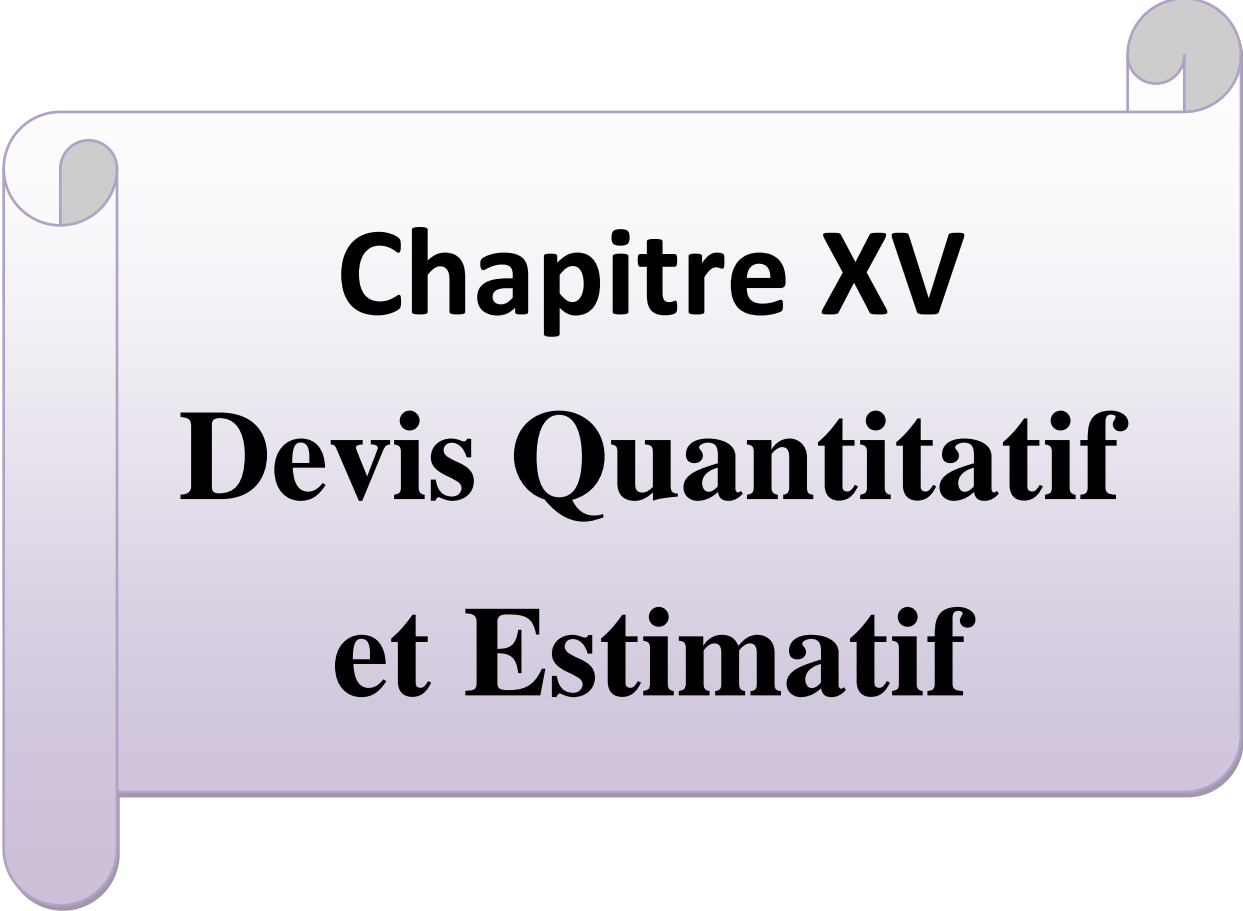
- On peut noter un certain nombre d'atténuations citées ci-dessous : les clauses environnementales à insérer dans le cahier des charges des entreprises telles que l'arrosage des routes concernées pendant les travaux, la remise en état ou la revalorisation des sites d'emprunt si telle est la disposition retenue, la collecte et l'élimination des déchets solides et liquides des chantiers, le balisage et la mise en place des panneaux de signalisation.
- Les mesures de lutte contre l'érosion par des ouvrages de drainage (gabion, perrés maçonnés ou secs, diguettes de moellons).
- Les plantations d'arbres d'alignement à la traversée des agglomérations, la mise en place des bosquets villageois pour compenser les arbres abattus sur l'emprise des routes, des zones d'emprunt et des carrières.
- Les aménagements des carrières en mares au profit de l'élevage (abreuvement du bétail) ; de cultures de contre saison et de maraichage.

Chapitre XIV: Impact sur l'environnement

- Les mesures réglementaires concernant toute attaque visant à nuire à l'intégrité des forêts classées, des domaines protégés et des bois sacrés.

Les mesures de renforcement des impacts positifs qui porte sur :

- L'embauche de la main d'œuvre locale pendant les travaux.
- Le renforcement des capacités des infrastructures communautaires par des clôtures temporaires et permanentes au niveau des écoles et des Centres de santé de promotion sociale.
- L'entretien courant de la route, pour soutenir de façon durable toute action positive ci-dessus évoquée.



Chapitre XV
Devis Quantitatif
et Estimatif

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

ART.	Désignation des Travaux	Unité	Quantité	Prix Unitaire	Montant
1	INSTALLATION DE CHANTIER				
1.1	Installation et repliement de chantier	F	1,00	1 000 000,00	1 000 000,00
1.2	Etudes d'exécution	F	1,00	1 500 000,00	1 500 000,00
SOUS TOTAL (INSTALLATION DE CHANTIER) EN HT					2 500 000,00
2	PREPARATION DU TERRAIN				
2.1	Abattage, arrachage et dessouchage des arbres singuliers de diamètre ≥ 30 cm	U	127,00	850,00	107 950,00
SOUS TOTAL (PREPARATION DU TERRAIN) EN HT					107 950,00
3	TERRASSEMENT				
3.1	Terre végétale				
3.1.1	Décapage de la terre végétale sur une épaisseur de 30 cm minimum.	m ²	70 420,00	100,00	7 042 000,00
3.2	Autres matériaux				
3.2.1	Déblai	m ³	51 585,00	500,00	25 792 500,00
3.2.2	Déblai mise en Dépôt	m ³	33 569,00	300,00	10 070 700,00
3.2.3	Remblai	m ³	18 016,00	600,00	10 809 600,00
SOUS TOTAL (TERRASSEMENT) EN HT					53 714 800,00
4	ASSAINISSEMENT				
4.1	Ouvrages Courants. Dalots et Buses				
4.1.1	Fourniture et pose d'Ouvrages Busés en Béton Armé Ø 1000, y compris la construction des têtes d'ouvrages	ml	47,10	30 000,00	1 413 000,00
4.1.2	DALLOT 2x(3x3)	U	2,00	3 500 000,00	7 000 000,00
4.2	Assainissement Longitudinal				
4.2.1	Fossé trapézoïdal revêtu type A1	ml	3 650,00	3 500,00	12 775 000,00
SOUS TOTAL (ASSAINISSEMENT) EN HT					21 188 000,00
5	CHAUSSÉE				
5.1	Corps de chaussée				
5.1.1	Rechargement les accotements en tuf	m ³	2 100,00	800,00	1 680 000,00
5.1.2	Couche de fondation en grave concassé (GNT 0/40) ép=35cm	m ³	14 480,00	1 400,00	20 272 000,00
5.1.3	Couche d'imprégnation (1,0 kg/m ²)	m ²	40 000,00	150,00	6 000 000,00
5.1.4	Couche d'accrochage (0,3 kg/m ²)	m ²	40 000,00	100,00	4 000 000,00
5.1.5	Couche de base en grave bitume (GB) ép= 15 cm	T	13 800,00	8 000,00	110 400 000,00
5.1.6	Couche de roulement en béton bitumineux (BB) ép=6 cm	T	5 600,00	8 500,00	47 600 000,00
5.2.1	Construction des glissières en béton	ml	5 415,00	5 000,00	27 075 000,00
SOUS TOTAL (CHAUSSEE) EN HT					217 027 000,00

Chapitre XV: Devis Quantitatif et Estimatif

6	Marquage de la chaussée					
6.1	Marquages en lignes continues					
6.1.1	Module largeur 22,5 cm	ml	5 415,00	70,00	379 050,00	
6.2	Marquage en lignes discontinues					
6.2.1	Module 3-3.50, largeur 37,5 cm	ml	5 004,00	100,00	500 400,00	
6.2.2	Module 3-10, largeur 15 cm	ml	2 496,00	50,00	124 800,00	
6.3	Panneau	U	40,00	20 000,00	800 000,00	
SOUS TOTAL (Marquage sur chaussée en enduit à chaud + panneau) EN HT					1 804 250,00	
					Montant HT (DA)	296 342 000,00
					TVA 19%	56 304 980,00
					Montant TTC (DA)	352 646 980,00

ARRETE LE MONTANT DU PRESENT DEVIS EN TTC A LA SOMME DE :

Trois cent cinquante deux millions six cent quarante six mille neuf cent quatre vingt dinars et 00 cts en toutes taxes comprises.

Soit en Chiffre : (352 646 980,00 DA EN TTC)

Conclusion

Ce présent travail était l'occasion pour perfectionner nos modestes connaissances dans le domaine des routes. C'est un travail de base qu'on vient de réaliser, il est d'une utilité incontestable parce qu'il nous a confrontés à certains problèmes routiers et nous a permis entre autre de tirer profit des expériences des personnes qualifiées dans le domaine des routes en particulier et des travaux publics en général.

Dans notre projet nous avons essayé d'opter pour un tracé en plan judicieux avec une ligne rouge qui respecte l'économie, la sécurité et le confort des usagers de la route tout en respectant les normes imposées par la B40.

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

Bibliographie

- B40 : Normes Techniques d'Aménagement des Routes.
- Documentation «DTP » (Mostaganem)
- Les cours de routes « 3ème année licence et 1^{ère} année master » de l'université d'Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem.
- Mémoire de fin d'étude, Etude du dédoublement RN 11 section Evitement de la ville KHADRA du PK 00+000 au PK 02+765, promotion 2021.
- Mémoire de fin d'étude, Etude de la deuxième rocade sud d'Oran section Belgaid-El Kerma Lot 2 du PK05+000 au PK09+000, promotion 2020.
- Mémoire de fin d'étude, Etude D'évitement D'Ain Nouissy Par La RN17 Sur 03 Km, promotion 2013.
- Mémoire de fin d'étude, Etude géométrique et géotechnique BOURI & TIDJEDIT (ING-VOA, Promo 2013).
- Etude géotechnique de la pénétrante à l'autoroute est-ouest section Mostaganem ; BAGHDALI.
- www.setra.fr
- <https://iste-editions.fr/products/les-essais-in-situ-en-geotechnique> ; L'auteur Ingénieur et directeur du bureau d'étude géotechnique Gaia Tech, Jacques Monnet a enseigné les essais in situ à Poly Tech' Grenoble.
- Définition d'essai équivalent de sable, Wikipédia.
- Définition d'essai de carbonate, Wikipédia.
- <https://fr.wikipedia.org/wiki/Mostaganem>

Annexes

Annexes

AXE EN PLAN : (PK 0+00 au PK 2+707)

ELEM	CARACTERISTIQUES	LONGUEUR	ABSCISSE	X	Y
			0	281556,427	4018002,49
DROI	GIS = 7,376g	97,437			
			97,437	281567,691	4018099,28
CLOT	A = 83,666				
	Rf= -250,000	28			
			125,437	281571,445	4018127,02
ARC	XC= 281817,762				
	YC= 4018084,266				
	R = -250,000	60,291			
			185,728	281588,784	4018184,61
CLOT	Rd= -250,000				
	A = 83,666	28			
			213,728	281600,97	4018209,82
DROI	GIS = 29,859g	12,83			
			226,558	281606,77	4018221,26
CLOT	A = 78,515				
	Rf= 250,000	24,659			
			251,216	281617,551	4018243,43
ARC	XC= 281389,249				
	YC= 4018345,305				
	R = 250,000	21,979			
			273,195	281625,614	4018263,87
CLOT	Rd= 250,000				
	A = 78,515	24,659			
			297,854	281632,875	4018287,44
DROI	GIS = 17,983g	49,408			
			347,262	281646,646	4018334,88
CLOT	A = 78,515				
	Rf= -250,000	24,659			
			371,92	281653,907	4018358,45
ARC	XC= 281890,272				
	YC= 4018277,014				
	R = -250,000	214,779			
			586,699	281797,567	4018509,19
CLOT	Rd= -250,000				
	A = 78,515	24,659			
			611,358	281820,753	4018517,58
DROI	GIS = 78,955g	157,615			
			768,973	281969,834	4018568,74
CLOT	A = 167,332				
	Rf= 500,000	56			
			824,973	282022,446	4018587,9
ARC	XC= 281833,937				

Annexes

	YC= 4019050,998				
	R = 500,000	56,832			
			881,805	282073,755	4018612,26
CLOT	Rd= 500,000				
	A = 167,332	56			
			937,805	282121,85	4018640,94
DROI	GIS = 64,589g	97,827			
			1035,632	282204,929	4018692,59
ARC	XC= 282791,412				
	YC= 4017749,271				
	R = -1110,769	146,762			
			1182,394	282334,315	4018761,63
DROI	GIS = 73,000g	56,707			
			1239,101	282385,998	4018784,97
CLOT	A = 83,666				
	Rf= 250,000	28			
			1267,101	282411,295	4018796,96
ARC	XC= 282295,825				
	YC= 4019018,697				
	R = 250,000	38,677			
			1305,779	282444,083	4018817,4
CLOT	Rd= 250,000				
	A = 83,666	28			
			1333,779	282465,99	4018834,84
DROI	GIS = 56,021g	115,438			
			1449,217	282554,96	4018908,39
ARC	XC= 283210,221				
	YC= 4018115,788				
	R = -1028,389	141,495			
			1590,712	282669,863	4018990,77
DROI	GIS = 64,780g	645,592			
			2236,304	283219,152	4019329,99
DROI	GIS = 165,883g	471,36			
			2707,664	283459,841	4018924,72
	LONGUEUR DE L'AXE	2707,664			

Annexes

PROFIL EN LONG : (PK 0+00 au PK 2+707)

ELEM	CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS	LONGUEUR	ABSCISSE	Z
			0	156,339
DROI	PENTE= -1,273 %	144,157		
			144,157	154,504
PARA	S= 45,7642 Z= 155,1301			
	R = -7730,78	119,903		
			264,061	152,048
DROI	PENTE= -2,824 %	88,121		
			352,182	149,56
PARA	S= 511,3988 Z= 147,3118			
	R = 5638,52	223,485		
			575,667	147,678
DROI	PENTE= 1,140 %	286,148		
			861,815	150,94
PARA	S= 944,3791 Z= 151,4102			
	R = -7243,69	151,892		
			1013,707	151,078
DROI	PENTE= -0,957 %	84,22		
			1097,927	150,272
PARA	S= 1177,1624 Z= 149,8932			
	R = 8278,85	130,11		
			1228,037	150,049
DROI	PENTE= 0,615 %	250,413		
			1478,45	151,588
PARA	S= 1526,5273 Z=151,7360			
	R = -7823,55	131,408		
			1609,858	151,292
DROI	PENTE= -1,065 %	73,244		
			1683,102	150,512
PARA	S= 1747,9980 Z=150,1665			
	R = 6092,76	83,795		
			1766,898	150,196
DROI	PENTE= 0,310 %	469,407		
			2236,304	151,652
DROI	PENTE= 2,423 %	31,894		
			2268,198	152,424
PARA	S= 2109,2648 Z= 150,4985			
	R = 6560,09	40,477		
			2308,675	153,529
DROI	PENTE= 3,040 %	84,511		
			2393,186	156,098

Annexes

PARA	S= 2125,4097 Z= 152,0284			
	R = 8809,16	63,16		
			2456,346	158,245
DROI	PENTE= 3,757 %	93,787		
			2550,133	161,768
PARA	S= 2867,6269 Z= 167,7316			
	R = -8451,31	106,539		
			2656,672	165,099
DROI	PENTE= 2,496 %	50,992		
			2707,664	166,372
LONGUEUR DE L'AXE		2707,664		

Annexes

TABULATION: (PK 0+00 au PK 2+236)

N°	ABSCISSE	COTE	COTE	X	Y	ANGLE	DEV	DEV
PROF	CURVILIGN	TN	PROJET	PROFIL	PROFIL	PROFIL	GAU	DRO
1	0	156,312	156,339	281556,427	4018002,49	107,376g	2,5	-2,5
2	25	156,475	156,02	281559,317	4018027,33	107,376g	0,52	-2,5
3	50	155,757	155,702	281562,207	4018052,16	107,376g	-1,59	-2,5
4	75	155,474	155,384	281565,097	4018076,99	107,376g	-3,69	-3,69
5	100	155,176	155,066	281567,987	4018101,82	107,406g	-5,8	-5,8
6	125	154,815	154,748	281571,371	4018126,59	110,830g	-5,52	-5,52
7	150	154,302	154,427	281576,827	4018150,98	117,196g	-3,41	-3,41
8	175	153,823	154,05	281584,69	4018174,7	123,562g	-1,3	-2,5
9	200	153,447	153,592	281594,82	4018197,54	129,002g	0,8	-2,5
10	225	153,623	153,052	281606,066	4018219,87	129,859g	2,5	-1,44
11	250	152,677	152,432	281617,053	4018242,32	127,021g	4,04	4,04
12	275	152,186	151,739	281626,196	4018265,58	120,679g	5,63	5,63
13	300	151,328	151,033	281633,473	4018289,5	117,983g	3,53	3,53
14	325	150,078	150,327	281640,441	4018313,51	117,983g	2,5	1,42
15	350	149,268	149,621	281647,41	4018337,51	118,021g	2,5	-0,69
16	375	148,795	148,962	281654,928	4018361,35	121,906g	2,21	-2,5
17	400	147,98	148,412	281664,524	4018384,43	128,273g	0,1	-2,5
18	425	146,805	147,974	281676,375	4018406,43	134,639g	-2,01	-2,5
19	450	145,498	147,646	281690,363	4018427,14	141,005g	-4,11	-4,11
20	475	145,817	147,429	281706,349	4018446,34	147,371g	-6,22	-6,22
21	500	145,791	147,323	281724,172	4018463,86	153,737g	-6,71	-6,71
22	525	146,699	147,328	281743,655	4018479,51	160,104g	-6,71	-6,71
23	550	147,475	147,444	281764,604	4018493,13	166,470g	-6,71	-6,71
24	575	147,925	147,671	281786,807	4018504,6	172,836g	-6,71	-6,71
25	600	147,974	147,955	281810,023	4018513,85	178,289g	-5,59	-5,59
26	625	147,918	148,24	281833,657	4018522	178,955g	-3,48	-3,48
27	650	148,198	148,525	281857,303	4018530,12	178,955g	-1,38	-2,5
28	675	148,501	148,81	281880,949	4018538,23	178,955g	0,73	-2,5
29	700	148,886	149,095	281904,596	4018546,35	178,955g	2,5	-2,5
30	725	149,275	149,38	281928,242	4018554,46	178,955g	2,5	-2,5
31	750	149,57	149,665	281951,889	4018562,58	178,955g	2,5	-2,07
32	775	149,914	149,95	281975,535	4018570,69	178,914g	2,5	-0,28
33	800	150,143	150,235	281999,123	4018578,97	177,860g	2,5	1,51
34	825	150,236	150,52	282022,471	4018587,91	175,386g	3,29	3,29
35	850	151,143	150,805	282045,381	4018597,91	172,203g	3,29	3,29
36	875	151,264	151,078	282067,762	4018609,04	169,020g	3,29	3,29
37	900	151,326	151,274	282089,576	4018621,25	166,213g	2,5	1,99
38	925	151,314	151,384	282110,968	4018634,19	164,775g	2,5	0,2
39	950	151,377	151,408	282132,206	4018647,37	164,589g	2,5	-1,58
40	975	151,555	151,345	282153,437	4018660,57	164,589g	2,5	-2,5
41	1000	151,407	151,197	282174,668	4018673,77	164,589g	2,5	-2,5
42	1025	151,467	150,97	282195,9	4018686,97	164,589g	2,5	-2,5
43	1050	151,139	150,731	282217,179	4018700,1	165,412g	2,5	-2,5
44	1075	150,864	150,492	282238,723	4018712,78	166,845g	2,5	-2,5
45	1086,844	151,482	150,378	282249,028	4018718,62	167,524g	2,5	-2,5
46	1091,927	151,53	150,33	282253,469	4018721,09	167,815g	2,5	-2,5
47	1100	150,959	150,253	282260,547	4018724,97	168,278g	2,5	-2,5

Annexes

48	1125	149,633	150,057	282282,639	4018736,67	169,711g	2,5	-2,5
49	1150	143,015	149,938	282304,99	4018747,87	171,143g	2,5	-2,5
50	1175	149,121	149,893	282327,586	4018758,57	172,576g	2,5	-1,05
51	1200	150,175	149,925	282350,361	4018768,88	173,000g	2,5	1,06
52	1225	151,17	150,031	282373,146	4018779,16	173,000g	3,16	3,16
53	1250	151,898	150,184	282395,919	4018789,48	172,460g	5,27	5,27
54	1275	152,568	150,338	282418,242	4018800,72	167,424g	6,71	6,71
55	1300	152,576	150,492	282439,391	4018814,03	161,057g	6,71	6,71
56	1325	152,373	150,645	282459,214	4018829,25	156,371g	5,09	5,09
57	1350	152,249	150,799	282478,492	4018845,17	156,021g	2,98	2,98
58	1375	151,292	150,953	282497,76	4018861,1	156,021g	2,5	0,88
59	1400	149,441	151,106	282517,028	4018877,03	156,021g	2,5	-1,23
60	1425	149,498	151,26	282536,296	4018892,96	156,021g	2,5	-2,5
61	1450	150,167	151,413	282555,564	4018908,89	156,069g	2,5	-2,5
62	1475	151,843	151,567	282575,036	4018924,57	157,617g	2,5	-2,5
63	1500	152,194	151,691	282594,883	4018939,77	159,165g	2,5	-2,5
64	1525	152,592	151,736	282615,094	4018954,48	160,712g	2,5	-2,5
65	1550	152,681	151,701	282635,656	4018968,7	162,260g	2,5	-2,5
66	1575	152,966	151,586	282656,558	4018982,41	163,807g	2,5	-2,5
67	1600	152,764	151,391	282677,765	4018995,65	164,780g	2,5	-2,5
68	1625	152,775	151,131	282699,036	4019008,79	164,780g	2,5	-2,5
69	1650	152,746	150,865	282720,307	4019021,92	164,780g	2,5	-2,5
70	1675	152,603	150,598	282741,577	4019035,06	164,780g	2,5	-2,5
71	1700	152,214	150,355	282762,848	4019048,2	164,780g	2,5	-2,5
72	1717,385	152,276	150,243	282777,64	4019057,33	164,780g	2,5	-2,5
73	1725	152,066	150,21	282784,119	4019061,33	164,780g	2,5	-2,5
74	1750	151,894	150,167	282805,39	4019074,47	164,780g	2,5	-2,5
75	1775	152,084	150,221	282826,66	4019087,6	164,780g	2,5	-2,5
76	1800	152,311	150,298	282847,931	4019100,74	164,780g	2,5	-2,5
77	1825	151,794	150,376	282869,202	4019113,88	164,780g	2,5	-2,5
78	1850	151,618	150,454	282890,473	4019127,01	164,780g	2,5	-2,5
79	1875	151,522	150,531	282911,743	4019140,15	164,780g	2,5	-2,5
80	1900	151,049	150,609	282933,014	4019153,28	164,780g	2,5	-2,5
81	1925	150,572	150,686	282954,285	4019166,42	164,780g	2,5	-2,5
82	1950	150,306	150,764	282975,556	4019179,56	164,780g	2,5	-2,5
83	1975	150,532	150,841	282996,826	4019192,69	164,780g	2,5	-2,5
84	2000	150,559	150,919	283018,097	4019205,83	164,780g	2,5	-2,5
85	2025	150,291	150,996	283039,368	4019218,96	164,780g	2,5	-2,5
86	2050	150,697	151,074	283060,639	4019232,1	164,780g	2,5	-2,5
87	2075	150,73	151,152	283081,909	4019245,24	164,780g	2,5	-2,5
88	2100	148,842	151,229	283103,18	4019258,37	164,780g	2,5	-2,5
89	2115,07	145,955	151,276	283116,002	4019266,29	164,780g	2,5	-2,5
90	2125	146,123	151,307	283124,451	4019271,51	164,780g	2,5	-2,5
91	2150	147,359	151,384	283145,721	4019284,64	164,780g	2,5	-2,5
92	2175	151,131	151,462	283166,992	4019297,78	164,780g	2,5	-2,5
93	2200	151,348	151,539	283188,263	4019310,92	164,780g	2,5	-2,5
94	2225	150,261	151,617	283209,534	4019324,05	164,780g	2,5	-2,5
95	2236,304	151,565	151,652	283219,152	4019329,99	164,780g	2,5	-2,5
96	2261,304	152,186	152,257	283231,918	4019308,5	265,883g	2,5	-2,5
97	2286,304	152,789	152,887	283244,683	4019287	265,883g	2,5	-2,5
98	2311,304	153,568	153,609	283257,449	4019265,51	265,883g	2,5	-2,5

Annexes

99	2336,304	154,369	154,369	283270,215	4019244,01	265,883g	2,5	-2,5
100	2361,304	155,09	155,129	283282,98	4019222,52	265,883g	2,5	-2,5
101	2386,304	155,758	155,889	283295,746	4019201,02	265,883g	2,5	-2,5
102	2411,304	156,457	156,668	283308,512	4019179,53	265,883g	2,5	-2,5
103	2436,304	157,412	157,514	283321,277	4019158,03	265,883g	2,5	-2,5
104	2461,304	158,294	158,431	283334,043	4019136,54	265,883g	2,5	-2,5
105	2486,304	159,207	159,37	283346,809	4019115,04	265,883g	2,5	-2,5
106	2511,304	160,188	160,309	283359,574	4019093,55	265,883g	2,5	-2,5
107	2536,304	161,171	161,248	283372,34	4019072,05	265,883g	2,5	-2,5
108	2561,304	162,023	162,18	283385,106	4019050,56	265,883g	2,5	-2,5
109	2586,304	162,749	163,049	283397,871	4019029,06	265,883g	2,5	-2,5
110	2611,304	163,619	163,845	283410,637	4019007,57	265,883g	2,5	-2,5
111	2636,304	164,435	164,566	283423,403	4018986,07	265,883g	2,5	-2,5
112	2661,304	165,014	165,214	283436,169	4018964,58	265,883g	2,5	-2,5
113	2686,304	165,584	165,838	283448,934	4018943,08	265,883g	2,5	-2,5
114	2707,664	166,265	166,372	283459,841	4018924,72	265,883g	2,5	-2,5

Annexes

TERRASSEMENT: (PK 0+00 au PK 2+707)

N°	ABSCISSE	REMBLAI	DEBLAI	DECAPAGE
PROF	CURVILIGN	VOLUME	VOLUME	SECTION
1	0	0	197,9	258,5
2	25	0,4	595	731
3	50	0,3	326,7	634,5
4	75	1,7	317,7	636
5	100	10,6	343,3	643
6	125	16,1	315	640,5
7	150	18,5	201,5	631,5
8	175	7,9	129,2	619,5
9	200	0,3	226,3	627,5
10	225	0,3	628,3	592,5
11	250	0,3	408	623
12	275	3,7	528,4	717
13	300	0,5	434,2	714,5
14	325	7,7	110	618,5
15	350	0	39,1	521,5
16	375	4,5	178,7	665
17	400	27,4	18,1	530
18	425	453,6	0	589
19	450	1147,4	0	765
20	475	843,9	0,5	665,5
21	500	830,4	8,1	641,5
22	525	246,3	126,9	671
23	550	51,1	337,5	660,5
24	575	11,7	454,2	653,5
25	600	24,7	299,8	645
26	625	62,3	110,1	634,5
27	650	37,3	71,8	621
28	675	0,7	95,6	613
29	700	0,3	184,9	609
30	725	1,9	249,5	682,5
31	750	0,3	224,3	612,5
32	775	0,3	236,3	612
33	800	1,6	166,7	604
34	825	0	64,8	515
35	850	2,8	413,4	704,5
36	875	3,1	338,5	698,5
37	900	2	230,3	600
38	925	2,3	186,3	602
39	950	2,6	270,9	693
40	975	0,5	471,6	721
41	1000	0,5	470	720,5
42	1025	0,5	665,7	740,5

Annexes

43	1050	0,5	579,5	730
44	1075	1,8	428,7	536,5
45	1086,844	0	381,5	134
46	1091,927	0	330,5	97,5
47	1100	0,3	597,6	504,5
48	1125	131,9	216,6	675
49	1150	3793,4	0	927,5
50	1175	189,5	0,4	553
51	1200	0,5	429,7	718,5
52	1225	0,5	1030,3	770,5
53	1250	0,5	1495,2	811,5
54	1275	0,5	1930,2	858,5
55	1300	0,5	1847,4	853
56	1325	0,5	1511,7	818
57	1350	0,5	1293,2	796,5
58	1375	0,3	465,9	634,5
59	1400	697,8	0	609
60	1425	782,1	0	630,5
61	1450	511,6	0	604
62	1475	0,2	386,9	674,5
63	1500	0,5	693,2	743
64	1525	0,5	902,2	759,5
65	1550	0,5	1071,9	786,5
66	1575	0,5	1315,9	797
67	1600	0,5	1333,1	805
68	1625	0	1576,9	816,5
69	1650	0,5	1774,8	844,5
70	1675	0,5	1843,6	849
71	1700	0,4	1532	725
72	1717,385	0,2	1012,6	189,5
73	1725	0	1188,9	547
74	1750	0,5	1676,2	843,5
75	1775	0,5	1770,6	852,5
76	1800	0,5	1860,7	848,5
77	1825	0,5	1397,8	813,5
78	1850	0,5	1211,2	799
79	1875	0,5	1050,3	780
80	1900	0,5	656,8	743,5
81	1925	2,5	249,8	644,5
82	1950	63,8	122,2	641,5
83	1975	41,3	180,7	650,5
84	2000	53,9	168,6	649
85	2025	137	68,1	637
86	2050	2,2	35,5	524
87	2075	24,9	30,1	528,5
88	2100	1112,1	0	527

Annexes

89	2115,07	1341	0	347,5
90	2125	2583,7	0	622
91	2150	2286,3	0	760
92	2175	0,3	147,7	620
93	2200	0,3	202,1	629
94	2225	331,8	0,7	420,5
95	2236,304	22,4	94,1	212,5
96	2261,304	5,7	97,4	470,5
97	2286,304	0,8	161,4	467,5
98	2311,304	1,4	244	573
99	2336,304	1	302,4	577,5
100	2361,304	14,6	225,7	508,5
101	2386,304	0,5	216,3	574
102	2411,304	2,8	167,3	570
103	2436,304	0,3	156,3	487
104	2461,304	3	102,3	480
105	2486,304	0	46,2	402,5
106	2511,304	10,1	58,2	407,5
107	2536,304	13,9	62,5	408
108	2561,304	3,2	90,6	484,5
109	2586,304	0	45	399,5
110	2611,304	0,3	133,9	464
111	2636,304	1,3	122,7	420,5
112	2661,304	1,6	324,2	561
113	2686,304	3,2	154,8	486,5
114	2707,664	0	104,6	104,5
TOT		18016	51585	70420

Annexes

CHAUSSEE : (PK 0+00 au PK 2+707)

N°	ABSCISSE	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME	VOLUME
PROF	CURVILIGN	GC	GB	BB	ACCOTE	T,P,C,
1	0	46,6	31,1	11,7	17,5	12,7
2	25	123,7	79	23,4	62,8	25,8
3	50	123,6	79	23,4	49,9	26
4	75	123,6	79	23,4	52,5	26
5	100	123,6	79	23,4	54,6	26
6	125	123,6	79	23,4	53,9	26
7	150	123,6	79	23,4	52	26
8	175	123,6	79	23,4	51,7	26
9	200	123,7	79	23,4	49,6	25,7
10	225	123,7	79	23,4	63,7	25,5
11	250	123,6	79	23,4	46,7	26
12	275	123,6	79	23,4	60,9	26
13	300	123,6	79	23,4	60,2	26
14	325	123,6	79	23,4	52,1	26
15	350	123,7	79	23,4	34,5	25,7
16	375	123,8	79	23,4	64,5	25,4
17	400	123,7	79	23,4	37,5	26
18	425	123,6	79	23,4	41,8	26
19	450	123,6	79	23,4	41,6	26
20	475	123,6	79	23,4	38,8	26
21	500	123,6	79	23,4	31,3	26
22	525	123,6	79	23,4	54,7	26
23	550	123,6	79	23,4	54,7	26
24	575	123,6	79	23,4	54,7	26
25	600	123,6	79	23,4	54,2	26
26	625	123,6	79	23,4	52,7	26
27	650	123,6	79	23,4	52,4	26
28	675	123,7	79	23,4	51,6	25,7
29	700	123,8	79	23,4	46,1	25,4
30	725	123,8	79	23,4	64,9	25,4
31	750	123,8	79	23,4	46,5	25,4
32	775	123,7	79	23,4	43,6	25,9
33	800	123,6	79	23,4	42,3	26
34	825	123,6	79	23,4	29,3	26
35	850	123,6	79	23,4	60	26
36	875	123,6	79	23,4	60	26
37	900	123,6	79	23,4	46,3	26
38	925	123,7	79	23,4	47,7	26
39	950	123,8	79	23,4	63,9	25,5
40	975	123,8	79	23,4	64,9	25,4
41	1000	123,8	79	23,4	64,9	25,4
42	1025	123,8	79	23,4	64,9	25,4

Annexes

43	1050	123,8	79	23,4	64,9	25,4
44	1075	91,2	58,2	17,2	47,8	18,7
45	1086,844	41,9	26,7	7,9	22	8,6
46	1091,927	32,6	20,8	6,2	17,1	6,7
47	1100	81,9	52,2	15,5	42,9	16,8
48	1125	123,8	79	23,4	54,6	25,4
49	1150	123,8	79	23,4	44,6	25,4
50	1175	123,7	79	23,4	41,9	25,6
51	1200	123,6	79	23,4	61,2	26
52	1225	123,6	79	23,4	60,1	26
53	1250	123,6	79	23,4	60,9	26
54	1275	123,6	79	23,4	61,2	26
55	1300	123,6	79	23,4	61,2	26
56	1325	123,6	79	23,4	60,9	26
57	1350	123,6	79	23,4	60	26
58	1375	123,6	79	23,4	46,5	26
59	1400	123,7	79	23,4	43,8	25,6
60	1425	123,8	79	23,4	44,6	25,4
61	1450	123,8	79	23,4	44,2	25,4
62	1475	123,8	79	23,4	64,9	25,4
63	1500	123,8	79	23,4	64,9	25,4
64	1525	123,8	79	23,4	64,9	25,4
65	1550	123,8	79	23,4	64,9	25,4
66	1575	123,8	79	23,4	64,9	25,4
67	1600	123,8	79	23,4	64,9	25,4
68	1625	123,8	79	23,4	64,9	25,4
69	1650	123,8	79	23,4	64,9	25,4
70	1675	123,8	79	23,4	64,9	25,4
71	1700	104,9	66,9	19,8	55	21,5
72	1717,385	61,9	39,5	11,7	32,4	12,7
73	1725	80,7	51,5	15,3	42,3	16,6
74	1750	123,8	79	23,4	64,9	25,4
75	1775	123,8	79	23,4	64,9	25,4
76	1800	123,8	79	23,4	64,9	25,4
77	1825	123,8	79	23,4	64,9	25,4
78	1850	123,8	79	23,4	64,9	25,4
79	1875	123,8	79	23,4	64,9	25,4
80	1900	123,8	79	23,4	64,9	25,4
81	1925	123,8	79	23,4	54,2	25,4
82	1950	123,8	79	23,4	54,7	25,4
83	1975	123,8	79	23,4	54,7	25,4
84	2000	123,8	79	23,4	54,7	25,4
85	2025	123,8	79	23,4	54,7	25,4
86	2050	123,8	79	23,4	35	25,4
87	2075	123,8	79	23,4	35,8	25,4
88	2100	99,2	63,3	18,8	35,7	20,3

Annexes

89	2115,07	61,9	39,5	11,7	22,3	12,7
90	2125	86,5	55,2	16,3	31,2	17,7
91	2150	123,8	79	23,4	44,6	25,4
92	2175	123,8	79	23,4	49,5	25,4
93	2200	123,8	79	23,4	52,7	25,4
94	2225	89,9	57,3	17	29,8	18,4
95	2236,304	58	41,5	17	28,6	1,6
96	2261,304	98,4	63,8	23,3	54,5	1,6
97	2286,304	98	63,8	23,4	46	2,9
98	2311,304	98,5	63,8	23,4	64,9	0,5
99	2336,304	98,8	64	23,4	64,9	0
100	2361,304	98,9	64	23,4	54,4	0,5
101	2386,304	100,2	66,2	23,4	64,9	4,6
102	2411,304	101,6	71,5	23,4	64,9	8,5
103	2436,304	102,2	66,5	23,4	49,5	3,2
104	2461,304	101,1	67,9	23,4	53,2	4,8
105	2486,304	101,6	70,5	23,4	37,9	6,2
106	2511,304	101,3	67,7	23,4	37,6	4
107	2536,304	101,4	65,6	23,4	38,5	1,9
108	2561,304	102,3	70,4	23,4	53,1	5,9
109	2586,304	103,5	78,8	23,4	34,8	13
110	2611,304	95,1	73	23,4	48,3	9,3
111	2636,304	89,4	61	23,4	49	4,6
112	2661,304	89,6	68,9	23,4	64,9	8
113	2686,304	81,3	69,2	21,7	60,1	9,9
114	2707,664	21,9	15,5	10	27,7	1,4
TOT		12867	8310	2534	5854	2381