



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research

جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم

Abdelhamid Ibn Badis University of Mostaganem

كلية العلوم و التكنولوجيا

Faculty of Science and Technology

قسم الهندسة المدنية

Department of Civil Engineering



N° d'ordre : M...../GCA/2021

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Travaux publics

Spécialité : Voiries et Ouvrages d'Arts (VOA)

Thème

Etude du dédoublement RN 11 section

Evitement de la ville KHADRA du PK 00+000 au PK 02+765

Présenté par :

-ALI PACHA BAGHDAD.

-BENMILOUD ABDERRAHMANE.

Soutenu le 06 /07/ 2021 devant le jury composé de :

Président : M^r TALIA Ahmed MAA UMAB Mostaganem

Examineur : M^r ROUAM Serik Mohamed MAA UMAB Mostaganem

Encadrant : M^r MEBROUKI Abdelkader Professeur UMAB Mostaganem

Année Universitaire : 2020 / 2021

DÉDICACE

Du fond de nos cœurs, on dédie ce travail à tous ceux qui nous sont chers.

A tout les grandes familles d'**ALI PACHA** et **BENMILOUD**

Et toute qu'a une relation avec elles
soit proche ou lointain.

Pour leurs patiences, leurs amours,
leurs soutiens et leurs encouragements.

Sans oublier tous les enseignants qui ont contribué à notre soutien
universitaire.

M.ALI PACHA BAGHDAD

M.BENMILOUD ABDERRAHMANE

REMERCIEMENTS

Nous tenons à exprimer nos plus vifs remerciements au docteur **M.A. MABRAUKI** car Il a dirigé notre travail avec beaucoup de patience et de compétence.

Ses qualités humaines et ses remarques nous ont été précieuses.

Nous tenons a remercie les membres de jury d'avoir accepté de juger ce Modeste travail.

Résumé

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

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

Ce projet présente une étude Géotechnique et géométrique du dédoublement de RN 11 section. « Évitement de la ville Khadra » du (PK291+300 au PK293+375) sur 2765.00m

Cette étude se compose de deux parties :

- La première partie : définition de la route RN11 et du rôle économique, sociale, touristique et quelle joue à travers de la wilaya Mostaganem et la commune de Khadra
- La deuxième partie : étude géométrique et géotechnique d'évitement la ville de Khadra

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

Summary

Our graduation project falls into the field of transport infrastructure, and in particular roads.

The road is considered an efficient 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 doubling of RN 11 section.

"Avoidance of the city of Khadra" from (PK291 + 300 to PK293 + 375) over 2765.00m

This study consists of two parts:

- The first part: definition of the RN11 road and of the economic, social, tourist role and what plays through the wilaya Mostaganem and the municipality of Khadra.
- The second part: geometric and geotechnical avoidance study of the city of Khadra

KEYWORDS: national road (RN11), communal road (cc), environment, traffic, reference speed, kinematics, cant, plan track, clothiod, excavation, backfill.

ملخص

يقع مشروع التخرج لدينا في مجال البنية التحتية للنقل ، وخاصة الطرق. يعتبر الطريق عنصرا فعالا يربط بين مختلف مناطق الدولة ويساهم في تنميتها من خلال الأنشطة الاقتصادية والتجارية المختلفة. يقدم هذا المشروع دراسة جيوتقنية وهندسية لإزدواجية الطريق الوطني رقم 11 مقطع طريق إجتنابي مدينة خضرة من (الحجرة الكيلومترية 291 + 300 إلى الحجرة الكيلومترية 293 + 375) على طول 2765.00 م تتكون هذه الدراسة من جزئين:

- الجزء الأول: تعريف الطريق RN11 والدور الاقتصادي والاجتماعي والسياحي الذي يلعبه في ولاية مستغانم وبلدية خضرة خاصة.
- الجزء الثاني: دراسة تفادي هندسية وجيوتقنية لمدينة الخضرة

الكلمات الرئيسية: الطريق الوطني رقم 11 ، الطريق البلدي ، البيئة ، المرور ، السرعة المرجعية ، الحركية ، الميل ، المخطط العلوي، كلوטיيد ، الحفر ، الردم.

| | |
|---|----|
| <u>Sommaire</u> | |
| Dédicace | |
| Remerciements | |
| Résumé | |
| sommaire | |
| Liste des tableaux | |
| Liste des figures | |
| Introduction générale | |
| I | |
| Chapitre I : Présentation du projet : | |
| I.1. Généralité sur la wilaya de Mostaganem | 01 |
| I.2. Présentation du projet | 03 |
| I.3. Justification du projet | 04 |
| I.4. Objectif du projet | 04 |
| Chapitre II : Normes géométriques et données de base : | |
| II.1. Généralités | 06 |
| II.2. Environnement de la route | 06 |
| II.5. Catégorie de la route | 12 |
| II.6. La vitesse de référence | 12 |
| Chapitre III : Etude du trafic : | |
| III.1. Généralités | 14 |
| III.2. Analyse du trafic | 14 |
| III.3. Différents types de trafics | 14 |
| III.5. Calcul de la capacité | 15 |
| III.5. Calcul du trafic effectif | 16 |
| III.5. Débit de pointe horaire normal | 17 |
| III.5. Débit horaire admissible | 17 |
| III.6. Application au projet | 19 |
| Chapitre IV : Paramètre cinématique : | |
| IV.1. Distance de freinage | 23 |
| IV.2. Temps de réaction | 24 |
| IV.3. Distance d'arrêt | 25 |
| IV.4. Manœuvre de dépassement | 26 |
| IV.5. Espacement entre deux véhicules | 27 |
| IV.6. Application au projet | 27 |
| Chapitre V : Tracé en plan : | |
| V.1. Introduction | 29 |
| V.2. La vitesse de référence (de base) | 29 |
| V.3. Paramètres fondamentaux . | 36 |
| V.8. Les éléments du tracé en plan | 42 |

| | |
|--|----|
| V.8. Courbes en plan | 42 |
| APPLICATION A NOTRE PROJET | 47 |
| 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 | 55 |
| VI.8. Exemple de calcul du profil en long | 58 |
| Chapitre VII : Profil en travers : | |
| VII.1. Généralités | 61 |
| VII.2. Les éléments du profil en travers | 61 |
| VII.3. Classification du profil en travers | 63 |
| Application numérique au projet | 63 |
| Chapitre : VIII Cubature : | |
| VIII.1. Généralités | 64 |
| VIII.2. Définition | 64 |
| VIII.3. Méthode de calcul des cubatures | 64 |
| Application au projet | 67 |
| Chapitre IX Dimensionnement de corps de chaussée | |
| IX.1. Introduction | 70 |
| IX.2. La chaussée | 71 |
| IX.3. Les différentes catégories de chaussée | 71 |
| IX.4. Les différents types de chaussée | 72 |
| IX.5. Méthodes de dimensionnement | 74 |
| Application numérique | 77 |
| IX.6.conclusion | 80 |
| Chapitre X : Etude géotechnique : | |
| X.1Introduction | 81 |
| X.2 Les essais en géotechnique | 81 |
| X.3. Résultats de la reconnaissance de notre tronçon | 87 |
| X.4.conclusion | 88 |
| Chapitre XI : Assainissement et hydraulique : | |
| XI.1. Généralités | 89 |
| XI.2. Types de dégradation | 89 |
| XI.3. Types de canalisations | 90 |
| XI.4. Objectif de l'assainissement | 90 |
| XI.4. Définitions des termes hydrauliques | 90 |
| XI.5.conclusion | 92 |
| Chapitre XII : Signalisation et l'éclairage publics | |
| XII.1.1 Signalisation | 93 |

| | |
|---|-----|
| XII.1.2 rôle de signalisation routière | 93 |
| XII.1.3. Catégories de signalisation | 93 |
| XII.1.4. Règles à respecter pour la signalisation | 93 |
| XII.1.5 type de signalisation | 94 |
| Application au projet | 94 |
| XII.2.1. Catégorie d'éclairage | 97 |
| XII.2.2. Paramètres d'implantation des luminaires | 97 |
| XII.2.3. Eclairage d'un point singulier | 98 |
| Application au projet | 99 |
| Chapitre XIII : Aménagement des carrefours et l'implantation | |
| XIII.1. Généralités | 100 |
| XIII.3. Principe généraux d'aménagement d'un carrefour | 100 |
| XIII.2. IMPLANTATION | 104 |
| XIV. Impacts sur l'environnement | |
| XIV.1. Impacts du projet sur l'environnement | 106 |
| XIV.2. Mesures d'atténuation | 106 |
| Chapitre XIV: DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF : | |
| XIV. Devis quantitatif et estimatif | 108 |
| Conclusion | 112 |
| Références | 113 |
| Annexes | 114 |

Liste des figures :

| | |
|--|----|
| Figure I. 1 : carte géographique de la wilaya de Mostaganem. | 1 |
| Figure I. 2 : carte du réseau routier de la wilaya de Mostaganem. | 2 |
| Figure I. 3 : Tracé globale dédoublement Mostaganem – Limite de Chlef. | 3 |
| Figure I. 4 : tracé de notre section étudié - évitement khadra . | 7 |
| Figure IV. 1 : Schéma de la distance de freinage. | 10 |
| Figure IV. 2: Temps de réactions. | 25 |
| Figure IV. 3 : Distance d'arrêt. | 26 |
| Figure IV. 4 : Espacement entre véhicule. | 27 |
| Figure V. 1 : Éléments du tracé en plan. | 30 |
| Figure V. 2 : Stabilité en courbe. | 31 |
| Figure V. 2 : Sur-largueur en virage | 32 |
| Figure V. 3: Clothoïde. | 38 |
| Figure V. 4: Raccordement progressif. | 39 |
| Figure V. 5: Condition de gauchissement. | 41 |
| Figure V. 6: Clothoïde sans arc de cercle. | 41 |
| Figure V. 7 : Clothoïde avec un arc de cercle. | 42 |
| Figure V. 8 : Clothoïde impossible. | 42 |
| Figure V. 9 : Courbe en S. | 42 |
| Figure V. 10 : Courbe à sommet. | 43 |
| Figure V. 11: Courbe en C. | 43 |
| Figure V. 12 : Courbe en oval. | 44 |
| Figure V. 13 : Détermination de l'angle au centre. | 45 |
| Figure VI. 1 : Raccordement convexe et concave. | 52 |
| Figure VI. 2 : Visibilité entre véhicules. | 53 |
| Figure VI. 3 : Détermination du profil en long | 56 |
| Figure VI 4 : Exemple Du Calcul Du Profil En Long | 58 |
| Figure VII. 1 : Éléments du profil en travers | 61 |
| Figure VIII. 1 : Volume déblai, remblai. | 65 |
| Figure VIII. 2 : Calcul volume déblai - Remblai. | 65 |
| Figure IX. 1: Structure de la chaussée sous trafic | 70 |
| Figure IX. 2: Les différentes Couches De Chaussée. | 72 |
| Figure IX. 3 : structure type d'une chaussée souple. | 73 |

| | |
|--|-----|
| | |
| Figure IX. 4: structure type d'une chaussée semi-rigide. | 73 |
| Figure IX. 5: Les différents types de chaussée. | 74 |
| Figure IX.6 : Méthode de dimensionnement | 74 |
| Figure IX.7 : carte climatique de l'Algérie. | 77 |
| Figure I X. 8: catalogue de CTTP | 79 |
| Figure X. 1: Matériels de l'analyse granulométrique | 81 |
| Figure X. 2: Essai d'équivalent de sable | 82 |
| Figure X. 3: Matériels pour mesurer la limite d'Atterberg | 83 |
| Figure X. 4. : Matériels d'essai Proctor | 83 |
| Figure X. 5: PRESSE CBR | 85 |
| Figure X. 6 : Matériels d'essai Los Angeles. | 86 |
| Figure X.7 : Matériels d'essai Micro Deval | 87 |
| Figure XII.1 : Paramètres de l'implantation des luminaires | 98 |
| Figure XIII.1. 1: Principaux types de carrefours | 101 |
| Figure XIII. 1.2 : Triangle de visibilité | 102 |
| Figure XIII.2. 1: Implantation partie circulaire | 104 |
| Figure XIII. 2.2 : Méthode d'implantation | 105 |

Liste des tableaux

| | |
|---|-----|
| Tableau II. 1 : Dénivelé de chaque profil | 7 |
| Tableau II. 2 : Détermination de la nature des terrains. | 10 |
| Tableau II. 3 : Détermination de la sinuosité. | 11 |
| Tableau II. 4 : Environnement de la route. | 11 |
| Tableau II. 5 : Vitesses de référence (Km/h). | 13 |
| Tableau III. 6: Coefficient d'équivalence « P ». | 17 |
| Tableau III. 7: Valeurs du coefficient K1. | 18 |
| Tableau III. 8: Valeur coefficient K2 | 18 |
| Tableau III. 9: Capacité théorique $C_{th.}$. | 18 |
| Tableau III. 10 : Résultats de calcul de capacité. | 22 |
| Tableau IV. 1 : Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40. | 24 |
| Tableau IV. 2 : Valeurs du temps de perception réaction (t) en fonction de E, CAT et Vr. | 25 |
| Tableau IV. 3 : Lois de la distance d'arrêt. | 26 |
| Tableau IV. 4 : Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse. | 27 |
| Tableau V. 1 : Devers en fonction de l'environnement. | 34 |
| Tableau V. 2 : Dévers [Normes B40] | 35 |
| Tableau V. 3: Valeur du coefficient f_t | 35 |
| Tableau V. 4 : Valeur du coefficient « F'' » | 36 |
| Tableau V. 5 : Rayon en plan et dévers associés (B40). | 36 |
| Tableau V. 6 : Coordonnées des points aux sommets. | 45 |
| Tableau V. 7 : Les valeurs des gisements, distances et des angles au centre | 46 |
| Tableau V. 8 : Vérification de non gauchissement. | 47 |
| Tableau VI. 1 : Valeurs de déclivité maximale [Normes B40] | 52 |
| Tableau VI. 2 : Rayons convexes (angle saillant) [Normes B40] | 54 |
| Tableau VI. 3 : Rayons concaves (angle rentrant).B40 | 55 |
| Tableau VI. 4 : Exemple de calcul. | 58 |
| Tableau VI. 5 : Valeurs des coordonnées, les pentes, les rayons, la tangente et la flèche. | 60 |
| Tableau VIII. 1 : cubatures déblai-remblai par profil « variante choisie » | 67 |
| Tableau VIII. 2 ; Résultats des terrassements | 69 |
| Tableau IX.1 : Coefficients d'équivalence pour chaque matériau. | 75 |
| Tableau IX. 2: La classe de trafic | 76 |
| Tableau IX. 3: Classement de sol support | 76 |
| Tableau IX. 4 : proposition de structure | 78 |
| Tableau IX. 5: Détermination du type de réseau | 78 |
| Tableau IX. 6 : Résultats de calcul de dimensionnement du corps de chaussée | 80 |
| Tableau XI. 1 : Les ouvrages busés | 92 |
| Tableau XIII. 1.1 : Valeurs de base | 103 |
| Tableau XIV. 1 présente le devis estimatif et quantitatif du tronçon étudié. Les pris présentés sont actualisés à l'année 2021. | 109 |

INTRODUCTION GENERALE

L'évitement sud de la ville de KHADRA a comme rôle principal d'assurer la liaison entre les différentes communes de la ville et faciliter la circulation de poids lourds vers CHLEF.

Cette ville à vocations principales agriculture et de pêche, ne cesse de se développer, surtout dans le domaine du tourisme.

Elle constitue l'une des dernières villes limites entre les wilayas de Mostaganem et de Chlef. La route existante se retrouve presque saturée, surtout en période estivale avec la venue de touristes et de visiteurs pas de la wilaya de Mostaganem seulement mais de toutes les wilayas du pays.

L'évitement de la ville de Khadra est nécessaire et constitue une solution nécessaire pour ceux qui veulent joindre les villes voisines ou joindre la wilaya de Chlef. Ce qui va désengorger la ville des nombreux véhicules, surtout les poids lourds.

L'objectif principal du présent travail est de mener une étude pratique afin de remettre en état l'évitement proprement dit, et de revoir ses caractéristiques soient du point de vue tracé, gabarit, structure, protection contre tout danger qui peut mettre en cause cette structure. Ainsi, l'étude est conçue dont le but est d'améliorer l'aménagement de telle sorte à augmenter le niveau de service et la sécurité des usagers.

L'étude est composée de 14 chapitres :

Le chapitre 1 concerne la présentation du projet, situation de la ville de Khadra et son importance par rapport aux autres villes de la wilaya ainsi que l'importance du projet entamé.

Le chapitre 2 : Normes géométriques et données de base, donne un rappel sur les normes géométriques qui constituent la route, les différentes informations nécessaires pour commencer une étude de route ainsi que les principales données de base qui caractérisent l'étude.

Le chapitre 3 concerné l'étude du trafic, qui justifie l'inscription du projet, puisque l'augmentation du trafic a participé à la saturation des routes existantes.

Le chapitre 4 : paramètres cinématiques, présentent les paramètres fondamentaux d'un projet de dédoublement qui se dé terminent en fonction de l'environnement, de la catégorie de la route et de la vitesse de référence.

Le chapitre 5 donne le tracé en plan, qui est une projection de la route et de ses dépendances sur un plan horizontal. Ce plan est en général une carte topographique ou un plan de situation, Il est constitué d'une succession d'alignements droits et de courbes.

Les chapitres 6 et 7 présentent le profil en long et le profil en travers respectivement. Il s'agit de coupes longitudinales et transversales du tronçon routier étudié.

Le chapitre 8 concerne les cubatures et les mouvements des terres (remblais et déblais) qui concernent l'exécution du projet.

Le chapitre 9 présente les notions du dimensionnement du corps de chaussée et leurs applications au cas de notre projet.

Les chapitres 10 donne les principales définitions et modes opératoires des essais qui concernent le sol s'assise de la route et aussi quelques résultats de l'étude géotechnique effectuée sur quelques échantillons de notre tronçon.

Les chapitres 11, 12 et 13 présentent les notions générales et les définitions qui concernent l'assainissement routier, la signalisation , l'aménagement des carrefour et l'implantations.

Le dernier chapitre 14 traite les devis quantitatifs et estimatifs du tronçon étudié.

A la fin, une conclusion générale termine l'étude du projet.

Chapitre I :

Présentation du projet



L'entrée ouest de KHADRA

I.1. Introduction :

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

La wilaya de Mostaganem s'entend 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 longtemps à être réalisée en entier, avant d'être promue au rang de route nationale 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 réalisés que quelque années avant qu'elle ne devienne une route national.



Figure I. 1: 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 Dairas 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.

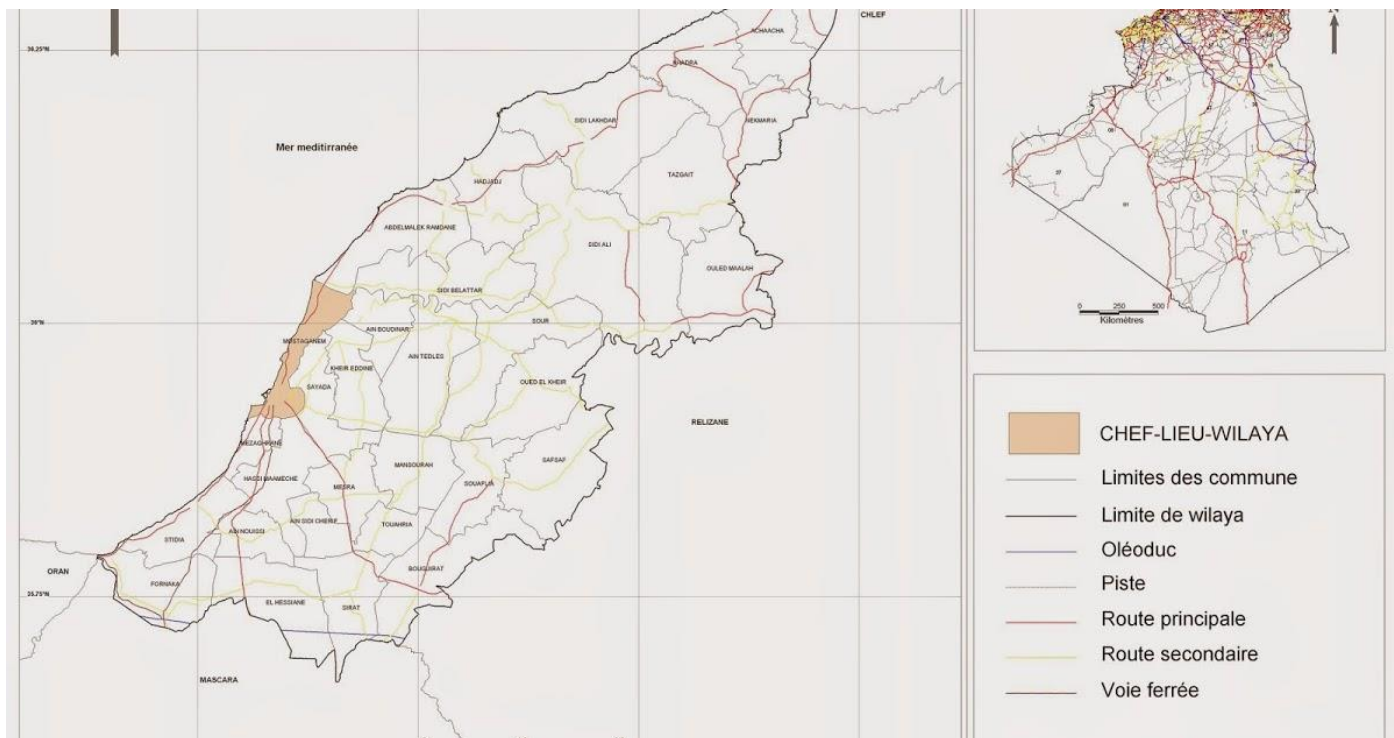


Figure I. 2 : carte du réseau routier de la wilaya de Mostaganem.

I.4.Présentation du projet :

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

Notre projet d'évitement de Khadra, définie par un relief plat et végétal, notre tracé commence par un carrefour giratoire projeté au PK 293+375 et évite la ville de Khadra au coté sud.

Le tracé passe dans une zone agricole, un champ de vigne de PK 293+375 au PK 293+275 et passe au coté nord de la forêt, du PK 293+275 au PK 291+800, traverse un chemine communale au PK 291+700. Le tracé continue jusqu'à la fin où on aura un giratoire projeté au PK 291+300 loin de 400 m du giratoire existant a la sortie Est de Khadra.



Figure I. 3 : Tracé globale du dédoublement Mostaganem – Limite de Chlef.

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



Figure I. 4: tracé de notre section étudié - évitement khadra .

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.
- Étudier 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 d'évitement de la ville de Khadra, 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.

Chapitre II : **Normes géométriques** **et données de base**



II.1. Introduction :

L'exécution de chaque projet routier doit être précédée par une reconnaissance du terrain, il s'agit de l'étude géotechnique et de la prospection du terrain d'assise du projet, cette tâche a pour but soit pour prévoir les matériaux et les méthodes adéquats aux travaux de terrassement dans la phase d'exécution, soit pour prévoir l'emplacement des ouvrages. Pour déterminer l'environnement de la route on doit se référer aux normes de la B40.

II.2. Environnement de la route :

La norme B40 (norme technique d'aménagement des routes algériennes) propose trois différents 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 .

II.3. La dénivelée cumulée moyenne :

C'est la somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire. Le rapport de la dénivelée cumulée totale H à la longueur de l'itinéraire L permet de mesurer la longitudinalité du relief.

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

Avec :

P_i : pente du terrain

L_i : longueur de la pente (i)

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

II. 3. 1 Détermination de la dénivelée cumulée moyenne :

Le calcul de la dénivelée cumulée moyenne selon la formule (II. 1), appliquée sur le tronçon de notre projet a donné les résultats représentés dans le tableau II. 1.

Tableau II. 1 : Dénivelé de chaque profil.

| PT N° | PK | distance entre profil | Z terrain naturel | DH(m) |
|--------------|-----------|--------------------------------------|------------------------------|--------------|
| PT-01 | 0.00 | 0.00 | 137.95 | |
| PT-02 | 25.00 | 25.00 | 138.04 | 0.09 |
| PT-03 | 50.00 | 25.00 | 138.17 | 0.13 |
| PT-04 | 75.00 | 25.00 | 138.40 | 0.23 |
| PT-05 | 100.00 | 25.00 | 138.62 | 2.22 |
| PT-06 | 125.00 | 25.00 | 139.00 | 0.38 |
| PT-07 | 150.00 | 25.00 | 139.08 | 0.08 |
| PT-08 | 175.00 | 25.00 | 140.74 | 1.66 |
| PT-09 | 200.00 | 25.00 | 143.42 | 268 |
| PT-10 | 225.00 | 25.00 | 143.46 | 0.04 |
| PT-11 | 250.00 | 25.00 | 143.20 | -0.26 |
| PT-12 | 275.00 | 25.00 | 144.05 | 0.85 |
| PT-13 | 300.00 | 25.00 | 144.70 | 0.65 |
| PT-14 | 325.00 | 25.00 | 145.51 | 0.81 |
| PT-15 | 350.00 | 25.00 | 145.53 | 0.02 |
| PT-16 | 375.00 | 25.00 | 144.35 | -1.18 |
| PT-17 | 400.00 | 25.00 | 144.13 | -0.22 |
| PT-18 | 425.00 | 25.00 | 144.36 | 0.23 |
| PT-19 | 450.00 | 25.00 | 145.05 | 0.69 |
| PT-20 | 475.00 | 25.00 | 145.90 | 0.85 |
| PT-21 | 500.00 | 25.00 | 146.30 | 0.40 |
| PT-22 | 525.00 | 25.00 | 146.63 | 0.33 |
| PT-23 | 550.00 | 25.00 | 147.10 | 0.47 |
| PT-24 | 575.00 | 25.00 | 147.50 | 0.40 |
| PT-25 | 600.00 | 25.00 | 147.51 | 0.01 |
| PT-26 | 625.00 | 25.00 | 148.01 | 0.50 |
| PT-27 | 650.00 | 25.00 | 148.24 | 0.23 |
| PT-28 | 675.00 | 25.00 | 147.76 | -0.48 |
| PT-29 | 700.00 | 25.00 | 147.63 | -0.13 |
| Pt30 | 725.00 | 25.00 | 148.48 | 0.85 |
| Pt31 | 750.00 | 25.00 | 148.55 | 0.07 |
| Pt32 | 775.00 | 25.00 | 148.69 | 0.14 |
| Pt33 | 800.00 | 25.00 | 149.25 | 0.56 |
| Pt34 | 825.00 | 25.00 | 149.67 | 0.42 |
| PT-35 | 850.00 | 25.00 | 149.97 | 0.30 |
| PT-36 | 875.00 | 25.00 | 150.69 | 0.72 |
| PT-37 | 900.00 | 25.00 | 151.17 | 0.48 |
| PT-38 | 925.00 | 25.00 | 151.72 | 0.55 |
| PT-39 | 950.00 | 25.00 | 151.31 | -0.41 |

| | | | | |
|-------|---------|-------|--------|-------|
| PT-40 | 975.00 | 25.00 | 151.24 | -0.07 |
| PT-41 | 1000.00 | 25.00 | 151.13 | -0.11 |
| PT-42 | 1025.00 | 25.00 | 151.39 | 0.26 |
| PT-43 | 1050.00 | 25.00 | 152.00 | 0.61 |
| PT-44 | 1075.00 | 25.00 | 152.40 | 0.40 |
| PT-45 | 1100.00 | 25.00 | 152.40 | 0.00 |
| PT-46 | 1125.00 | 25.00 | 153.61 | 1.21 |
| PT-47 | 1150.00 | 25.00 | 154.20 | 0.59 |
| PT-48 | 1175.00 | 25.00 | 155.58 | 1.38 |
| PT-49 | 1200.00 | 25.00 | 155.94 | 0.36 |
| PT-50 | 1225.00 | 25.00 | 155.07 | -0.87 |
| PT-51 | 1250.00 | 25.00 | 154.86 | -0.21 |
| PT-52 | 1275.00 | 25.00 | 155.23 | 0.37 |
| PT-53 | 1300.00 | 25.00 | 155.84 | 0.61 |
| PT-54 | 1325.00 | 25.00 | 154.93 | -0.91 |
| PT-55 | 1350.00 | 25.00 | 155.61 | 0.68 |
| PT-56 | 1375.00 | 25.00 | 155.25 | -0.36 |
| PT-57 | 1400.00 | 25.00 | 155.34 | 0.09 |
| PT-58 | 1425.00 | 25.00 | 155.54 | 0.20 |
| PT-59 | 1450.00 | 25.00 | 155.73 | 0.19 |
| PT-60 | 1475.00 | 25.00 | 156.57 | 0.84 |
| PT-61 | 1500.00 | 25.00 | 157.38 | 0.81 |
| PT-62 | 1525.00 | 25.00 | 157.57 | 0.19 |
| PT-63 | 1550.00 | 25.00 | 157.11 | -0.46 |
| PT-64 | 1575.00 | 25.00 | 157.33 | 0.22 |
| PT-65 | 1600.00 | 25.00 | 157.65 | 0.32 |
| PT-66 | 1625.00 | 25.00 | 157.62 | 0.03 |
| PT-67 | 1650.00 | 25.00 | 157.77 | 0.15 |
| PT-68 | 1675.00 | 25.00 | 157.58 | -0.19 |
| PT-69 | 1700.00 | 25.00 | 157.49 | -0.09 |
| PT-70 | 1725.00 | 25.00 | 157.42 | -0.07 |
| PT-71 | 1750.00 | 25.00 | 157.40 | -0.02 |
| PT-72 | 1775.00 | 25.00 | 157.35 | -0.05 |
| PT-73 | 1800.00 | 25.00 | 157.44 | 0.09 |
| PT-74 | 1825.00 | 25.00 | 157.43 | -0.01 |
| PT-75 | 1850.00 | 25.00 | 157.26 | -0.17 |
| PT-76 | 1875.00 | 25.00 | 157.62 | 0.36 |
| PT-77 | 1895.24 | 20.24 | 158.60 | 0.98 |
| PT-78 | 1900.00 | 25.00 | 158.61 | 0.01 |
| PT-79 | 1925.00 | 25.00 | 158.66 | 0.05 |
| PT-80 | 1950.00 | 25.00 | 158.90 | 0.24 |
| PT-81 | 1975.00 | 25.00 | 160.36 | 1.46 |
| PT-82 | 2000.00 | 25.00 | 162.32 | 196 |

| | | | | |
|--------|------------------|-------|--------|----------------|
| PT-83 | 2025.00 | 25.00 | 162.20 | -0.12 |
| PT-84 | 2050.00 | 25.00 | 162.23 | 0.03 |
| PT-85 | 2075.00 | 25.00 | 162.42 | 0.19 |
| PT-86 | 2100.00 | 25.00 | 163.06 | 0.64 |
| PT-87 | 2125.00 | 25.00 | 163.52 | 0.46 |
| PT-88 | 2150.00 | 25.00 | 163.91 | 0.39 |
| PT-89 | 2175.00 | 25.00 | 164.26 | 0.35 |
| PT-90 | 2200.00 | 25.00 | 164.63 | 0.37 |
| PT-91 | 2225.00 | 25.00 | 164.54 | -0.09 |
| PT-92 | 2250.00 | 25.00 | 163.31 | -1.23 |
| PT-93 | 2275.00 | 25.00 | 162.73 | -0.58 |
| PT-94 | 2300.00 | 25.00 | 162.41 | -0.32 |
| PT-95 | 2325.00 | 25.00 | 163.23 | 0.82 |
| PT-96 | 2350.00 | 25.00 | 164.79 | 1.56 |
| PT-97 | 2375.00 | 25.00 | 161.60 | -3.19 |
| PT-98 | 2400.00 | 25.00 | 160.66 | -0.94 |
| PT-99 | 2425.00 | 25.00 | 160.47 | -0.19 |
| PT-100 | 2450.00 | 25.00 | 159.26 | -0.21 |
| PT-101 | 2475.00 | 25.00 | 158.67 | -0.59 |
| PT-102 | 2500.00 | 25.00 | 158.14 | -0.53 |
| PT-103 | 2525.00 | 25.00 | 158.02 | -0.12 |
| PT-104 | 2550.00 | 25.00 | 157.70 | -0.32 |
| PT-105 | 2575.00 | 25.00 | 156.89 | -0.81 |
| PT-106 | 2600.00 | 25.00 | 155.93 | -0.96 |
| PT-107 | 2625.00 | 25.00 | 156.35 | 0.42 |
| PT-108 | 2650.00 | 25.00 | 156.61 | 0.26 |
| PT-109 | 2675.00 | 25.00 | 156.39 | -0.22 |
| PT-110 | 2700.00 | 25.00 | 156.05 | -0.34 |
| PT-111 | 2725.00 | 25.00 | 155.57 | -0.48 |
| PT-112 | 2750.00 | 25.00 | 155.24 | -0.33 |
| PT-113 | 2764.87 | 25.00 | 154.78 | -0.46 |
| | Σ=2764.87 | | | Σ=16.83 |

Ce qui permet de calculer la dénivelée cumulée moyenne par :

$$\mathbf{H/L = - 16.83/2764.87 = 0.00609}$$

$$\mathbf{Dc = 0.61\%}$$

La détermination de la nature du terrain a été déterminée en fonction de Dc initialement calculée et les résultats sont donnés par le tableau II. 2.

Tableau II. 2 : Détermination de la nature des terrains.

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

Ce qui conduit à un terrain plat (E1) à partir du Tableau II. 2

II.4. 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 (L_s) est la longueur des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m.

Le calcul de la sinuosité se fait selon la formule (II. 2) :

$$\sigma = \frac{L_s}{L} \quad (\text{II. 2})$$

Avec :

L_s : la somme des développées des rayons inférieurs ou égale à 200m ($R \leq 200m$).

L : la longueur totale de la route.

$L_s=0$ si aucun rayon n'est inférieur à 200m.

Le tableau II. 3 présentes les valeurs de la sinuosité.

Tableau II. 3 : Détermination de la sinuosité.

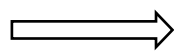
| N° | Classification | Sinuosité |
|----|-------------------|------------------------|
| 1 | Sinuosité faible | $\sigma < 0.10$ |
| 2 | Sinuosité moyenne | $0.10 < \sigma < 0.30$ |
| 3 | Sinuosité forte | $\sigma > 0.30$ |

Dans notre cas :

L = 2764.87m

Ls = 0

$\sigma = 0$



caractéristique d'une sinuosité faible (Tableau II. 3)

La détermination de l'environnement de la route du tronçon étudié a été faite en fonction des paramètres déjà calculés et le résultat est donné par le tableau II. 4.

Tableau II. 4 : Environnement de la route.

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

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 II. 4)

II.5. Catégorie de la route :

Selon la norme B40 (norme technique d'aménagement des routes algériennes), les routes sont classées en cinq (05) 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 les centres d'industrie de transformation et les pôles d'industries légères.
- 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.6. La vitesse de référence :

La vitesse de référence représente la vitesse de circulation des véhicules sur une route à circulation normale, 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 des paramètres (catégories, environnement).

Le tableau II. 5 présentes les différentes vitesses de référence en fonctions des catégories et des environnements des routes.

Tableau II. 5 : Vitesses de référence (Km/h).

| 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 |

Cela signifie que d'après le tableau II. 5, le cas de notre tronçon aura des vitesses de références entre 80 – 100 et 120 Km/h.

II.7. Conclusion :

Pour notre projet et après analyse des données il s'avère que la vitesse de référence la plus convenable est : **Vr=80km/h.**

Chapitre III : Étude du trafic



III.1. Introduction:

Une étude de trafic est une phase fondamentale qui doit intervenir en amont de toute réflexion relative à un projet routier. Elle permet de déterminer l'intensité du trafic et son agressivité (poids lourds).

Le dimensionnement du corps de la chaussée nécessite la connaissance du trafic moyen journalier annuel (TMJA) ainsi que sa répartition sur les différentes catégories de véhicules.

Dans une étude complète d'infrastructure, il est impératif de :

- Définir les caractéristiques techniques des différents tronçons.
- Apprécier la valeur économique des projets.
- Estimer les coûts d'entretien.

III.2. Analyse du trafic :

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.

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

Les éléments de ces analyses sont multiples :

- Statistiques générales.
- Comptages sur routes (manuels, automatiques).
- Enquêtes de circulation. (Origine, destination).

III.3. Différents types de trafics :

En général, on distingue quatre types de trafics:

- **Le trafic normal** : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en compte le nouveau projet.

- **Le trafic dévié :** C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant la dérivation de trafic. Ce n'est qu'un transfert vers un autre moyen pour atteindre la même destination.
- **Le trafic induit :** C'est le trafic qui résulte :
 - ✓ Des nouveaux déplacements qui s'effectuent en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier et qui ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
 - ✓ Une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due à une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.
- **Le trafic total :** C'est le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévie.

III.4. Modèle de représentation de trafic :

La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant. Ce recensement permettra de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activité humaine.

Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont:

- Prolongation de l'évolution passée.
- Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques.
- Modèle gravitaire.
- Modèle de facteur de croissance.

III.5. Calcul de la capacité d'une route :

III.5.1. Définition de la capacité :

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

La capacité dépend :

- Des conditions de trafic.
- Des conditions météorologiques.
- Le 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.5.2. Projection future du trafic :

La formule qui donne le trafic journalier moyen annuel à l'année horizon est :

$$TJMA_h = TJMA_0 (1 + \tau)^n \quad (\text{III. 1})$$

Avec :

$TJMA_h$: Le trafic à l'année horizon.

$TJMA_0$: Le trafic à l'année de référence.

n : Nombre d'année.

τ : Taux d'accroissement du trafic (%).

III.5.3. Calcul du trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (UVP), en fonction de type de route et de l'environnement. [1]

Pour cela, on utilise des coefficients à d'équivalence pour convertir les PL en (UVP).

Le trafic effectif est donné la relation suivante :

$$T_{\text{eff}} = [(1-z) + PZ]. TJMA_n \quad (\text{III. 2})$$

Avec :

T_{eff} : Trafic effectif à l'année horizon en (uvp).

Z : Pourcentage de poids lourd.

P : Coefficient d'équivalence pour le poids lourds il dépend.

Tableau III. 6: Coefficient d'équivalence « P ». [2]

| Environnement | E1 | E2 | E3 |
|--|-----|------|-------|
| Route à bonne caractéristique | 2-3 | 4-6 | 8-12 |
| Route étroite, ou à visibilité réduite | 3-6 | 6-11 | 16-24 |

III.5.4. 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) et donné par la formule suivante (en prenant la cas général du coefficient de pointe égal à 0.12):

$$Q = 0.12 \cdot T_{eff} \quad (\text{III. 3})$$

Avec :

Q: Débit de pointe horaire.

T_{eff}: Trafic effectif.

III.5.5. Débit horaire admissible :

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par l'application de la formule [2]:

$$Q_{adm} = K1 \cdot K2 \cdot C_{th} \quad (\text{III. 4})$$

K1 : Coefficient lié à l'environnement. [2]

K2: Coefficient de réduction de capacité.

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

Les valeurs des coefficients K1 et K2 sont données en fonction de l'environnement de la route par les tableaux III. 7 et III.8 respectivement.

Tableau III. 7 : Valeurs du coefficient K1. [2]

| Environnement | E1 | E2 | E3 |
|---------------|------|------|------------|
| K1 | 0,75 | 0,85 | 0,9 à 0,95 |

Tableau III. 8 : Valeur coefficient K2 [2]

| Catégorie environnement | 1 | 2 | 3 | 4 | 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 |

Les valeurs de la capacité théorique ($C_{th.}$) sont données par le tableau III. 9.

Tableau III. 9 : Capacité théorique $C_{th.}$ [2]

| Types de routes | Capacité théorique |
|----------------------------|--------------------|
| Route à 2 voies de 3,5 m | 1500 à 2000 uvp/h |
| Route à 3 voies de 3,5 m | 2400 à 3200 uvp/h |
| Route à chaussées séparées | 1500 à 1800 uvp/h |

III.5.6. Calcul du nombre de voies :

a. Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On compare Q à Q_{adm} et on opte le profil auquel correspond la valeur de Q_{adm} la plus proche à Q .

Avec ; $Q_{adm} \times Q$

b. Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

Le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport :

$$S \times Q / Q_{adm} \quad (\text{III. 5})$$

Avec :

Q_{adm} : débit admissible par voie.

S : Coefficient de dissymétrie, en général égale à 2/3.

III.6. Application des concepts au projet :

Les données de trafic sont: Un comptage a été effectué en 2016 par la DTP de Mostaganem, pour estimer le trafic à l'année horizon. A partir du résultat de ce dernier on fait une projection jusqu'à l'année 2041, tout en sachant que la durée de vie de notre projet est estimée à 20 ans, et sa mise en service est prévue pour l'année 2021.

III.7. Application :

Les données du trafic : Selon les résultats des comptages et des prévisions effectués en 2016.

On a les données suivantes :

- Le trafic à l'année 2016 $TJMA_{2016} = 7808v/j$ sens.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic $\tau = 4\%$.
- La vitesse de base sur le tracé $V_b = 80$ km /h.
- Le pourcentage de poids lourds $Z=14 \%$.
- L'année de mise en service 2021.
- La durée de vie estimée est de 20 ans.
- Environnement E1 et la catégorie C 2

$K_1=0.75$ et $k_2=1.00$.

Application numérique :

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

$$\begin{aligned} \text{TMJA}_{2021} &= (1+\tau)^n \times \text{TMJA}_0 \\ &= (1+0.04)^5 \times 7808 \end{aligned}$$

$$= 9500 \text{ v/j}$$

Calcul de TJMA de l'année horizon (2041) :

$$\begin{aligned} \text{TMJA}_h &= (1+\tau)^{20} \times \text{TMJA}_{2021} \\ &= (1+0.04)^{20} \times 9500 \end{aligned}$$

$$= 20816 \text{ v/j}$$

Calcul des trafics effectifs Teff :

$$\text{Teff} = [(1-Z) + (P \times Z)] \times \text{TJMA}_h$$

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

$$= [(1-0.14) + (3 \times 0.14)] \times 20816$$

$$= 26644 \text{ v/j}$$

Calcul du débit Q :

$$Q = (1/n) \times \text{Teff}$$

Avec $(1/n)$: coefficient de point horaire pris est égale à 0.12 ($n=8$ heures).

$$= 0.12 \times 26644$$

$$= 3197 \text{ uvp/h}$$

Calcul du Débit admissible Qadm:

$$Q_{adm} = K1 \times K2 \times C_{th}$$

$K1$: Coefficient correcteur pris égal à 0.75 pour environnement E1

$K2$: Coefficient correcteur pris égal à 1 pour environnement E1 et catégorie (C 2)

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

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

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

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1.00 \times 1800$$

$$= 1350 \text{ uvp/h/sens}$$

Détermination du nombre de voies par sens :

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

Avec: $S = (2/3)$

$$N = (2/3) \times (1397/1350) = 1.58 \approx 2$$

N= 2voies /sens

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

$$T_{eff2021} = [(1 - z) + (p \times z)] \times T_{JMA2021}$$

$$= [(1 - 0.14) + (3 \times 0.14)] \times 9500$$

12160 uvp/h

$$Q_{2021} = 0,12 \times 2160$$

1459 uvp/h

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

$$Q_{saturation} = 4 \times 1459$$

5836 uvp/h

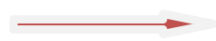
$$Q_{saturation} = (1 + \tau) \times n \times Q_{2021} \longrightarrow$$

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

$$n = \frac{\ln\left(\frac{5836}{1459}\right)}{\ln(1 + 0.04)} = 35$$

n=35 ans

$$2021 + 35 = 2056$$



Année de saturation = 2056

Notre route sera saturée après 37 ans de service donc l'année de saturation est prévue pour :

2056

Les résultats sont repris dans le tableau suivant :

Tableau III. 10 : Résultats de calcul de capacité.

| TMJA2016 | TMJA2021 | TMJA2041 | TRAFIC Effectif | Nombre de voies |
|-----------------|-----------------|-----------------|------------------------|------------------------|
| 7808v /j | 9500v/j | 20816v/j | 35387uvp/j | 2 |

III.8. Conclusion :

D'après les calculs effectués, la route évitement Khadra nécessite 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 2056.

Chapitre IV :

Paramètres

Cinématique



IV.1. Introduction :

Les paramètres fondamentaux d'un projet de dédoublement se déterminent en fonction de l'environnement, la catégorie de la route et la vitesse de référence.

IV.2. 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

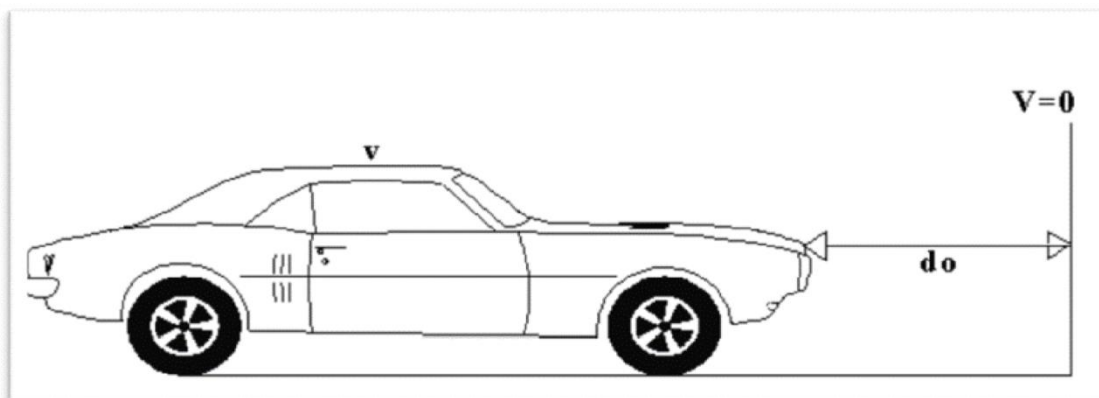


Figure IV. 1 : Schéma de la distance de freinage.

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

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v^2}{(f_l \pm i)} \quad (\text{IV. 1})$$

Dans ce cas la formule d_0 sera :

$$\text{Rampe : } d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v_r^2}{(f_l + e)} \quad (\text{IV. 2})$$

$$\text{Pente : } d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{V_r^2}{(f_{rl} - e)} \quad (\text{IV. 3})$$

En palier (e=0), on aura alors:

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{V_r^2}{(f_{rl})} \quad (\text{IV. 4})$$

Avec :

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.

Tableau IV. 1 : Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40.

| 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 | / |

D'après les valeurs du tableau (IV. 1) des normes B40 et en ce qui concerne notre projet :

On a $f_l = 0.39$

IV.3. 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 :

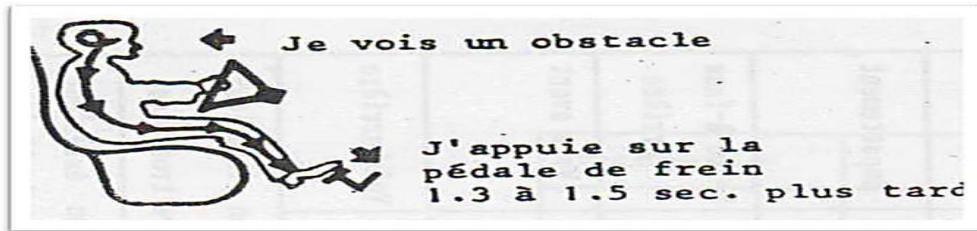


Figure IV. 2: Temps de réactions.

Dans une attention concentrée :

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

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

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

Tableau IV. 2 : Valeurs du temps de perception réaction (t) en fonction de E, CAT et Vr.

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

La distance parcourue pendant le temps de réaction et de perception est :

$$d_1 = v \times t \quad (\text{IV. 5})$$

Avec : $[v : \text{m/s}]$ et $[t : \text{s}]$

IV.4. 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).

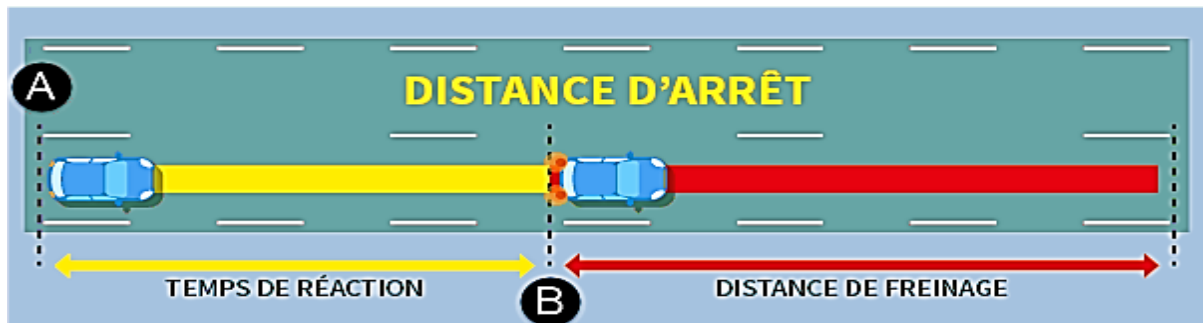


Figure IV. 3 : Distance d'arrêt.

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

Tableau IV. 3 : Lois de la distance d'arrêt.

Avec :

D_1 : distance d'arrêt

D_0 : distance de freinage

V : vitesse (km/h)

IV.5. Manœuvre de dépassement :

d_{vdm} : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement moyenne

d_{vdN} : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement normale

d_{md} : Distance de visibilité de manœuvre et de dépassemen

Tableau IV. 4 : Valeur de d_{vd} et d_{md} en fonction de la vitesse.

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

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

IV.6. Espacement entre deux véhicules :

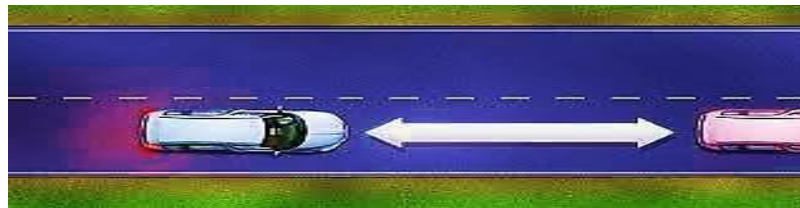


Figure IV. 4 : Espacement entre véhicule.

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.

$$E = 8 + 0.2 \cdot V + 0.003V^2 \quad (IV. 5)$$

IV.7. Application au projet :

Distance de freinage :

Pour notre projet on a fl : 0.39

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

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

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{(0.39)} = 65.64\text{m}$$

- En rampe : $e = +0.02189$

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v^2}{(fl \pm e)} \quad d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{(0.39+0.02189)} = 62.15\text{m}$$

- En pente : $e = -0.01716$

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

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{(0.39-0.01716)} = 68.66\text{ m}$$

Distance d'arrêt :

- a) En alignement droit :

On a $V_r = 80\text{ km/h}$ $t = 2\text{ s}$ $\longrightarrow d = d_0 + 0.55V_r$

- En palier: $d = 65.64 + (0.55 \times 80) = 109.64\text{ m}$
- En rampe : $d = 62.15 + (0.55 \times 80) = 106.15\text{ m}$
- En pente : $d = 68.66 + (0.55 \times 80) = 112.66\text{ m}$

- b) En courbe:

On a $V_r = 80\text{ km/h}$ $t = 12\text{ s}$ $\longrightarrow d = 1.25d_0 + 0.55V_r$

- En palier : $d = 1.25 \times 65.64 + (0.55 \times 80) = 126.05\text{ m}$
- En rampe : $d = 1.25 \times 62.15 + (0.55 \times 80) = 121.69\text{ m}$
- **En pente : $d = 1.25 \times 68.66 + (0.55 \times 80) = 129.83\text{ m}$**

Espacement entre véhicules :

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

$$E = 8 + 0.2(80) + 0.003(80)^2$$

$$E = 43.00\text{m}$$

CHAPITRE V :

Tracé en Plan



V.1. Introduction :

Le tracé en plan est une projection de la route et ses dépendances sur un plan horizontal. Ce plan horizontal est en générale une carte topographique ou un plan de situation. Il est constitué en générale par une succession d'alignements droits et courbes.

Il est caractérisé par la vitesse de référence qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

V.2. La vitesse de référence :

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'En 'une ville, modification du relief... etc.).

V.2.1. Choix de la vitesse de base :

Le choix de la vitesse de base dépend de :

- Type de route.
- Importance et genre de trafic.
- Topographie.
- Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.
- En tenant compte de ces quatre critères et selon les normes B40 on a porté le choix

V.3. Règles et principes du tracé en plan :

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

- Toutes les courbes horizontales dont le rayon est inférieur à $RHnd$ (rayon horizontale non déversé) devront être introduites avec des raccordements progressifs.
- Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant.
- Éviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Éviter au maximum les propriétés privées.
- Éviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts

- Éviter 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. [2]

V.4. 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 V. 1 : Éléments du tracé en plan.

V.5.1. Alignements droit :

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

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

$$L_{min} = 5 V \text{ et } L_{max} = 60 V \quad (V. 1)$$

Avec V en (m/s).

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

Solution : augmenter le rayon de sa courbe.

V.5.2. Les arcs de cercle :

Trois problèmes se posent :

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

Dans un virage de rayon R , 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 visibilité en courbe :

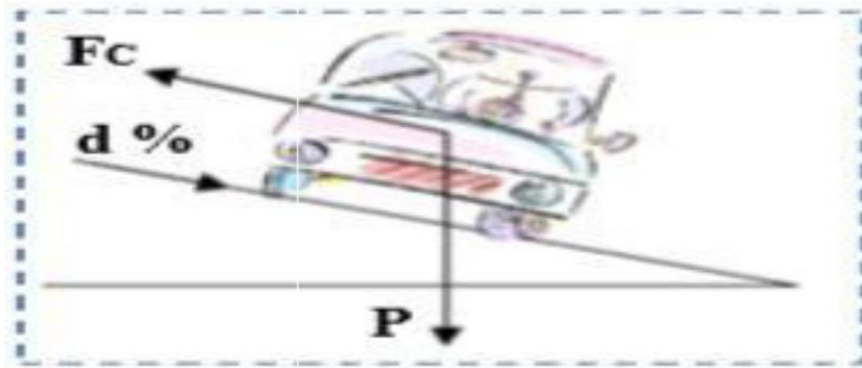


Figure V. 2 : Stabilité en courbe.

Un virage d'une route peut être masqué du côté inférieur du virage par un talus de déblai, par une construction ou forêt. Pour assurer une bonne visibilité 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.

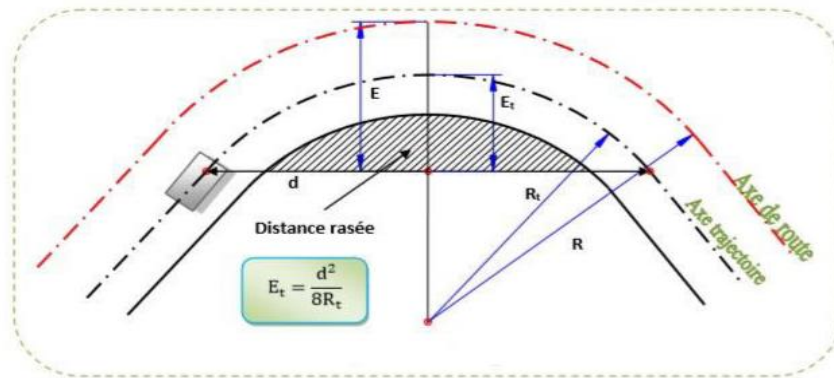


Figure V. 2 : Sur-largueur en virage

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 :

$$S = 50 / R \quad \text{avec} \quad R : \text{rayon de l'axe de la route.} \quad (V. 2)$$

V.6. Notion De Devers :

Le devers est par définition la pente transversale de la chaussée, il permet l'évacuation des eaux pluviales pour les alignements droits et assure la stabilité des véhicules en courbe.

La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité des véhicules lorsqu'ils passent d'un versant à l'autre et la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluies.

a) - Devers en alignement : En alignement, le devers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. Il est pris égal à :

$$D_{\min} = 536 \times V_r \cdot \Delta d$$

b) - Devers en courbe : En courbe permet de : Assurer un bon écoulement des eaux superficielles. Compenser une fraction de la force centrifuge et assurer la stabilité dynamique des véhicules. Améliorer le guidage optique.

c) - **Calcul des devers** : pour déterminer les devers il ya 4 cas :

1er cas ;

si : $R > RHNd$ Le dévers associé « d » est celui de l'alignement droit.

2ème cas :

si: $RHd < R \leq RHNd$ -> Le dévers associé est le dévers minimal de l'alignement droit.

3ème cas :

Si $RHN < R \leq RHd$, le dévers associé « d » est calculé par interpolation entre le dévers associé à RHN et celui associé à RHd.

$$\frac{d(R) - d(RHd)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd}} = \frac{d(RHN) - d(RHd)}{\frac{1}{RHN} - \frac{1}{RHd}} \quad (V. 3)$$

4ème cas :

Si $RHm \leq R < RHN$, la route est déversée à l'intérieur du virage et « d » est calculé par interpolation linéaire en $1/R$.

$$\frac{d(R) - d(RHN)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHN}} = \frac{d(RHm) - d(RHN)}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHN}} \quad (V. 4)$$

Remarques :

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

Tableau V. 1: Devers en fonction de l'environnement.

| 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% |

V.7. Courbes en plan :

V.7.1). Le rayon minimal absolu RHM:

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

$$RHM = \frac{Vr^2}{127(d+ft)} \quad (V. 4)$$

V.7.2). Le rayon minimal normal RHN :

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

$$RHN = \frac{(Vr + 20)^2}{127(f_t + d_{max})} \quad (V. 5)$$

V.7.3). Le rayon au devers minimal RHd :

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

Dévers associé : $d_{min} = 3\%$ en catégorie 3-4-5

$$\mathbf{RHd} = \frac{Vr^2}{127 \times 2 \times d_{min}} \quad (\text{V. 6})$$

V.7.4). Le rayon non déversé RHnd :

C'est le rayon tel que l'accélération centrifuge résiduelle que peut parcourir un véhicule roulant à la vitesse $V = Vr$ et présente un dévers vers l'extérieur. [2].

$$\mathbf{RHnd} = \frac{Vr^2}{127(F'' - d_{min})} \quad (\text{V. 7})$$

V.7.5). Détermination des dévers d_{max} et d_{min} :

Tableau V. 2 : Dévers. [2]

| | 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% |

V.7.6). Détermination du coefficient de frottement transversal f_t :

Tableau V. 3: Valeur du coefficient f_t .

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

V.7.7). Détermination du coefficient de frottement F'' en fonction de la catégorie :

Tableau V. 4: Valeur du coefficient « F'' ».

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

V.8. Paramètres fondamentaux

Pour notre projet (dédoulement de la RN11) situé dans un *environnement* (E1), et classé en catégorie (C-2) avec une vitesse de base de 80km/h.

Ces données nous ont aidé à tirer les caractéristiques suivantes qui sont inspirées de la norme B40.

Tableau V. 5: Rayon en plan et dévers associés (B40). [2]

| Paramètre | unité | symboles | valeurs |
|---|-------|----------|---------|
| Vitesse de base | Km /h | VB | 80 |
| Longueur minimal | m | Lmin | 111.11 |
| Longueur maximal | m | Lmax | 1333.33 |
| Devers maximal | % | dmax | 7 |
| Devers minimal | % | dmin | 2.5 |
| Frottement transversal | - | ft | 0.13 |
| Frottement longitudinal | - | fl | 039 |
| F'' | - | F'' | 0.06 |
| Distance de freinage | m | d0 | 65 |
| Distance d'arrêt | m | d1 | 109 |
| Temps de perception réaction | s | T1 | 2 |
| Espacement entre véhicule | m | E | 43 |
| Distance de visibilité de dépassement minimal | m | dvdm | 320 |

| | | | |
|--|------|------------------|----------------|
| Distance de visibilité de dépassement normal | m | dv _{dn} | 480 |
| Distance de visibilité de manœuvre de dépassement | m | dv _{md} | 200 |
| Rayon horizontal minimal (divers) | m(%) | RHM(d) | 250.00 (7%) |
| Rayon horizontal normal(divers) | m(%) | RHN(d) | 450.00 (5%) |
| Rayon horizontal déverse(divers) | M(%) | RHD(d) | 1000.00(2.5%) |
| Rayon horizontal non déverse (divers) | M(%) | RHND(d) | 1400.00 (2.5%) |

V.9. Raccordement progressif :

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire doit être fait par des courbures progressives permettant l'introduction du devers et la condition du confort et de sécurité. La courbe de raccordement la plus utilisée est la Clothoïde grâce à ses particularités, c'est-à-dire pour son accroissement linéaire des courbures. Elle assure à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation du devers (condition de gauchissement) et assure l'introduction de devers et de la courbure de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique qui sont limitées par unité de temps de variation de la sollicitation transversale des véhicules.

V. 9). 1Rôle et nécessité des courbes de raccordement :

L'emploi des courbes de raccordement se justifie par les quatre conditions suivantes :

- Stabilité transversale du véhicule.
- Confort des passagers du véhicule.
- Transition de la forme de la chaussée.
- Tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbure, nous avons retenu les trois courbes suivantes :

Parabole cubique – Lemniscate – Clothoïde.

a)- Parabole cubique :

Cette courbe est d'un emploi très limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemin de fer).

b)- Lemniscate :

Cette courbe utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « trèfle d'autoroute » sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion.

c) - Clothoïde :

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

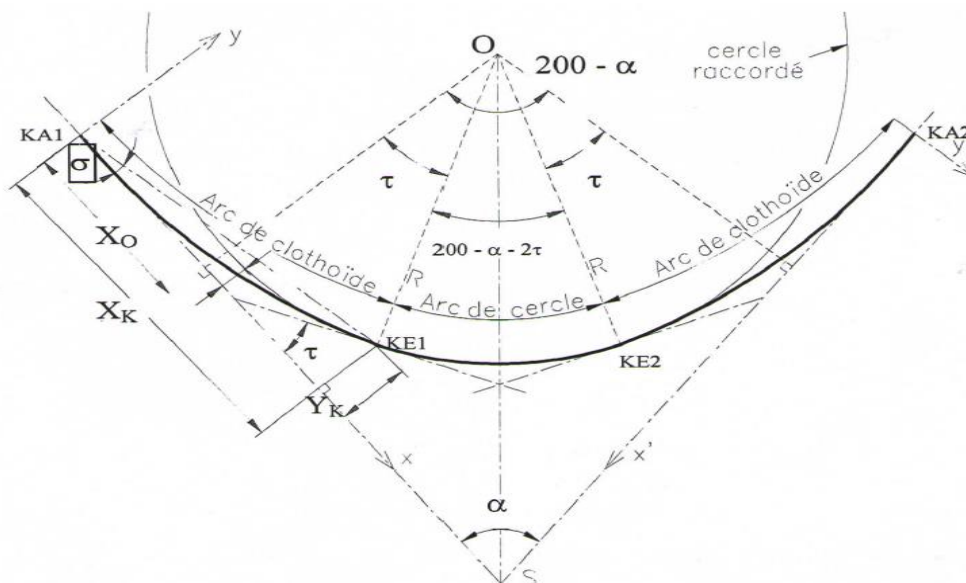


Figure V. 3: Clothoïde.

Avec :

| | |
|------------|--------------------------------------|
| R | Rayon |
| L | Longueur de la clothoïde |
| A | Paramètre de la clothoïde |
| α | angle au sommet |
| β | angle au centre |
| τ | angle des tangentes |
| σ | angle Polaire |
| γ | angle au centre Partie circulaire |
| X_{KE} | abscisse de l'extrémité de la cloth. |
| Y_{KE} | ordonnée de l'extrémité de la cloth. |
| SL | longueur de la corde KA-KE |
| X_o | abscisse du centre |
| Y_o | ordonnées du centre |
| KA-O | distance Ka-centre |
| ΔR | Ripage |
| DT | Développée totale |
| T | distance S-KA |
| TL | Tangente longue |
| TK | Tangente courte |
| symbole | désignation |
| R | Rayon |
| L | Longueur de la clothoïde |

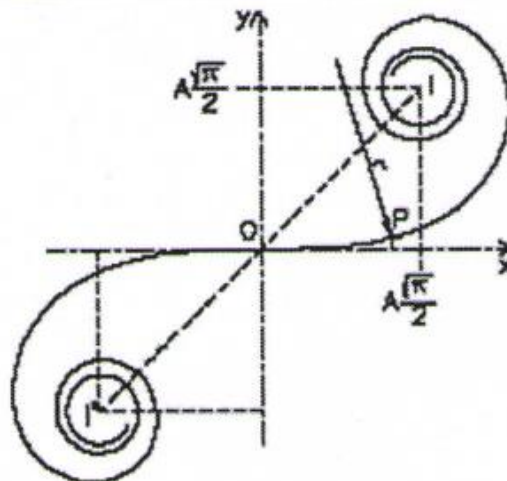


Figure V. 4: Raccordement progressif.

. Expression mathématique de la Clothoïde :

La Courbure K linéairement proportionnellement à la longueur curviligne.

$$K = C.L \quad (V. 8)$$

On pose:

$$1/C = A^2 \Rightarrow L.R = A^2 \quad (V. 9)$$

Longueur de ces raccordements :

La longueur des raccordements progressifs est une combinaison de plusieurs conditions de natures différentes: parmi ces conditions les trois principales sont:

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

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

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

Règle générale (B40) :

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

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

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

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

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

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

Condition de confort dynamique :

Cette condition a pour objet d'assurer l'introduction progressive du dévers et de la courbure de façon en particulier à respecter les conditions de stabilité et de « confort dynamique», en limitant par unité de temps, la variation de la sollicitation transversale des véhicules.

$$L_1 \geq \frac{V_r}{18} \left(\frac{V_r^2}{127R} - \Delta d \right) \quad (V. 10)$$

La condition Optique ;

Cette condition a pour objet d'assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels, et en particulier de rendre perceptible suffisamment à l'avance la courbure du tracé, de façon à obtenir la sécurité de conduite la plus grande possible.

$$L_2 \geq \sqrt{24. R. \Delta R} \quad (V. 11)$$

Condition de gauchissement :

Cette condition a pour objet d'assurer à la route un aspect satisfaisant, en particulier dans les zones de variation de dévers. Elle se traduit par la limitation de pente relative du profil en long du bord de la chaussée déversée par rapport à celle de son axe.

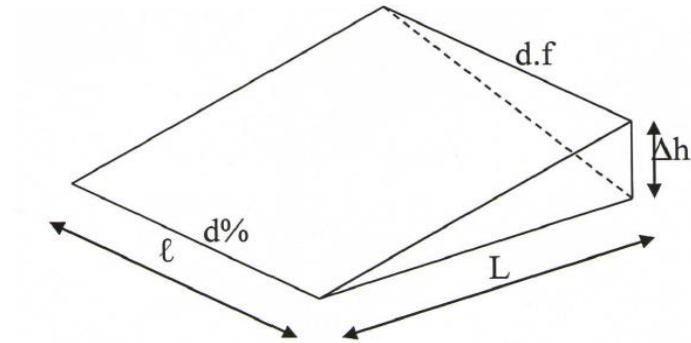


Figure V. 5: Condition de gauchissement.

$$L \geq l \cdot \Delta d \cdot Vr \quad (V. 12)$$

Vérification de non chevauchement :

1er cas : $\tau = \frac{\beta}{2}$

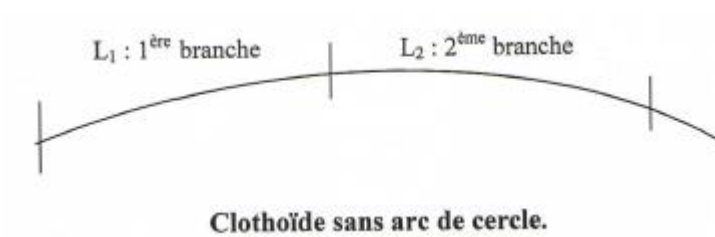


Figure V. 6: Clothoïde sans arc de cercle.

2ème cas : $\tau < \frac{\beta}{2}$

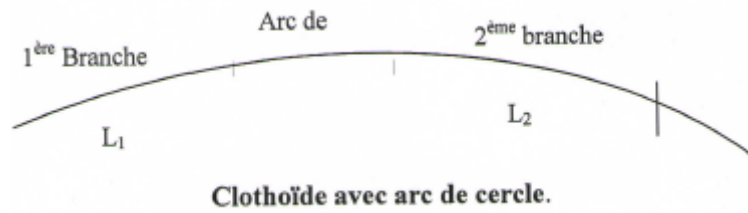


Figure V. 7 : Clothoïde avec un arc de cercle.

3ème cas : $\tau > \frac{\beta}{2}$

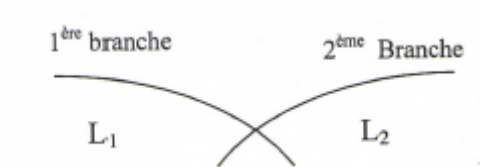


Figure V. 8 : Clothoïde impossible.

V.8 Les combinaison des éléments du tracé en plan :

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

a) Courbe en S :

Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle

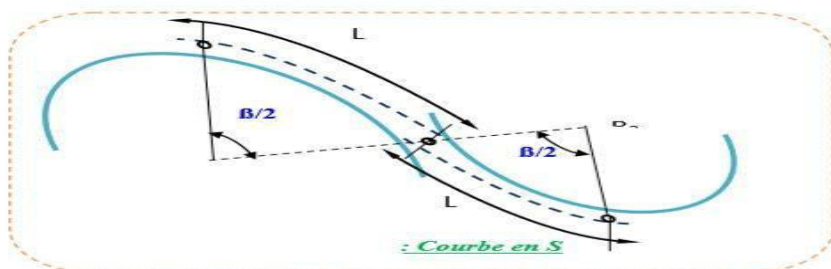


Figure V. 9 : Courbe en S.

b) Courbe à sommet :

Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.

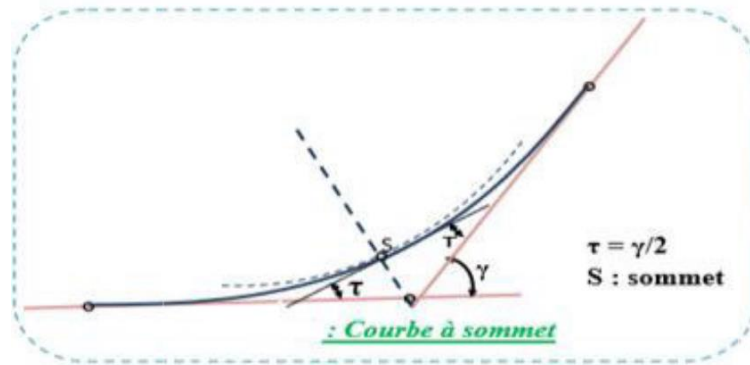


Figure V. 10 : Courbe à sommet.

c) Courbe en C :

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

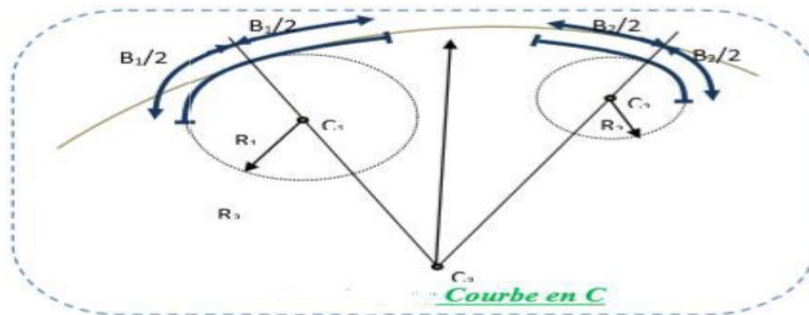


Figure V. 11: Courbe en C.

d) Courbe en Ove:

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

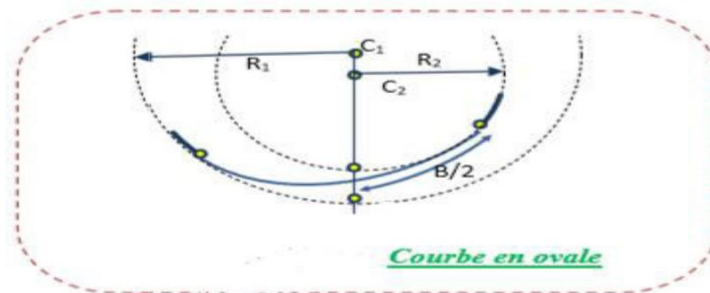


Figure V. 12 : Courbe en ovale.

APPLICATION A NOTRE PROJET

Exemple de calcul d'axe :

Le calcul d'axe est l'opération permettant de matérialiser le tracé routier par des coordonnées x.y.z représentant l'ensemble des points caractéristiques du tracé et faciliter par la même l'établissement d'un plan de piquetage nécessaire à l'implantation topographique de tout le tracé routier.

Le calcul d'axe se fait à partir d'une base de coordonnées qui sont propres au projet (stations locales) ou stations NGA et il doit suivre les étapes suivantes :

- **Calcul des gisements.**
- Calcul de l'angle α entre les alignements.
- Calcul de la tangente T.
- Calcul de la corde polaire SL.
- Vérification de non- chevauchement.
- Calcul de l'arc en cercle.
- Calcul de des coordonnées de points particuliers.
- Calcul de kilométrage des points particuliers.

Tableau V. 6 : Coordonnées des points aux sommets.

| | | |
|----|-------------------|--------------------|
| A | 279243.329 | 4017062.47 |
| S1 | 279561.944 | 4016678.756 |
| S2 | 281261.089 | 4017195.268 |
| B | 281072.351 | 4017807.88 |

Calcul des gisements de distance et des angles au centre :

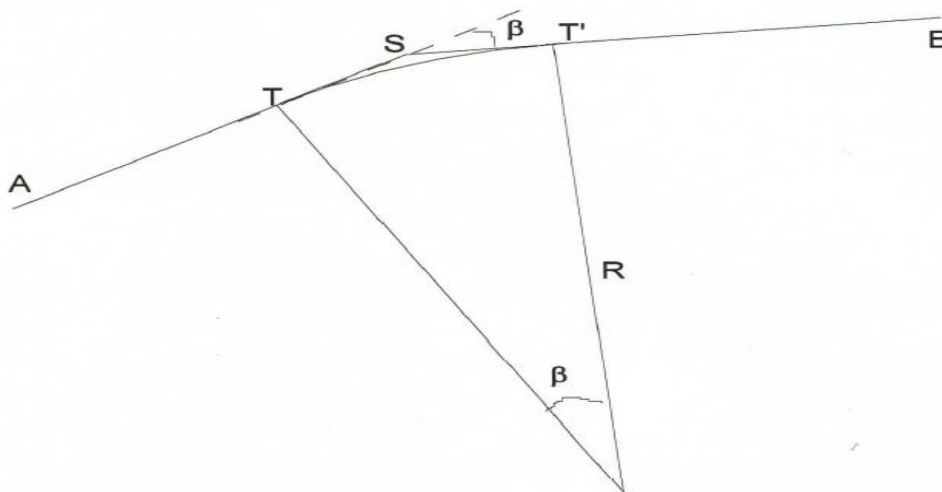


Figure V. 13 : Détermination de l'angle au centre.

Gisement :

Le gisement d'une direction est l'angle fait par cette direction avec le nord Géographique dans le sens des aiguilles d'une montre.

Exemple : Calcul du Gisement de la direction SiS2

$$GS1S2 = \text{arctg} \frac{\Delta x}{\Delta y} = \text{arctg} \frac{Xs2 - Xs1}{Ys2 - Ys1}$$

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 :

$$S1S2 = \sqrt{(Xs2 - Xs1)^2 + (Ys2 - Ys1)^2}$$

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

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

• Tableau V. 7: Les valeurs des gisements, distances et des angles au centre

| DDIRECTION | $\Delta X(m)$ | $\Delta Y(m)$ | GISEMENT (gr) | DISTANCE | ANGLES DES CENTRE β (gr) |
|------------|---------------|---------------|------------------|----------|-----------------------------------|
| A-S1 | 318.615 | -383.714 | 155.884 | 498.75 | // |
| S1-S2 | 1699.145 | 516.508 | 81.313 | 1775.915 | 74.571 |
| S2-B | -188.738 | 612.612 | 380.974 | 641.027 | 100.339 |

Longueur de ces raccordements :

Exemple de calcul :

$$R=250m$$

$$\beta = 74,571 \text{ gr}$$

- Condition de gauchissement de la chaussée :

$$R1=R2=250$$

$$d=7\%$$

$$\Delta d = dR + d_{min}$$

$$\Delta d = 0,07 + 0,025 = 0.095 = 9.5\%$$

$$L_1 > 108.70$$

$$L_1 \geq L_r \cdot \Delta d \cdot V_r == 108.70$$

- Condition de confort dynamique : il faut que $2\tau < \beta$

$$L_2 \geq \frac{V_r^2}{18} \left(\frac{V_r^2}{127R} - \Delta d \right) \quad L_2 \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127 \cdot 250} - 0,095 \right) \quad L_2 \geq 36.79m$$

- Condition d'optique :

- Selon règlement B40 on a $R=250 < 900m \implies R/3 < A < R$

- On prendre : $\Delta R=1m$ (éventuellement 0.5)

$$L_3 \geq 77.46$$

$$L_3 \geq \sqrt{(24 \cdot R \cdot \Delta R)}$$

$$L = 109.00$$

$$L_3 \geq \sqrt{(24 \cdot 250 \cdot 1)}$$

Donc :

$$L_{\max} = \max(108.70; 36.79m; 77.46m) = 109.00m$$

- Condition de non chevauchement :

$$\tau = L_{\max} / 2R \times 200 / \pi \quad \tau = (109.00 / 2 \times 250) \times 200 / \pi \quad \tau = 13.878gr$$

• Tableau V. 8 : Vérification de non gauchissement.

| conditions | Gauchissement | Confort dynamique | optique | chevauchement | | | |
|------------|---------------|-------------------|---------|---------------|--------------|------------------|-------------------------|
| Virages n° | L1(m) | L2(m) | L3(m) | T (gr) | L Choisie(m) | $\beta/2$ (gr) | $\tau < \beta/2$ (gr) |
| 1 | 108.70 | 37.89 | 74.46 | 13.878 | 109.00 | 37.286 | versifier |
| 2 | 108.70 | 37.89 | 74.46 | 13.878 | 109.00 | 50.17 | versifier |

Éléments de la clothoïde :

$$R = 250\text{m} ; L = 109.00\text{m}$$

- Calcul du paramètre A:

$$A = \sqrt{(R \cdot L)} = \sqrt{(250 \times 109)} \quad \mathbf{A=165,08\text{m}}$$

- L'angle des tangentes τ :

$$\tau = (L/2R) \cdot 200/\pi = (109/2 \cdot 250) \cdot 200/\pi \quad \mathbf{\tau = 13.878 \text{ gr}}$$

- Calcul des coordonnées:

(Abscisse)
$$X = L - \frac{L^3}{40 \cdot R^4} \quad \mathbf{X_{KE} = 109,00\text{m}}$$

(Origine)
$$y = \frac{L^2}{6R} = \frac{109^2}{6 \cdot 250} \quad \mathbf{Y_{KE} = 7.92\text{m}}$$

Calcul de l'abscisse du centre du cercle :

$$X_0 = \frac{A^2}{2R} \cong \frac{L}{2} \quad \mathbf{X_0 = 54.45\text{m}}$$

- Calcul des coordonnées SL:

$$SL = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2} = \sqrt{(109)^2 + (7.92)^2} \quad \mathbf{SL=109.29\text{m}}$$

- Calcul de l'angle polaire σ :

$$\sigma = \text{arc tg} \frac{Y_{KE}}{X_{KE}} = \text{arctg} \frac{7.92}{109} = \text{gr} \quad \mathbf{\sigma = 4.62\text{gr}}$$

- Calcul de la longueur de la section tangente de la clothoïde t

$$t = (R + \Delta R) \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = (250+1) \operatorname{tg} \left(\frac{74.571}{2} \right)$$

$$t=166.49\text{m}$$

Calcul de la grande tangente T :

$$T = X_0 + t = 54.45 + 166.49 = 220,94$$

$$T=220.94\text{m}$$

- Calcul de la Bissectrices Biss:

$$\text{Biss} = \frac{R + \Delta R}{\cos \frac{\beta}{2}} - R = \frac{250+2}{\cos \left(\frac{74.571}{2} \right)} - 250 = 51.20$$

$$\text{Biss}=51,20\text{m}$$

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

$$\gamma = \beta - 2\tau = 74.571 - 2 \times (4.62)$$

$$\gamma=46.815\text{gr}$$

$$Lc = \frac{\gamma R \pi}{200} = \frac{46.815 \cdot 250 \cdot 3.14}{200} =$$

$$Lc=183.84\text{m}$$

- Calcul de la développée total Dt :

$$Dt = Lc + 2L = 183.84 + 2(109) = 479,78$$

$$Dt=401,84\text{m}$$

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

$$X_{kA1} = X_A - (S_0 S_1 - T) \sin G_{A1} = 279420.376\text{m}$$

$$Y_{kA1} = X_A - (S_0 S_1 - T) \cos G_{A1} = 4016849.25\text{m}$$

$$X_{kE1} = X_{KA1} + SL \sin (G_{A1} - \sigma) = 279495.924\text{m}$$

$$Y_{kE1} = Y_{KA1} + SL \sin (G_{A1} - \sigma) = 4016770.67\text{m}$$

$$X_{kA2} = X_{S1} + T (\sin G_{S1S2}) = 279774.184\text{m}$$

$$Y_{kA2} = Y_{S1} + T (\cos G_{S1S2}) = 4016742.84\text{m}$$

$$X_{kE2} = X_{KA2} - SL \sin (G_{S1S2} - \sigma) = 279495.924\text{m}$$

$$Y_{kE2} = Y_{KA2} - SL \sin (G_{S1S2} - \sigma) = 4016770.67\text{m}$$

Les résultats de calcul d'axe sont joints en annexe

Chapitre VI :

Profil en long



VI.1. Introduction :

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 [3] :

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

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

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

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

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

$R_{vertical} > 6 \times R_{horizontal}$, 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. [2].

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% [2]. Le tableau VI. 1 donne les valeurs maximales de la déclivité.

Tableau VI. 1: Valeurs de déclivité maximale [NormesB40]

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

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) :

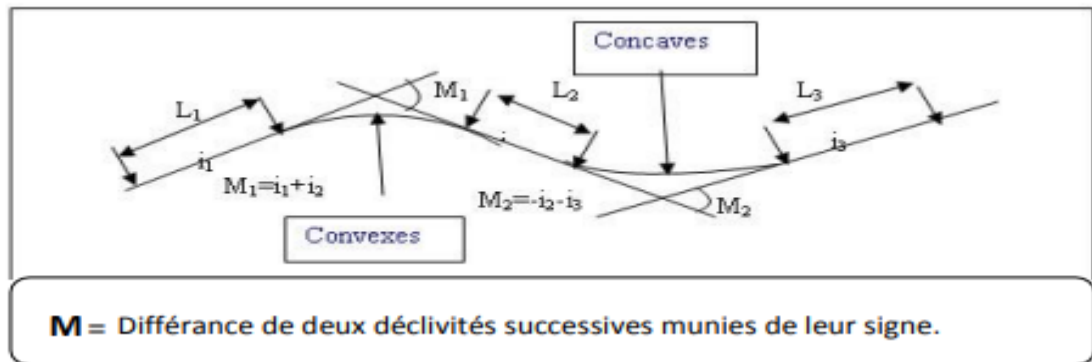


Figure VI. 1 : Raccordement convexe et concave.

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 aux deux conditions suivantes :

- *Condition de confort.*
- *Condition de visibilité.*

VI.6.1. a. 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 :

$$\ll g / 40(\text{cat } 1-2) \text{ et } g / 30 (\text{Cat } 3-4-5) \gg \quad (\text{VI. } 1)$$

Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$v^2 / R_v < g / 40 \quad (\text{VI. 2})$$

Avec $g = 10 \text{ (m/s}^2\text{)}$ et $v = V/3,6$

D'où :

$$R_{v\text{min}} \geq 0,30 V^2 \text{ (cat 1-2)} \quad (\text{VI. 3})$$

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

Tels que :

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

VI.6.2. b. Condition de visibilité :

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

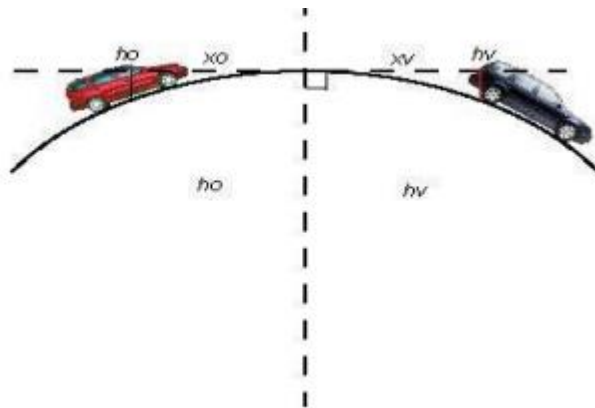


Figure VI. 2 : Visibilité entre véhicules.

Il faut que deux véhicules qui circulent 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 :

$$R_v \geq \frac{da^2}{2(h_0 + h_1 + 2\sqrt{h_0 h_1})} \quad (\text{VI. 5})$$

Avec :

d_a : Distance d'arrêt (m).

h_0 : Hauteur de l'œil (m).

h_1 : Hauteur de l'obstacle (m).

Dans le cas d'une route catégorie 1-2 :

$h_0=1,10$ m, $h_1= 0,15$ m

On trouve :
$$Rv = 0,24 d_a^2 \quad (\text{VI. 6})$$

Les rayons assurant ces deux conditions sont donnés par les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix une chaussée bidirectionnelle et pour une vitesse de base $Vb=80$ (Km/h) et pour la catégorie 1 on a les rayon donées par la tableau VI. 2 :

Tableau VI. 2: Rayons convexes (angle saillant) [Normes B40]

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

VI.6.2.3. 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 :

$$R'v = \frac{d1^2}{1.5+0.035 \times d1} \quad (\text{VI. 7})$$

Dans notre cas, les valeurs des rayons concaves sont données par le tableau VI. 3 :

Tableau VI. 3 : Rayons concaves (angle rentrant).B40

| catégorie | Vitesse v_r (km/h) | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 |
|-----------|----------------------|------|------|------|------|------|
| C-1-2 | Rvm1 | 500 | 1200 | 2400 | 3000 | 4200 |
| | RVN 1 | 1200 | 2400 | 3000 | 4200 | 6000 |

VI.7. Détermination pratique du profil en long :

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

$$X^2 + Y^2 - 2R Y = 0 \quad (\text{VI. 8})$$

À l'équation de la parabole

$$X^2 - 2RY = 0 \rightarrow Y = \frac{X^2}{2R} \quad (\text{VI. 9})$$

Pratiquement, le calcul des raccordements se fait de la façon suivante :

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) des points A et D.
- Donnée La pente P_1 de la droite (AS).
- Donnée la pente P_2 de la droite (DS).
- Donnée le rayon

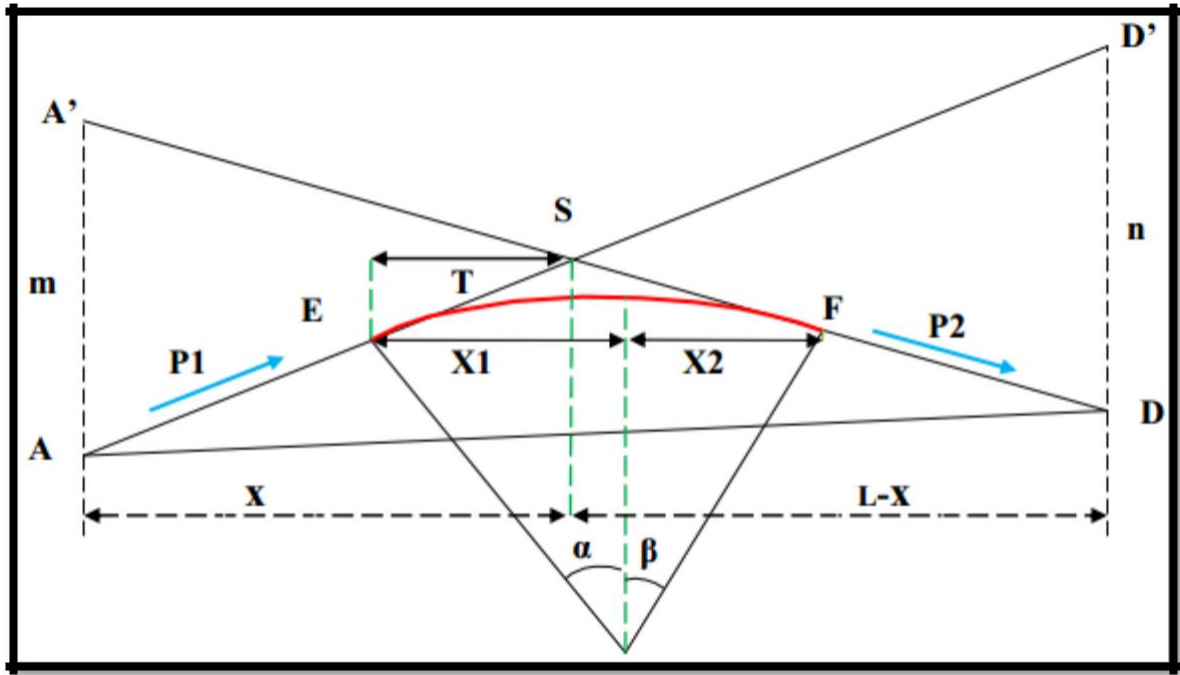


Figure VI. 3 : Détermination du profil en long

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 :

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

$$\mathbf{S \quad X_S = X + X_A.} \quad (\text{VI. 9})$$

$$\mathbf{Z_S = P_1.X + Z_A.}$$

VI.7.2. Calculs de La tangente :

$$\mathbf{T = \frac{R}{2} |P_1 - P_2|} \quad (\text{VI. 10})$$

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

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

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

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

$$LR=2T \quad (VI. 11)$$

VI.7.4. Calcul de la flèche :

$$f = \frac{T^2}{2R} \quad (VI. 12)$$

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

$$M \left\{ \begin{array}{l} H_x = x^2 / 2R \\ Z_M = Z_B + X_{p1} - X^2 / 2R \end{array} \right. \quad (VI. 13)$$

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.

$$X_1 = R \cdot P_1 \quad ; \quad X_2 = R \cdot P_2 \quad \quad X_J = X_E + R \cdot P_1$$

$$\left\{ \begin{array}{l} X_J = X_E + R \cdot P_1 \\ Z_J = Z_E + X_1 \cdot P_1 \frac{X_1}{2R} \end{array} \right. \quad (VI. 14)$$

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. Application au projet :

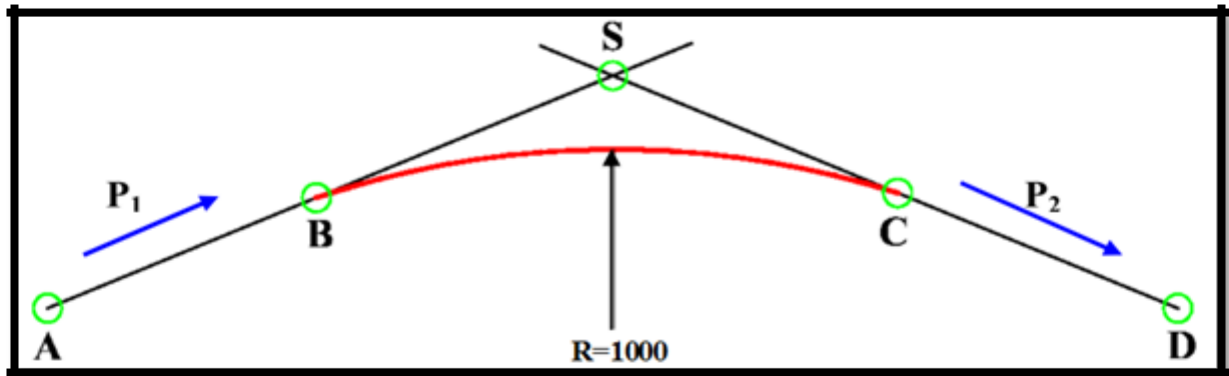


Figure VI 4 : Exemple Du Calcul Du Profil En Long

Tableau VI. 4: Exemple de calcul.

| points | PK (m) | Z (m) |
|--------|----------|---------|
| A | 340.468 | 145.146 |
| S | 1740.353 | 159.225 |
| D | 1922.710 | 158.525 |

*Calcul des pentes

$$P1 = \frac{Zs - ZA}{PKs - PKA} \times 100 = \frac{159.225 - 145.146}{1740.340.68} \times 100 \Rightarrow P1 = 1.006\%$$

$$P2 = \frac{ZS - ZB}{PkD - pkS} \times 100 = \frac{159.225 - 158.525}{1922.71 - 1740.353} \times 100 \Rightarrow P2 = 0.386\%$$

*Calcul des tangentes :

$$T = R \cdot \frac{P1 + P2}{200} = 5898.98 \times \frac{1.006 + 0.386}{200} = 41.044m \quad (\text{VI. 15})$$

*Calcul des flèches :

$$f = T^2/2R = 0,1431 \text{ m}$$

*Calcul des coordonnées des points de tangentes :

$$X_B = pk_s - T = (1740.353 - 41.044) = 1699.309 \text{ m}$$

$$Z_B = Z_S - T.P_1 = 159.229 - (41.044 \times 0.01006) = 158.81 \text{ m}$$

$$X_C = pk_s + T = (1740.353 + 41.044) = 1781.897 \text{ m} \quad (\text{VI. 16})$$

$$Z_C = Z_S - T.P_2 = 159.229 - (41.044 \times 0.00386) = 159.07 \text{ m}$$

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

$$X_{j1} = R \times P = 5898.98 \times 0.01006 = 59.34 \text{ m}$$

$$X_{j1} = 5898.98 \times 0.00386 = 22.77 \text{ m} \quad (\text{VI. 17})$$

Distance cumule de j1

$$X_{Aj1} = X_C - X_{j1} = 1781.897 - 22.77 = 1759.127$$

$$Z_{j1} = Z_C + X_{Aj1} \cdot p = 159.07 + 22.77 \times 0.00386 = 159.154 \text{ m}$$

$$Y = (X_{j1})^2 / 2R = (22.77)^2 / 2 \times 5898.98 = 0.044 \quad (\text{VI. 18})$$

$$Z_{j1c} = Z_{j1} - Y = 159.154 - 0.298 = 159.11 \text{ m}$$

Les deux tableaux suivants donnent les différentes valeurs relatives à notre projet :

Tableau VI. 5 : Valeurs des coordonnées, les pentes, les rayons, la tangente et la flèche.

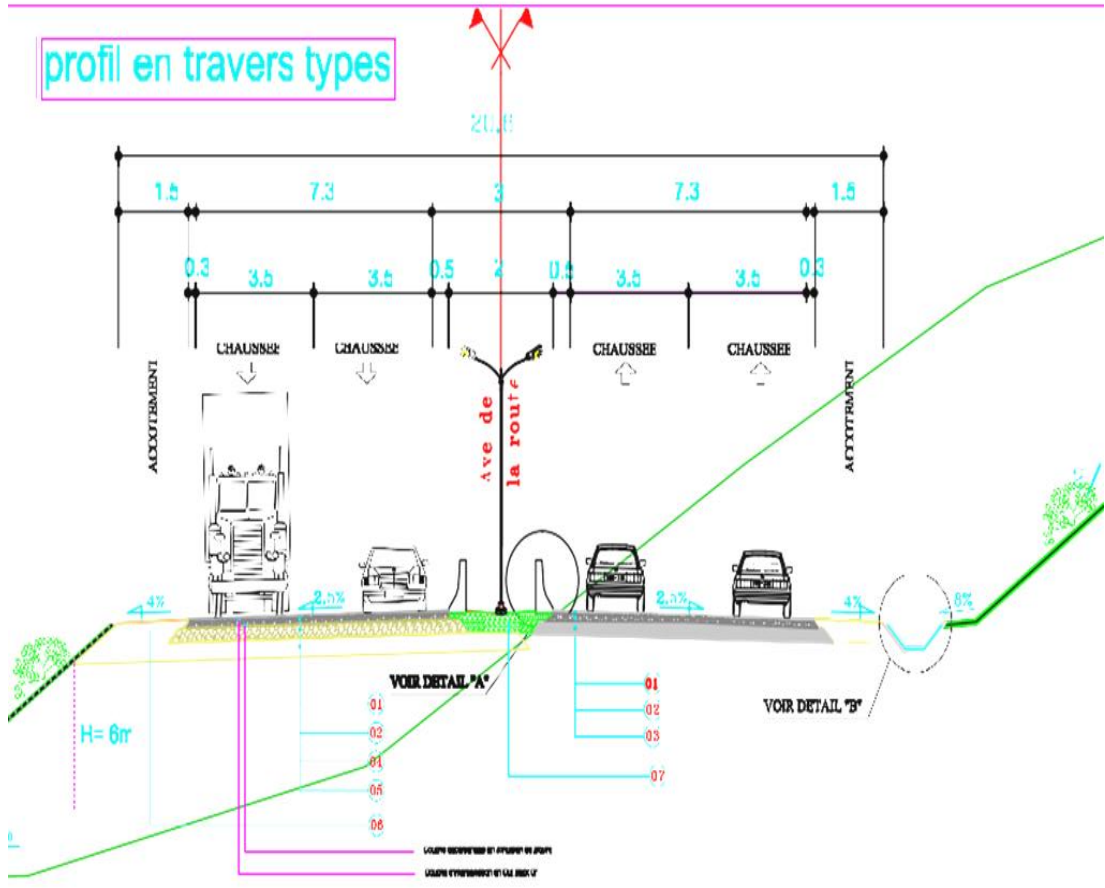
| Élément Sommet | Xs (m) | Z projet | P1% P2% | Nature des angles | Sens des pentes | Les rayons (m) | T(m) | F(m) |
|-----------------------|-----------|----------|-----------------|-------------------------|--------------------|----------------------|---------|------|
| A S1 | 0.00 | 137.692 | 2.189 | Saillant | même sens | 10143.58 | 60.028 | 0.18 |
| | 340.468 | 145.146 | 1.006 | | | | | |
| S2 | 1740.353 | 159.225 | 1.006 -0.386 | Saillant | Sens contraire | 5898.98 | 41.044 | 0.14 |
| S3 | 1922.710 | 158.525 | -0.386 0.768 | Rentrant | Sens contraire | 4334.85 | 25.017 | 0.07 |
| S4 | 2353.348 | 161.831 | 0.768 | Saillant | Sens contraire | 11144.32 | 138.445 | 0.86 |
| | 2764.873 | 154.771 | -1.716 | | | | | |

Tableau VI. 6 : Les coordonnées des points J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale.

| points | Xj(m)) | Z(m) | Distance cumule(m) | $Y=(Xj)^2 / 2R(m)$) | Zc(m) |
|-----------|---|---------|-----------------------|-------------------------|--------|
| J1 | 222.04 (pentes de même sens le point J est en dehors de la ligne de projet) | | | | |
| J2 | 22.77 | 159.154 | 1759.127 | 0.044 | 159.11 |
| J3 | 16.73 | 158.55 | 1914.42 | 0.032 | 158.58 |
| J4 | 85.58 | 161.42 | 2300.66 | 0.33 | 161.09 |

Chapitre VII :

Profil en travers



VII.1. Introduction :

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 :

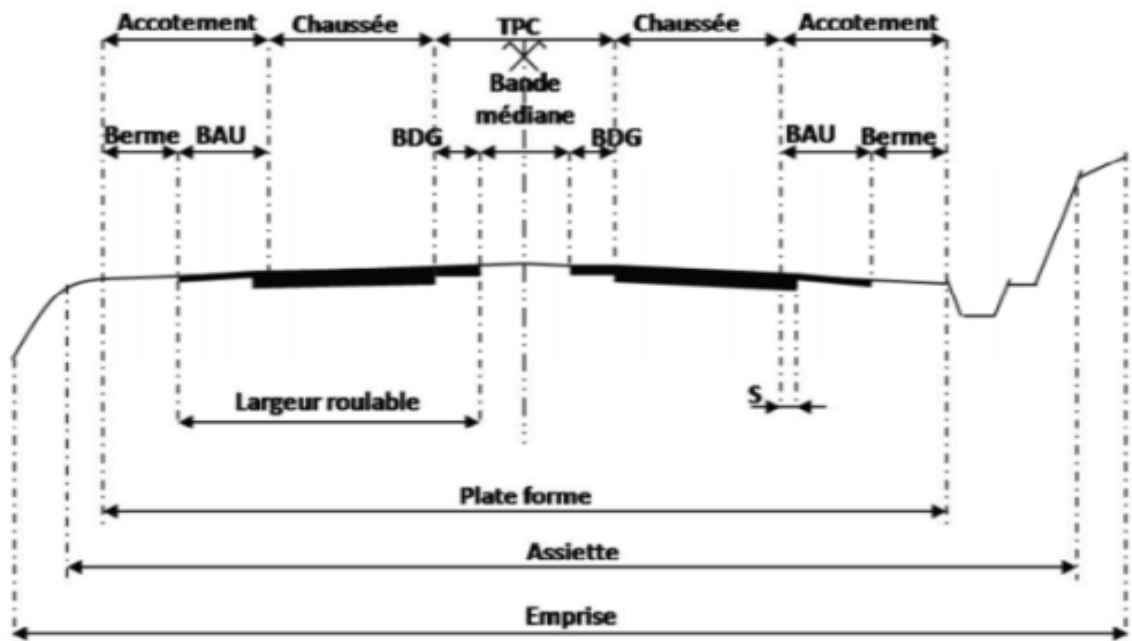


Figure VII. 1 : Éléments du profil en travers. [4]

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

a- La chaussée :

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

b- Les accotements :

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

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

c- Plate-forme :

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

d- L'assiette :

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

e- L'emprise :

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

f- Le talus :

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

A : la base du talus.

B : hauteur du talus.

g- Le fossé :

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

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

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

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

i- La largeur roulable :

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

VII.3. Classification du profil en travers :

Ils existent deux types de profils :

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

VII. 3. 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.

VII. 3. 2. Le profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulières (0,25m.), qui servent à calculer les cubatures.

Application numérique au projet :

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

Chaussée : $7,3 \times 2 = 14,60$ m.

Accotement : $1,50 \times 2 = 3,00$ m.

Un terre-plein central : 3,00 m.

Chapitre VIII : Les cubatures



Déblai

Remblai

VIII.1. introduction :

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. [5]

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 à 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.

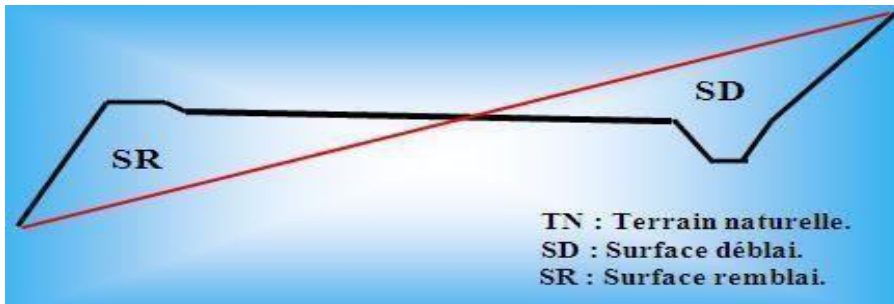


Figure VIII. 1 : Volume déblai, remblai.

VIII.3.1. Formule de SARRAUS :

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

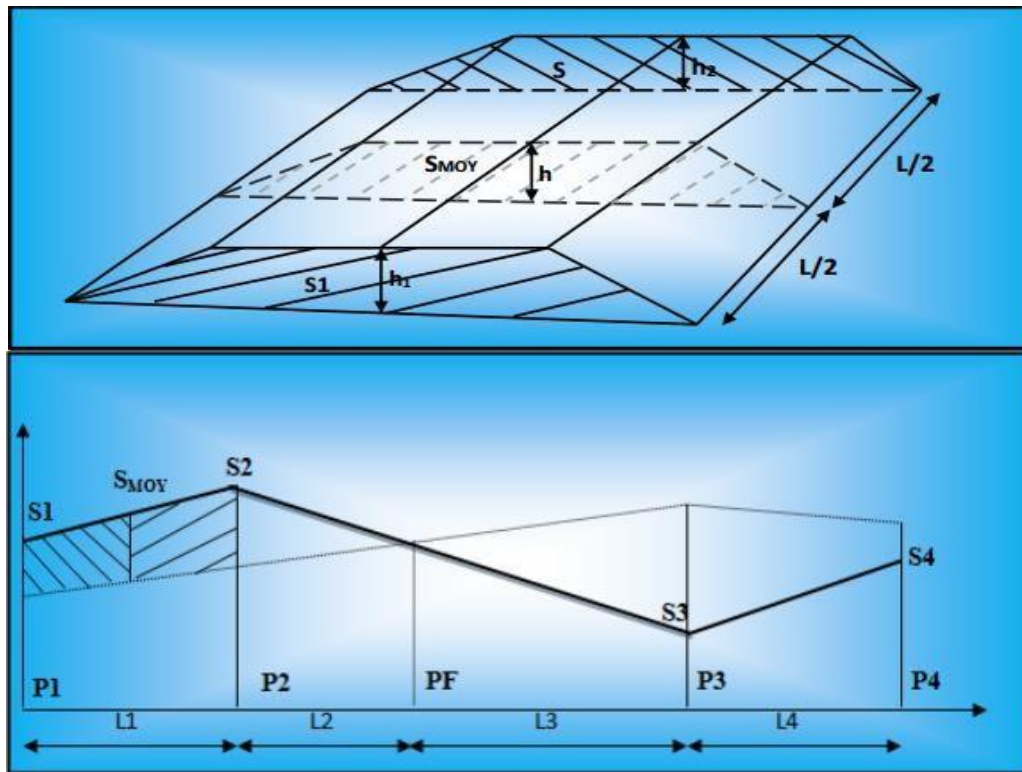


Figure VIII. 2 : Calcul volume déblai - Remblai.

$$V = \frac{L}{6} (S_1 + S_2 + 4 \times S_{MOY}) \quad (\text{VIII. 1})$$

PF : profil fictive, surface nulle.

- ✓ Si : surface de profil en travers Pi.
- ✓ Li : distance entre ces deux profils.

✓ S_{MOY} : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance L_i).

Pour éviter des calculs très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions S_{MOY} et $(S_1+S_2)/2$; Ceci donne :

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

Donc les volumes seront :

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

$$\text{Entre P2 et PF : } V_2 = \frac{L_2}{2} \times (S_2 + 0) \quad (\text{VIII. 3})$$

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

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

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

$$V = \frac{L_1}{2} S_1 + \frac{L_1 + L_2}{2} S_2 + \frac{L_2 + L_3}{2} \times 0 + \frac{L_3 + L_4}{2} S_3 + \frac{L_4}{2} S_4 \quad (\text{VIII. 4})$$

VIII.3.2. Méthode de GULDEN :

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

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

VIII.3.3. Méthode linéaire :

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

VIII.3.4. 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.

TERRASSEMENT :

Tableau VIII. 1 : cubatures déblai-remblai par profil « variante choisie»

| N° | ABSCISSE | REMBLAI | DEBLAI | DECAPAGE |
|------|-----------|---------|--------|----------|
| PROF | CURVILIGN | VOLUME | VOLUME | SECTION |
| 1 | 0 | 0,2 | 235,6 | 358 |
| 2 | 25 | 2,1 | 133,4 | 605,5 |
| 3 | 50 | 89 | 0,2 | 540 |
| 4 | 75 | 275,7 | 0 | 564,5 |
| 5 | 100 | 457,1 | 0 | 585 |
| 6 | 125 | 581,5 | 0 | 604,5 |
| 7 | 150 | 822,6 | 0 | 622,5 |
| 8 | 175 | 282,6 | 18,1 | 573,5 |
| 9 | 200 | 0,4 | 1270,3 | 782 |
| 10 | 225 | 0,5 | 962,8 | 778 |
| 11 | 250 | 0,6 | 425,2 | 735 |
| 12 | 275 | 2 | 571,3 | 738 |
| 13 | 300 | 0,4 | 712,7 | 738,5 |
| 14 | 325 | 0,6 | 858,8 | 773,5 |
| 15 | 350 | 0,5 | 515,9 | 722 |
| 16 | 375 | 435,8 | 0 | 588,5 |
| 17 | 400 | 717,7 | 0 | 614,5 |
| 18 | 425 | 753,2 | 0 | 618,5 |
| 19 | 450 | 483,1 | 0 | 594,5 |
| 20 | 475 | 125,5 | 0 | 547 |
| 21 | 500 | 65,8 | 24,5 | 531 |
| 22 | 525 | 52,1 | 23,1 | 533 |
| 23 | 550 | 0,5 | 169,2 | 602,5 |
| 24 | 575 | 0,3 | 239,2 | 624 |
| 25 | 600 | 0 | 60,4 | 524 |
| 26 | 625 | 0,3 | 212,8 | 616,5 |
| 27 | 650 | 3,6 | 267,7 | 699 |
| 28 | 675 | 165,9 | 2,3 | 548,5 |
| 29 | 700 | 332,1 | 0 | 559,5 |
| 30 | 725 | 40,1 | 5,4 | 531,5 |
| 31 | 750 | 127 | 0 | 543 |
| 32 | 775 | 203 | 0 | 555 |
| 33 | 800 | 43,8 | 12,5 | 531 |
| 34 | 825 | 0,8 | 83,2 | 618 |
| 35 | 850 | 2,5 | 304,6 | 704 |
| 36 | 875 | 2,5 | 432 | 714 |
| 37 | 900 | 0,5 | 600,7 | 734 |
| 38 | 925 | 0,5 | 808,8 | 753 |

| | | | | |
|----|----------|-------|--------|-------|
| 39 | 950 | 0,6 | 364,8 | 713,5 |
| 40 | 975 | 0,3 | 131,6 | 608,5 |
| 41 | 1000 | 67,1 | 6,1 | 528 |
| 42 | 1025 | 93,2 | 5,3 | 537 |
| 43 | 1050 | 0,4 | 125,4 | 610,5 |
| 44 | 1075 | 0,3 | 221,5 | 621,5 |
| 45 | 1100 | 3,6 | 192,5 | 637,5 |
| 46 | 1125 | 0,2 | 785,8 | 684 |
| 47 | 1150 | 0,2 | 990,4 | 742,5 |
| 48 | 1175 | 0,3 | 1779,9 | 809 |
| 49 | 1200 | 0,4 | 1758,5 | 815,5 |
| 50 | 1225 | 0,5 | 1080,4 | 784,5 |
| 51 | 1250 | 0,5 | 783,9 | 761 |
| 52 | 1275 | 0,5 | 817,4 | 757,5 |
| 53 | 1300 | 0,4 | 1024,6 | 753,5 |
| 54 | 1325 | 0,2 | 220 | 609 |
| 55 | 1350 | 0,4 | 482,4 | 712,5 |
| 56 | 1375 | 0 | 63 | 522 |
| 57 | 1400 | 20,9 | 12,8 | 529,5 |
| 58 | 1425 | 39,9 | 10,5 | 531,5 |
| 59 | 1450 | 51,3 | 9,7 | 530 |
| 60 | 1475 | 0,5 | 317,7 | 701,5 |
| 61 | 1500 | 0,4 | 689,5 | 733,5 |
| 62 | 1525 | 0,4 | 579,5 | 717,5 |
| 63 | 1550 | 2,4 | 165,3 | 600 |
| 64 | 1575 | 2,1 | 133,9 | 607,5 |
| 65 | 1600 | 0,2 | 209,7 | 615,5 |
| 66 | 1625 | 11,3 | 22,3 | 525 |
| 67 | 1650 | 45,9 | 49,9 | 618 |
| 68 | 1675 | 268,7 | 0 | 563 |
| 69 | 1700 | 483,7 | 0 | 588,5 |
| 70 | 1725 | 650,8 | 0 | 607,5 |
| 71 | 1750 | 729,2 | 0 | 619 |
| 72 | 1775 | 762,5 | 0 | 625,5 |
| 73 | 1800 | 612,5 | 0 | 605,5 |
| 74 | 1825 | 592 | 0 | 605,5 |
| 75 | 1850 | 628,9 | 0 | 607,5 |
| 76 | 1875 | 295,7 | 0 | 510,5 |
| 77 | 1895,241 | 0 | 126,8 | 0 |
| 78 | 1900 | 0 | 163,6 | 394,5 |
| 79 | 1925 | 0,2 | 296,4 | 612 |
| 80 | 1950 | 0,7 | 393,4 | 710,5 |
| 81 | 1975 | 0,5 | 1276,3 | 790 |
| 82 | 2000 | 0,4 | 2579,8 | 881,5 |
| 83 | 2025 | 0,5 | 2436 | 893,5 |
| 84 | 2050 | 0,5 | 2361,3 | 892 |

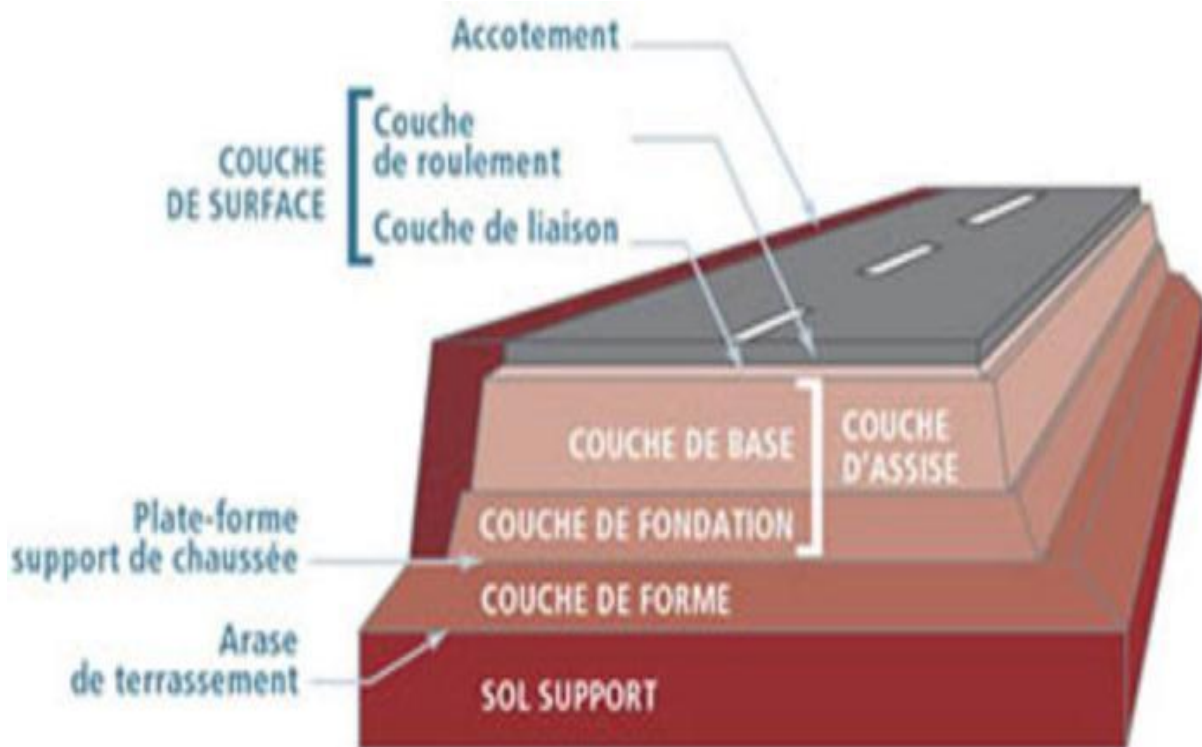
| | | | | |
|-----|----------|-------|--------|-------|
| 85 | 2075 | 0,5 | 2393,3 | 900,5 |
| 86 | 2100 | 0,5 | 2773,2 | 930 |
| 87 | 2125 | 0,5 | 3039,8 | 946,5 |
| 88 | 2150 | 0,5 | 3147,1 | 949,5 |
| 89 | 2175 | 0,5 | 3329,2 | 968 |
| 90 | 2200 | 0,4 | 3514,9 | 978 |
| 91 | 2225 | 0,4 | 3125,8 | 941,5 |
| 92 | 2250 | 0,5 | 1982,4 | 857 |
| 93 | 2275 | 0,5 | 1470,1 | 818 |
| 94 | 2300 | 0,5 | 1208,6 | 792,5 |
| 95 | 2325 | 0,4 | 1940,7 | 856,5 |
| 96 | 2350 | 0,3 | 2869,6 | 892,5 |
| 97 | 2375 | 0,4 | 1139,2 | 765 |
| 98 | 2400 | 0,4 | 599,8 | 768 |
| 99 | 2425 | 0,5 | 484,4 | 747 |
| 100 | 2450 | 188,5 | 4,8 | 546 |
| 101 | 2475 | 348,1 | 0 | 574,5 |
| 102 | 2500 | 384,8 | 0 | 571 |
| 103 | 2525 | 232,7 | 0 | 559 |
| 104 | 2550 | 127,2 | 9,7 | 530 |
| 105 | 2575 | 363,4 | 0 | 568,5 |
| 106 | 2600 | 646,9 | 0 | 592,5 |
| 107 | 2625 | 177,8 | 0,1 | 545 |
| 108 | 2650 | 0,3 | 178,9 | 620 |
| 109 | 2675 | 2,2 | 341,7 | 698 |
| 110 | 2700 | 0,5 | 496 | 715 |
| 111 | 2725 | 0,5 | 388,7 | 709 |
| 112 | 2750 | 3,5 | 325 | 558 |
| 113 | 2764,873 | 0 | 97,4 | 104,5 |
| | TOT | 13927 | 66479 | 74035 |

Tableau VIII. 2 ; Résultats des terrassements

| | |
|--|-------------------------------|
| Section total de décapage | 74035,00 m² |
| Volume cumulé déblais (m³) | 66479.00 m³ |
| Volume cumulé remblai (m³) | 13927.00 m³ |
| Excès de déblais | 52546.00 m³ |

Chapitre IX

Dimensionnement du Corps de chaussée



IX.1. Introduction :

Le dimensionnement d'une structure de chaussée routière consiste à déterminer la nature et l'épaisseur des couches qui la constituent afin qu'elle puisse résister aux diverses agressions auxquelles elle sera soumise tout au long de sa vie.

La structure d'une chaussée routière doit résister à diverses sollicitations, notamment celles dues au trafic et elle doit assurer la diffusion des efforts induits par ce même trafic dans le sol de fondation. L'application d'une charge roulante induit ainsi une déformation en flexion des couches de la structure. Cette flexion entraîne des sollicitations en compression au droit de la charge et des sollicitations en traction à la base des couches d'enrobés.

Il existe différentes méthodes pour bien appréhender cette déformation. Elles donnent lieu ensuite à différents modèles de dimensionnement.

Le trafic pris en compte est celui du poids lourd, c'est-à-dire des véhicules dont le poids total est supérieur à 3,5 tonnes.

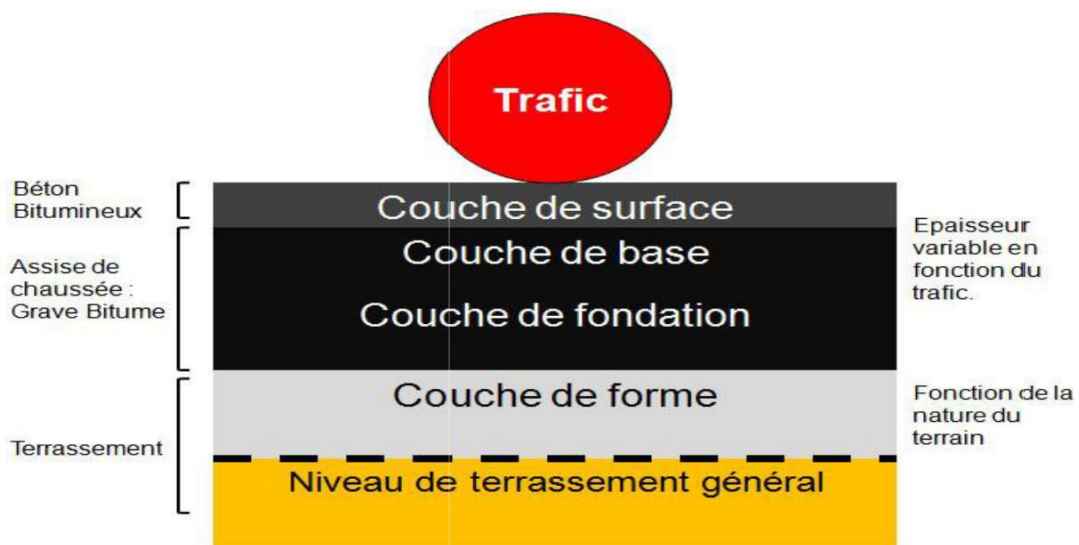


Figure IX. 1: Structure de la chaussée sous trafic

Le calcul et la justification des épaisseurs des différentes couches de la structure de chaussée retenue, sont fixés en fonction des paramètres fondamentaux qui sont :

- L'environnement de la route.
- Le trafic.
- La nature du sol support.
- Les matériaux choisis.
- La durée de vie de la chaussée.

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

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

IX.2. LA chaussée :

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

IX.3. Les différentes couches de chaussée :

IX.3.1. Couche de surface (roulement) :

Cette couche en contact direct avec le pneumatique de véhicule et la charge extérieure, elle est composée d'une couche de roulement et d'une couche de liaison.

Elle a pour rôle essentiel d'assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides.

IX.3.2. Couche de base :

C'est une couche intermédiaire, permet le passage progressif entre CR et CF, Elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

IX.3.3. Couche de fondation :

Elle a le même rôle que celui de la couche de base. La couche de base et couche de fondation forment le « corps de chaussée ».

IX.3.4. 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 portante (argileux à teneur en eau élevée) :

Elle assure une portance suffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement.

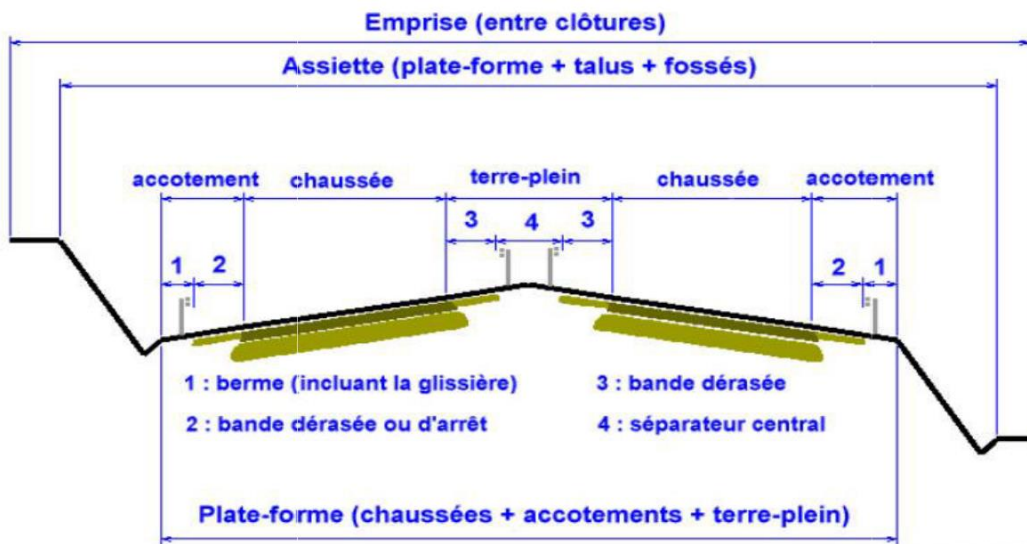
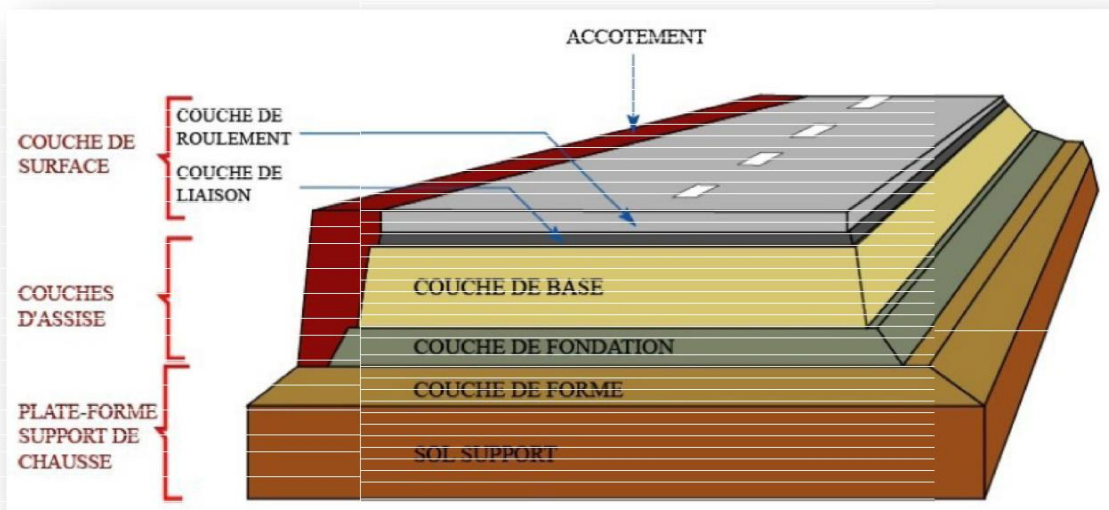


Figure IX. 2: Les différentes Couches De Chaussée.

IX.4. Les différents types de chaussée :

Il existe trois types de chaussée:

- Chaussée souple.
- Chaussée semi - rigide.
- Chaussée rigide.

Chaussée souple :

Dans une chaussée souple, on distingue, en partant du haut vers le bas, les couches suivantes:

- La couche de surface ou couche de roulement.
- La couche de base.
- La couche de fondation.
- La couche de forme.

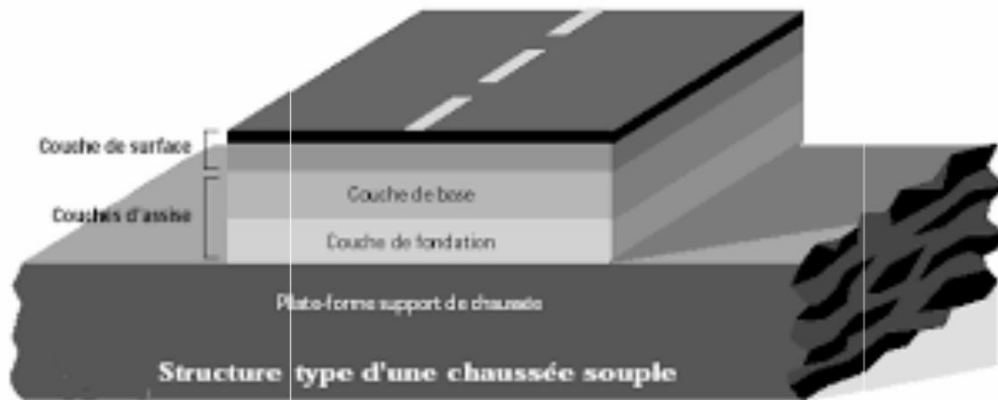


Figure IX. 3 : structure type d'une chaussée souple.

Chaussée semi-rigide :

Chaussée constituée d'une ou deux couches d'assise réalisées avec des graves traitées au x liants hydrauliques (ciment, cendres volantes) et d'une couche de surface en béton bitumineux.

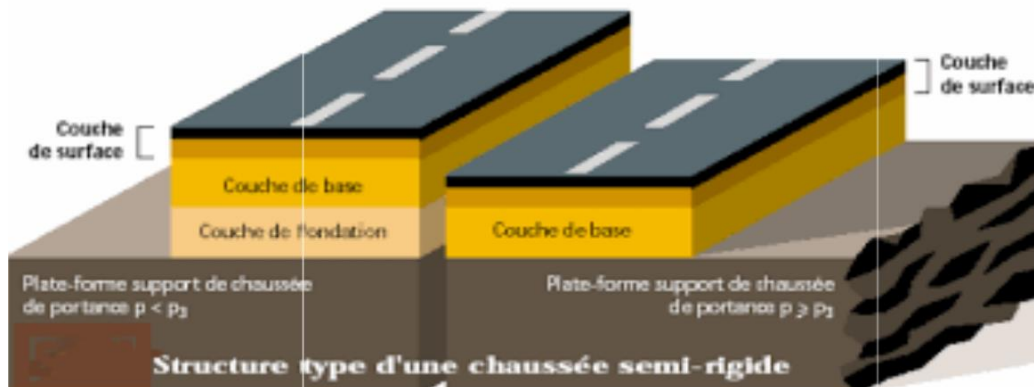


Figure IX. 4: structure type d'une chaussée semi-rigide.

Chaussée rigide :

Chaussée réalisée essentiellement avec un matériau rigide, généralement du béton de ciment, la couche de béton assure en principe le rôle de couche de base et de surface mais peut être recouverte d'une couche de roulement en béton bitumineux mince.

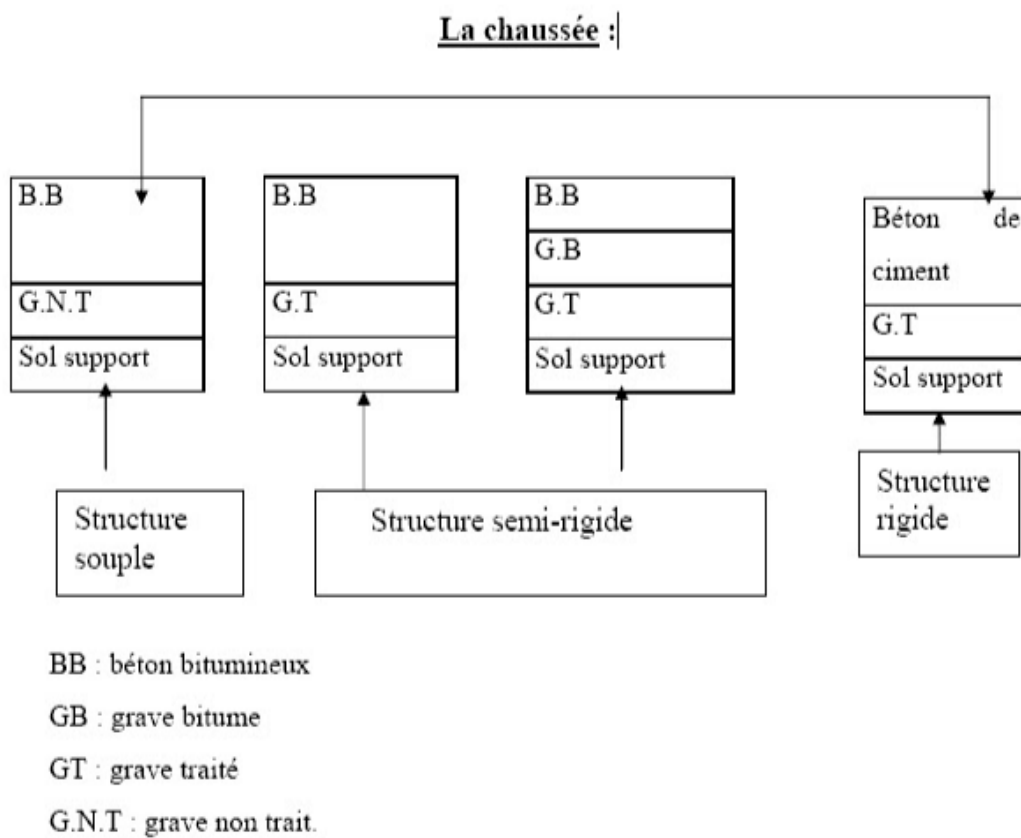


Figure IX. 5: Les différents types de chaussée.

IX.5. Méthodes de dimensionnement :

La méthode de dimensionnement d'une chaussée est illustrée par la figure IX. 6.

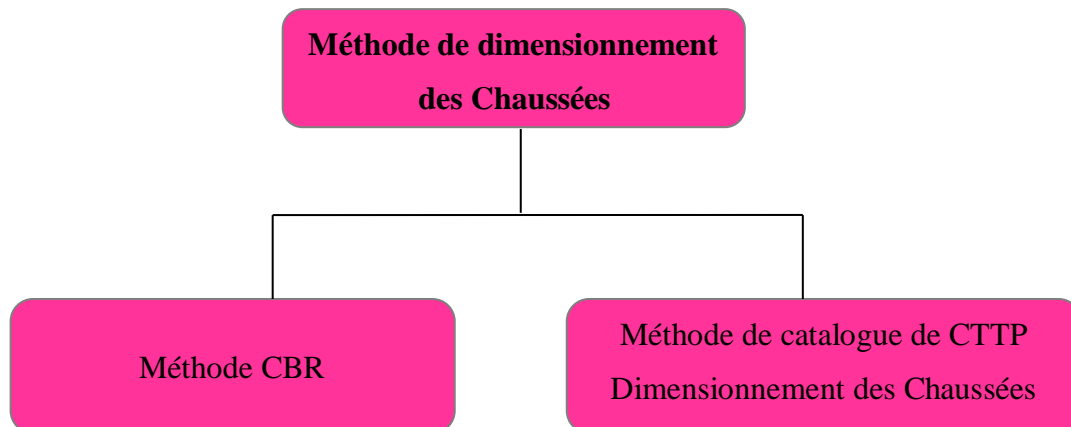


Figure IX. 6 : Méthodes de dimensionnement

IX.5.1. Méthode CBR :

L'épaisseur de la chaussée obtenue par la formule CBR améliorée, correspond à un matériau bien défini (grave propre bien gradué). Pour ce matériau, le coefficient d'équivalence est égale à 1.

Et pour qualités différents, il faudra utiliser le coefficient (ei), tel que :

ai : coefficient d'équivalence de chacun des matériaux à utiliser.

a1 × e1 : couche de roulement

a2 × e2 : couche de base

a3 × e3 : couche de fondation

e1, e2, e3 : épaisseurs réelles des couches L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

$$e_{\text{éq}} = \sum a_i \times e_i$$

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

Eéq : épaisseur équivalent en cm

ICBR : indice CBR

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

Log : logarithme décimal.

Tableau IX. 1: 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 |

IX.5.2 Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

Cette méthode se base essentiellement sur quatre paramètres :

- *Le trafic.*
- *La portance de sol support de la chaussée.*
- *Zone climatique et l'environnement.*
- *Les matériaux utilisés.*

Cette méthode est caractérisée par des hypothèses de base sur les paramètres caractéristiques :

1. *Niveau de réseaux principaux :*
2. *La classe de trafic :*

Les classes de trafic TPLi adoptées dans les fiches structures de dimensionnement sont données pour chaque niveau de réseaux principal exprimées en nombre de PL par jour et par sens à l'année de mis en service.

- *Le réseau RP1 comprend cinq classes à partir TPL3 jusqu'à TPL7.*
- *Le réseau RP2 comprend cinq classes à partir TPL0 jusqu'à TPL3.*

Tableau IX. 2: La classe de trafic

| | | TPL0 | TPL1 | TPL2 | TPL3 | TPL4 | TPL5 | TPL6 | TPL7 |
|---------------|------------|---------------|-----------------|------------------|------------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| PL/J/S | BP1 | – | – | – | 150 | 300 | 600 | 1500 | 3000 |
| | | | | | à | à | à | à | à |
| | | | | | 300 | 600 | 1500 | 3000 | 6000 |
| PL/J/S | RP2 | 0 à 50 | 50 à 100 | 100 à 150 | 150 à 300 | – | – | – | – |

3. *La classe du sol support :*

Tableau IX. 3: Classement de sol support :

| Portance (Si) | CBR |
|---------------|--------------|
| S4 | <5 |
| S3 | 5-10 |
| S2 | 10-25 |
| S1 | 25-40 |
| S0 | >40 |

4. La zone climatique :

<https://www.GCAlgerie.com/>

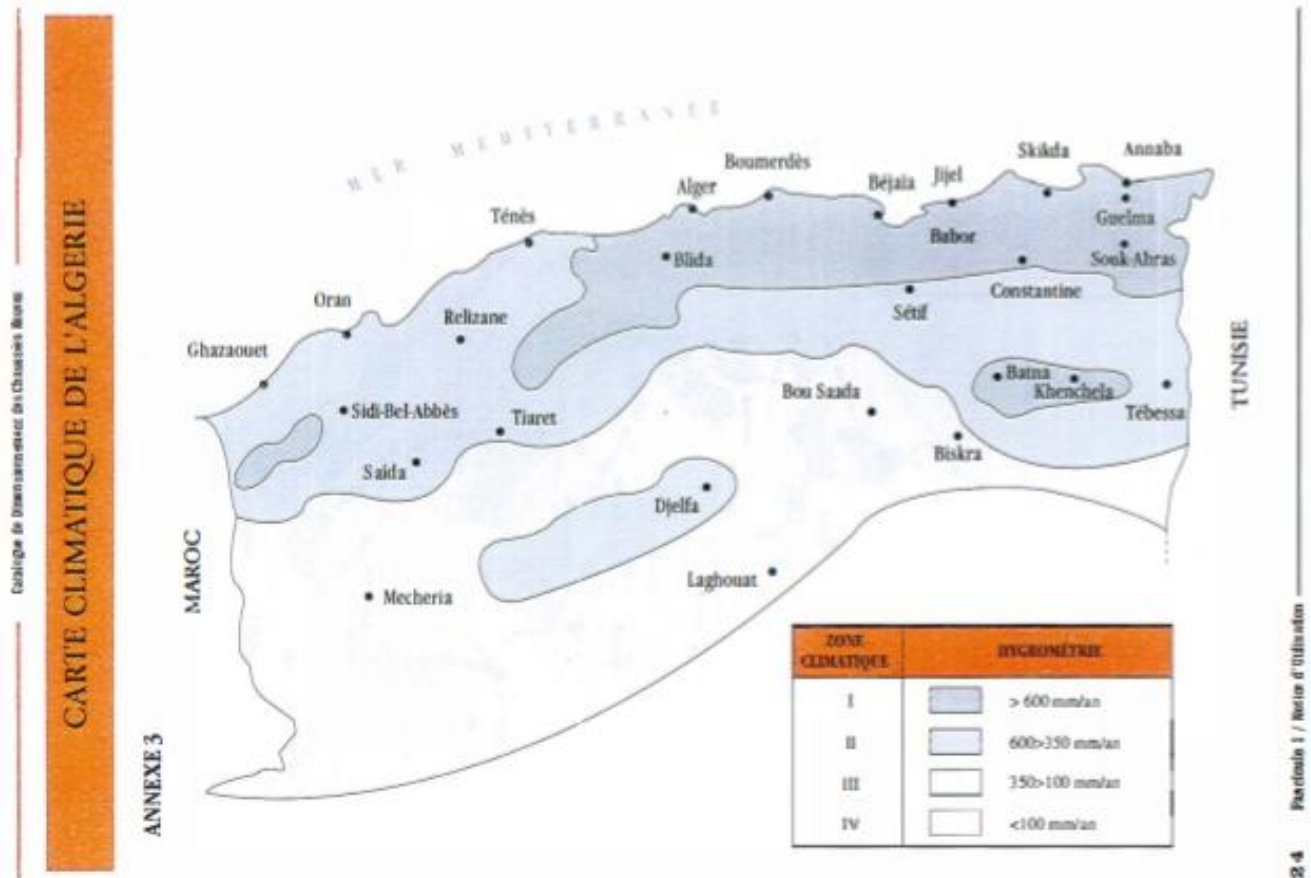


Figure IX. 7: Carte climatiques de l'Algérie

➤ Application numérique :

Les données:

- Vitesse DE BASE = 80 Km /h
- TMJA20165= 7808 v/j
- TMJA2021= 9500v/j
- TMJA2041=20816 v/j
- Z= 14%
- CBR=20
- Durée de vie = 20ans

Méthode de CBR :

$$N_{PL2041} = (TJMA_{2041}/2) \times Z \times 0,9 \quad (IX. 1)$$

La chaussée étant unidirectionnelle 2x2 voies. La voie la plus chargée supporte 90% du trafic lourd.

$$N_{PL2041} = (TJMA_{2041}/2) \times Z \times 0.9 = (20816/2)0.14 \times 0.9 = 1311PL/J$$

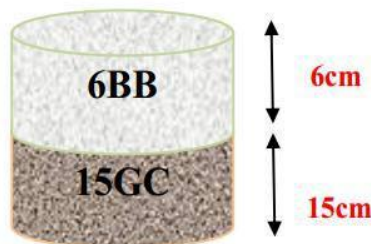
$$E_{\text{eq}} = \frac{100 + (75 + 50 \log(\frac{1311}{10})) \sqrt{6,5}}{20 + 5} = 22,44 \text{ cm}$$

On a : $E_{\text{eq}} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 + a_4 \times e_4$

Tableau IX. 4 : Donc notre proposition de structure

| Couche | Epaisseur réelle (cm) | Coefficient d'équivalence (ai) | Epaisseur d'équivalente (cm) |
|--------|-----------------------|--------------------------------|------------------------------|
| BB | 06 | 02 | 12 |
| GC | 15 | 01 | 15 |
| TOTAL | 21 | / | 27 |

$$E_{\text{eq}} = 6 \times 2 + 15 \times 1 = 27 \text{ cm}$$



Dimensionnement par la Méthode CBR

Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) :

Tableau IX. 5: Détermination du type de réseau :

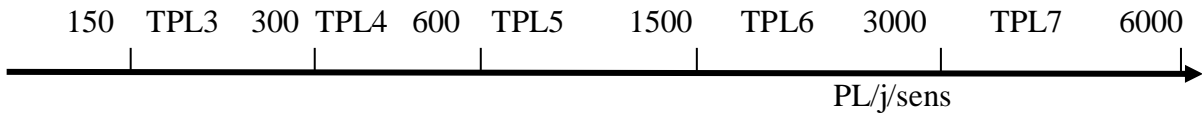
| Réseau principal | Trafic (véhicules/jour) |
|------------------|-------------------------|
| RP1 | > 1500 |
| RP2 | < 1500 |

On a : $TJMA_{2021} = 9560 \text{ v/j} > 1500 \text{ v/j}$

La route principale présentant intérêt économique et stratégique. Donc on est dans le réseau principal de niveau 1 (RP1).

Détermination de la classe de trafic :

$$PL_{2021} = TJMA_{2021} \times Z \times 0.9 \times 0.5 = 9500 \times 0.14 \times 0.9 \times 0.5 = 598 \text{ PL/J/SENS}$$



300 < 598 < 600 donc d'après le catalogue \longrightarrow trafic du poids lourds est de classe TPL4

- D'après la carte de la zone climatique de l'Algérie notre projet est dans la zone climatique II.

Détermination de la portance de sol support de chaussée :

- $E \text{ (MPa)} = 5 \times 20 = 100 \text{ (MP A)}$ \longrightarrow Classe S2

| TPLi PL/j/sens | Si | S2 | S1 | S0 |
|-------------------|----|--------|---------|---------|
| | | 50 MPa | 125 MPa | 200 MPa |
| 6000 TLP7 | | | | |
| 3000 TLP6 | | | | |
| 1500 TLP5 | | | | |
| 600 TLP4 | | | | |
| 300 TLP3 | | | | |
| 150 | | | | |

Figure IX. 8: CATALOGUE DE CTTP

La structure finale par la méthode de catalogue de cttp dimensionnement de la chaussée neuve sera donc

Dimensionnement par la méthode CTTP

6BB + 15GB + 35GNT

Tableau IX. 6 : Résultats de calcul de dimensionnement du corps de chaussée

| Indice CBR | SOL Support | Zon Climatique | NPL 2041 | Méthode CBR | Méthode catalogue CTTP | |
|---------------|----------------|-------------------|-------------|----------------|---------------------------|-------------------------|
| | | | | | Classe de trafic PL | / |
| 20 | S ₂ | II | 1320 | 6 BB 15 GB | 600 < 598 < 1500 TPL 5 | 6 BB 15 GB 35 GNT |

IX.6. Conclusion :

Après avoir déterminé l'épaisseur de notre chaussée, et vue les différents résultats nous constatons qu'il n'y a pas une grande différence entre les trois méthodes, nous avons opté pour les épaisseurs obtenues à travers la méthode CBR, pour des raisons économiques.

Chapitre X : ETUDE GEOTECHNIQUE



X.1. Introduction :

Les études géotechniques sont nécessaires pour mesurer dès l'avant projet sommaire, l'incident des choix de profil en long et d'une manière générale du tracé en terme de coût. On peut dire aussi que La géotechnique est une science empirique qui se fait en partie sur les données recueillies lors d'essais en laboratoire et sur terrain.

Les études géotechniques ont pour but de définir les caractéristiques géotechniques du sol, de déterminer le volume de remblais pour les terrassements et d'étudier si les déblais sont réutilisable en remblais, et si nécessaire de trouver les zones d'emprunt pour les remblais et la chaussée.

X.2. Les essais d'identification :

X.2.1. Analyses granulométriques :

a) Objectif :

Détermination de la distribution en poids des particules d'un matériau (fig X. 1).

b). Domaine d'application :

La granulométrie est utilisée pour la classification des sols en vue de leur utilisation

c). Principe de l'essai :

L'essai consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis et passoires reposants sur un fond de tamis un matériau en plusieurs classes de tailles décroissantes.



Figure X. 1: Matériels de l'analyse granulométrique.

X.2.2. Équivalent de sable :

a). **Objectif :**

Détermination de l'équivalent de sable (degré de pollution) d'un sable. (Fig. X. 2).

c). **Domaine d'application :**

.classification des sols, étude des sables et sol fins peu plastique.

d). **Principe de l'essai :**

Sédimentation d'un matériau granulaire dans une solution.



Figure X. 2: Essai d'équivalent de sable.

X.2. 3. Limites d'Atterberg :

a). **Objectif :**

Détermination des états de consistance (l'argilosité) d'un sol, (Fig. X. 3)

b). **Domaine d'Application :**

Elle s'applique au sol dont les éléments passent à travers le tamis de dimension nominale d'ouverture de maille 400 μm , pour déterminer les limites d'atterberg (limite de liquidité à la coupelle et limite de plasticité du rouleau), classification des sols, étude de compactage.



Figure X. 3: Matériels pour mesurer la limite d'Atterberg.

c). Principe de l'Essai :

. Essai s'effectue en deux phases :

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

X.2. 4. Essai PROCTOR :

a). Objectif :

Détermination pour un compactage normalisé d'intensité donnée, la teneur en eau optimale et de la densité sèche maximale, (Fig. X. 4).



Figure X. 4. : Matériels d'essai Proctor

B). *Domaine d'application :*

Cet essai est utilisé pour les études de remblai en terre, en particulier pour les sols de fondations (route, piste d'aérodromes...)

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 γ_d varie et passe par un maximum pour une teneur en eau déterminée (dite optimale W_{op}).

X.2. 5. Essai C.B.R (California Bearing Ratio) :

a). *Objectif :*

Détermination de la portance d'un sol, (Fig .X. 5).

b). *Domaine d'application :*

Cet essai est utilisé pour dimensionnement des structures des chaussées et orienter les travaux de terrassements.

c). *Principe de l'essai :*

On compacte avec une dame standard dans un moule standard, l'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, à la teneur en eau optimum (Proctor modifié) avec trois (3) énergies de compactage 25 c/c ; 55 c/c ; 10 c/c et imbibé pendant quatre (4) heures ou bien (4) jours. Les passants sur le tamis inférieur à 20 mm dans le moule CBR.

Figure X. 5: PRESSE CBR



X.2. 6. Essai Los Angeles :

a). **Objet :**

Mesure de la résistance à la fragmentation d'un granulat par chocs, (Fig. X. 6).

b). **Domaine d'application :**

Elle s'applique aux granulats d'origine naturels ou artificiels utilisés dans le domaine routier, et leur résistance par frottements réciproques dans la machine (Los Angeles), le coefficient los angles (LA) est un critère de classification des sols granulaires et matériaux rocheux.

c). **Principe de l'essai :**

Un échantillon de granulats mélangés à des boulets d'acier, rouler dans une machine cylindrique en rotation, faire 500 tours, à une vitesse constante de 32 tr /min, à la fin on évalue la quantité de matériau

Retenu sur le tamis de 1.6 mm.



Figure X. 6 : Matériels d'essai Los Angeles.

X.2. 7. Essai Micro Deval :

a). *Objet :*

Mesure la résistance à l'usure d'un granulat, (Fig. X. 7).

b). *Domaine d'application :*

Il s'applique aux granulats naturels et artificiels utilisés dans le domaine routier, et le coefficient micro dévale (MDE) c'est un critère de classification des sols granulaires et matériaux rocheux.

c). *Principe de l'essai :*

un échantillon de granulats est soumis à une usure produite par frottements réciproques des grains en présence d'eau et d'une charge de billes dans un cylindre en rotation à une vitesse de 100 min⁻¹ pendant 12000 tours, à la fin on calcule le coefficient micro-Deval à partir du pourcentage de granulats retenu sur un tamis de 1.6 mm.

Figure X.7: Matériels d'essai Micro Deval



X.3. Résultats de la reconnaissance de notre tronçon :

Les caractéristiques (donnés DTP) sont résumés dans le tableau suivant :

●Tableau n° X. 1 : les caractéristiques physiques.

| N° d'échantillon | Profondeur (m) | PK | IP(%) | WL(%) | (%) éléments < 80 µm | ES (%) | Ca CO ₃ (%) | Nature |
|------------------|----------------|--------|-------|-------|----------------------|--------|------------------------|--------|
| ECH 1 | 1.50 à 2.0 | 00+625 | / | / | 20.33 | | / | Sable |
| | 3.0 à 4.0 | | 11.0 | 33.0 | 45.10 | 10 | Argile | |
| ECH 2 | 1.5 à 2.0 | 1+700 | 17 | 4.2 | 38.89 | | 10 | Argile |
| | 3.0 à 4.0 | | / | / | 21.67 | / | sable | |
| ECH 3 | 1.5 à 2.0 | 2+350 | 14 | 8.1 | 36.7 | 41.3 | 10.2 | Argile |
| | 3.0 à 4.0 | | / | / | 24.2 | 19.1 | / | sable |

Les analyses granulométriques réalisées à différentes profondeurs traduisent la nature sablo-limoneuse des sols en place. Elle donne pour la classe des < 80 µm des proportions de l'ordre de 20.33% à 45.10% .

Sur la fraction la plus dominante des éléments compris entre >80 µm et 2 mm des

proportions de l'ordre de 54.79 % à 78.83% , ce qui montre bien la nature sableuse limoneuse du terrain .

La fraction des > 2mm donne des proportions de l'ordre 1% .

X.4. CONCLUSION :

La présente intervention dans le cadre de l'étude géotechnique de site réservé pour la réalisation du projet a pour objet de fournir un contexte géologique et géotechnique, un mode de fondation et son ancrage , un taux de travail admissible applicable au sol . ainsi certains principes généraux d'adaptation du projet au site et une première identification des risques.

Chapitre XI :
ASSAINISSEMENT ET HYDRAULIQUE



XI.1. Introduction :

L'assainissement routier est une étape très importante dans la conception, la réalisation et l'exploitation des infrastructures linéaires. Elle comporte quatre aspects:

- *La collecte de l'eau de pluie (ou l'eau superficielles) et son évacuation en dehors de la chaussée, voire de l'emprise routière ou autoroutière.*
- *La collecte et l'évacuation de l'eau interne infiltrée dans la chaussée ou les remblais, et éventuellement de l'eau de drainage des eaux souterraines.*
- *Le rejet et le traitement éventuel des eaux de la plate forme.*
- *Le rétablissement des écoulements naturels.*

XI.2. Types de dégradation :

Les ruissellements des eaux en surfaces de la route engendrent de grave dégât à cause de mauvais drainage et entretien.

Ces dégradations présentent sous forme de :

Pour les talus :

1°/ Glissement.

2°/ Érosion.

3°/ Affouillements du pied de talus.

Pour les chaussées :

1°/ Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).

2°/ Désenrobage.

3°/ Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée).

4°/ Décollement des bords (affouillement des flancs).

XI.3. Objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- *Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée.*
- *Le maintien de bonne condition de viabilité.*
- *Réduction du coût d'entretien.*
- *Éviter les problèmes d'érosions.*
- *Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée. (danger de ramollissement du terrain sous jacent et effet de gel).*
- *Évacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme. [6]*

XI.4. Types de canalisations :

L'évacuation des eaux hors ouvrage s'effectue par le biais de dispositifs adéquat appelés «canalisations », son réseau est partagé en deux catégories :

- *Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cunettes, caniveaux).*
- *Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur).*

XI.5. Définition des termes hydraulique :

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). [3]

b) Collecteur principal (canalisation) :

C'est la Conduite principale récoltant les eaux des autres conduites (dites collecteurs secondaires), recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines. [3]

c) Chambre de visite (cheminée) :

C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente

longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent.

Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m. [3]

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 entraînés, par les eaux superficielles. [3]

e) Fossés de crêtes :

C'est un outil construit à fin de prévenir l'érosion du terrain ou cours des pluies.

f) Décante d'eau :

Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes.

g) Les regards :

Ils sont constitués d'un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le rôle est d'assurer pour le réseau des fonctions de raccordement des conduites, de ventilation et d'entretien entre autres et aussi à résister aux charges roulantes et aux poussées des terres.

La géométrie est les caractéristiques hydraulique Les dimensions du bassin versant sont définies en premières étapes sur la carte d'état major.

Au cours de cette étape, on définit également les caractéristiques hydrauliques à savoir:

- *La surface du bassin versant en Km.*
- *La longueur du bassin en m.*
- *Le coefficient de ruissellement c.*
- *Le temps de concentration en minute T_c*
- *La pente longitudinale moyenne du bassin.*

Les valeurs concernant notre projet sont dirigées dans le tableau suivant :

●Tableau XI. 1 : Les ouvrages busés.

| N° | Type d'ouvrage | Solution | PK Etude | PK réel | Longueur (m) |
|----------------------------------|-------------------|----------|----------|---------|-----------------|
| AXE : EVITEMENT DE KHADRA | | | | | |
| 01 | Buses Φ 1000 | projeté | 0+150 | 296+616 | 20.5 |
| 02 | Buses Φ 1000 | projeté | 0+400 | 296+366 | 20.5 |
| 03 | Buses Φ 1000 | projeté | 1+775 | 294+991 | 20.5 |
| 04 | Buses Φ 1000 | projeté | 2+600 | 294+166 | 20.5 |

XI.6. Conclusion :

En fonction de la nature du sol et du profil de la route, les ouvrages d'assainissement sont choisis et permettent l'évacuation efficace des eaux de pluie et de ruissellement. Le travail d'assainissement n'a pas encore réalisé suite aux restrictions budgétaires.

XII.1. Introduction :

Le développement de la circulation à grande vitesse impose à l'ingénieur routier de réaliser une signalisation satisfaisante, qui doit provoquer chez l'automobiliste des réflexes instantanés.

Cette signalisation doit être homogène, rapidement visible et compréhensible, suffisante et non surabondante. Elle doit être établie aussi sérieusement et minutieusement que la signalisation ferroviaire.

XII.1.2. Rôle de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour rôles :

- *De rendre plus sur et plus facile la circulation routière.*
- *De rappeler certaines prescriptions du code de la route.*
- *donner des informations relatives à l'usager de la route. [7]*

XII.1.3. Catégories de signalisation :

On distingue :

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

XII.1.4. Règles à respecter pour la signalisation :

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

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

XII.1.5. Les types de signalisation :

On distingue deux familles de signalisation selon le critère d'orientation:

- *Signalisation horizontale.*
- *Signalisation verticale.*

XII.1.5.1. Signalisations horizontales :

Elles comportent uniquement les marques sur chaussée. Elle se divise en deux types :







- *Marquage longitudinal ;*
- *Marquage transversal ;*
- *Autre marque.*

XII.1.5.2. Signalisations verticales :

Elle se fait à l'aide des panneaux qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme. [7]

Application au projet

Les signaux routiers adoptés pour le giratoire sont :

| | |
|---|---|
|  |  |
| <p>D5</p> | <p>B21</p> |
|  |  |
| <p>A23</p> | <p>B1</p> |
|  |  |
| <p>C7</p> | <p>C8</p> |

Les signaux routiers utilisés pour l'évitement sont :



A1b







A1a



A1c



B14

| | |
|---|---|
|  |  |
| B3a | B3 |
|  |  |
| A16 | A15a |

XII.2. 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.2.1. 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.2.2. 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.

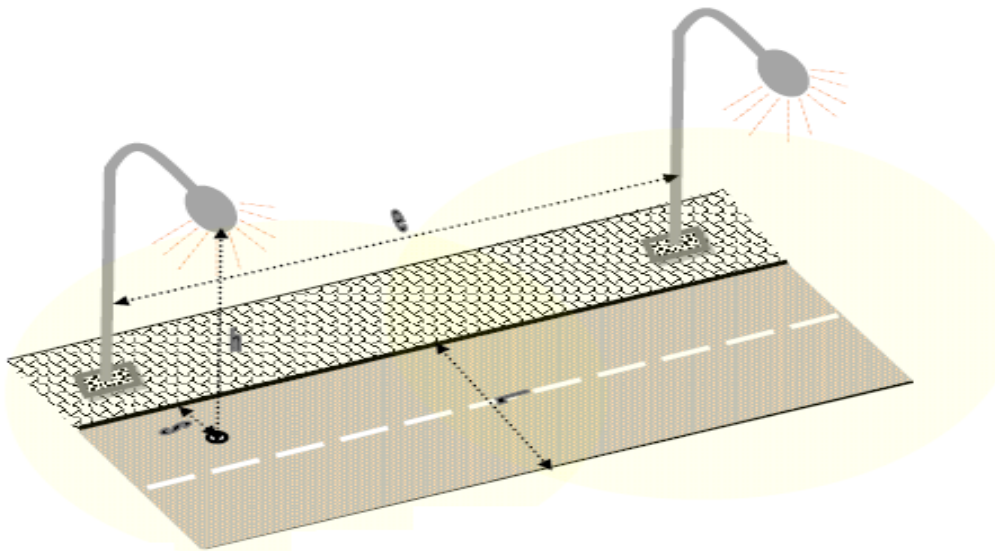


Figure XII. 1 : Paramètres de l'implantation des luminaires.

XII.2.3. 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 l implantation



XIII.1. Aménagement des carrefours

XIII.1.1. 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.1.2. 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.

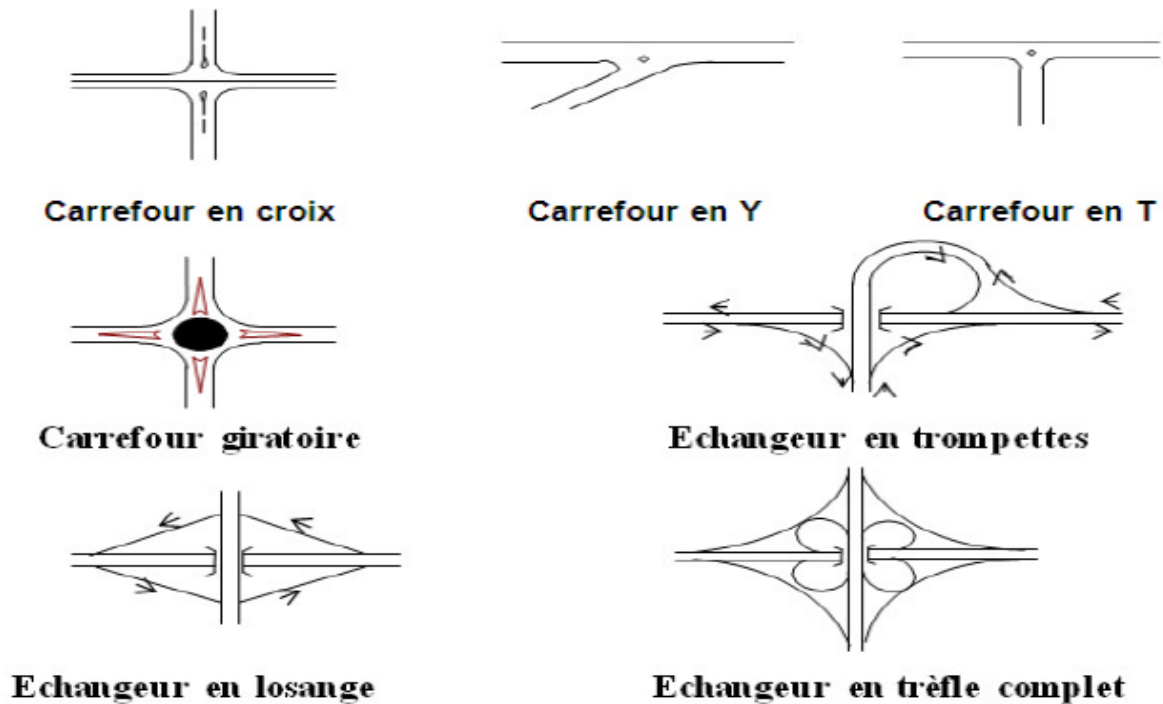


Figure XIII.1. 1: Principaux types de carrefours.

XIII.1.3. 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.1.4. 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.

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.1.5. 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.

Exemple de calcul de la surface de dégagement, triangle de visibilité :

Détermination de la vitesse d'approche à vide :

Connaissant l'environnement et la catégorie de notre route, (E1, C2) ; on tire la vitesse d'approche qui est de $V=100\text{KM/h}$.et $V=90\text{ km/h}$

- Itinéraire A non prioritaire ; $dA=130$, et $dB = (100/90).130=145\text{m}$
- Itinéraire B non prioritaire ; $dB=160$, et $dA = (90/100).160=145\text{m}$

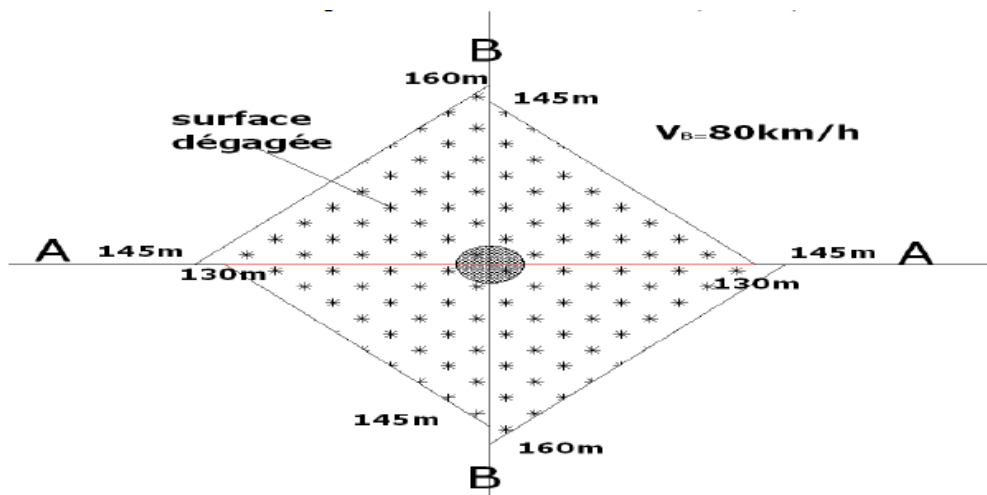


Figure XIII.1. 2 : Triangle de visibilité

XIII.1.6. Données De Base :

- *La nature de trafic qui emprunte les itinéraires.*
- *La vitesse d'approche à vide (V_0) qui dépend des caractéristiques réelles de l'itinéraire au point considéré et peut être plus élevée que la vitesse de base.*
- *Les conditions topographiques.*

D'après le B40 :

En catégorie 3 et environnement 2 $V_0 = 80\text{km/h}$ et $V_B = 60\text{Km/h}$. (2 voies).

$a = 2.5\text{m}$ (distance entre l'œil de conducteur du véhicule non prioritaire et la ligne d'arrêt)

Tableau XIII.1. 1 : Valeurs de base

| d'p (VP) | d'p (PL) | d'p (tourne à gauche) | d'p (tourne à droite) |
|-----------------|-----------------|------------------------------|------------------------------|
| 130 | 175 | 175 | 165 |

XIII.1.7. Les Îlots :

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

Pour un îlot séparateur, les éléments principaux de dimensionnement sont :

- ❖ *Décalage entre la tête de l'îlot séparateur de la route secondaire et la limite de la chaussée de la route principale : 1m.*
- ❖ *Décalage d'îlot séparateur à gauche de l'axe de la route secondaire : 1m.*
- ❖ *Rayon en tête d'îlot séparateur : 0.5 m à 1m.*
- ❖ *Longueur de l'îlot : 15 m à 30 m.*

Pour le carrefour III-9-4-, les éléments giratoires sont:

- *La chaussée annulaire: partie circulaire où circulent les véhicules, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, autour de l'îlot central.*
- *L'îlot central : aménagement circulaire, construit ou marqué selon la catégorie du carrefour, situé à l'intersection des voies et autour duquel circulent les véhicules.*
- *La bande franchissable: Espace aménagé sur le pourtour de l'îlot central, pouvant être utilisé par les véhicules lourds au moment de manœuvres de virage.*
- *Les îlots séparateurs: Espaces surélevés ou marqués séparant les voies d'entrée et de sortie d'une branche et pouvant servir de refuge aux piétons et aux usagers vulnérables durant leur traversée.*

➤ Les lignes de « Cédez le passage »: lignes de marquage qui indiquent l'endroit où les véhicules entrants doivent céder le passage à tous les véhicules circulant sur la chaussée annulaire.

XIII.2.1. 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.

Les implantations sont calculées au préalable à partir des éléments graphiques (mesures sur le plan)

1 XIII.2.2. 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**

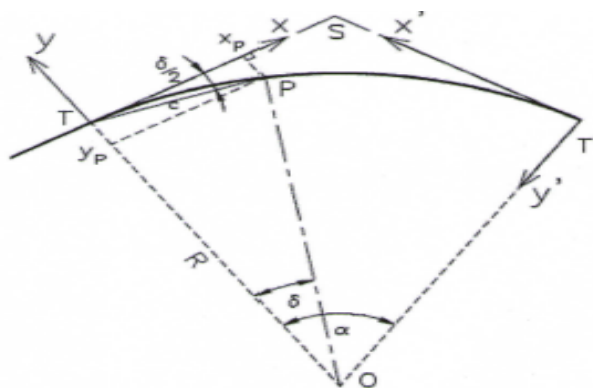


Figure XIII.2. 1: Implantation partie circulaire

- *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.

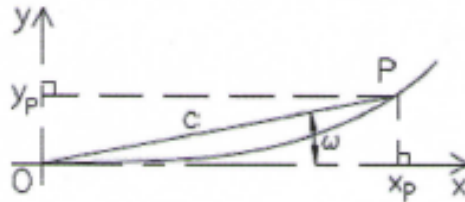


Figure XIII.2.2: Méthode d'implantation

- *Piquetage par coordonnées rectangulaires*

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

- *Piquetage par coordonnées polaires*

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

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'ENVIRENEMENT



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.
- 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



XV. Etude estimative

XV.1.DEVIS ESTIMATIF

Le devis estimatif est basé sur le devis quantitatif qui sera élaboré dans le cadre des volumes de matériaux mis en place ou déplacés.

Le devis estimatif fournit une prévision des dépenses qui devront être engagés pour la réalisation du projet. Le devis est considéré comme une pièce contractante figurant dans le marché sur lequel sera basé l'élaboration de l'estimation du coût du projet, comme on tient aussi compte de ces estimations lors de l'analyse des offres.

Le devis estimatif est une pièce technique nécessaire qui doit être conforme et reflétée le coût réel des travaux, les prévisions élaborées dans le cadre du devis estimatif reste de l'ordre de plus ou moins 20 % du coût total après le décompte général définitif (DGD).

XV.2.DEVIS QUANTITATIF

Le Devis quantitatif est aussi une pièce technique élaboré à partir des plans du projet d'exécution et des plans détaillés ainsi que du devis descriptif. Le devis quantitatif est une base lors de l'établissement des métrés et des métrés contradictoires et aussi des situations de travaux dans le cadre du marché.

C'est le classement rationnel et respectif des quantités de travaux de même nature et de qualité définit dans le cahier des prescriptions spécial (CPS), lors du choix des matériaux qui devront être mis en œuvre.

Les phases passe par un avant métré avant d'établir le métré définitif à la base des métrés contradictoires

Devis quantitatif et Estimatif

Réalisation de dédoublement de la RN 11 section évitement KHADRA du PK00+000 au PK02+765.

Le tableau XV. 1 présente le devis quantitatif et estimatif du tronçon étudié. Les pris présentés sont actualisés à l'année 2021.

| N° Prix | Désignation des Travaux | Unité | Quantité totale | Prix Unitaire (HT) | Montant Total |
|--|---|----------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| A | INSTALLATION DE CHANTIER | | | | |
| A.1 | Installation et repliement de chantier | F | 1,00 | 1000000,00 | 1000000,00 |
| A.2 | Etudes d'exécution | F | 1,00 | 100000,00 | 100000,00 |
| SOUS TOTAL (INSTALLATION DE CHANTIER) EN HT | | | | | 1100000,00 |
| B | PREPARATION DU TERRAIN | | | | |
| B.1 | Abattage, arrachage et dessouchage des arbres singuliers de diamètre ≥ 30 cm | U | 20,00 | 1000,00 | 20000,00 |
| SOUS TOTAL (PREPARATION DU TERRAIN) EN HT | | | | | 20000,00 |
| C | TERRASSEMENT | | | | |
| C.1 | Terre végétale | | | | |
| C.1.1 | Décapage de la terre végétale sur une épaisseur de 30 cm minimum. | m ² | 74035 | 100,00 | 7403500,00 |
| C.2 | Autres matériaux | | | | |
| C.2.1 | Déblai | m ³ | 66479,00 | 500,00 | 33239500,00 |
| C.2.2 | Déblai mise en remblai | m ³ | 27180 | 750 | 20385000,00 |
| C.2.3 | Remblai | m ³ | 13927,00 | 800,00 | 11141600,00 |
| SOUS TOTAL (TERRASSEMENT) EN HT | | | | | 72169600,00 |
| D | ASSAINISSEMENT | | | | |
| D.1 | Ouvrages Courants. Dalots et Buses | | | | |
| D.1.1 | Fourniture et pose d'Ouvrages Busés en Béton Armé série 135 A Ø 1000, y compris la construction des | ml | 82,00 | 40000,00 | 328000,00 |

| | | | | | |
|--|---|----------------|----------|----------|---------------------|
| | têtes d'ouvrages | | | | |
| D.2 | Assainissement Longitudinal | | | | |
| D.2.1 | Fossé trapézoïdal revêtu type A1 | ml | 2448,00 | 3500,00 | 8896000,00 |
| SOUS TOTAL (ASSAINISSEMENT) EN HT | | | | | 11826000,00 |
| E | CHAUSSÉE ET ACCESSOIRES | | | | |
| E.1 | Corps de chaussée | | | | |
| E.1.1 | Couche de fondation en grave concassé (GNT 0/31,5) ép.=35cm | m ³ | 15950,00 | 1400,00 | 22330000,00 |
| E.1.2 | Couche de base en grave bitume (GB) ép.= 15 cm | t | 14963,8 | 5000,00 | 74819000,00 |
| E.1.3 | Couche de roulement en béton bitumineux (BB) ép.=6 cm | t | 5952,40 | 5500,00 | 32738200,00 |
| E.1.4 | Rechargement les accotements en tuf | m ³ | 5560,00 | 1000,00 | 5560000,00 |
| E.1.5 | Couche d'imprégnation (1,0 kg/m ²) | m ² | 43373,33 | 150,00 | 6505999,50 |
| E.1.6 | Couche d'accrochage (0,3 kg/m ²) | m ² | 43373,33 | 100,00 | 4337333,00 |
| F | Accessoires | | | | |
| F.1 | Construction des glissières en béton | ml | 5530,00 | 5000,00 | 27650000,00 |
| SOUS TOTAL (CHAUSSEE) EN HT | | | | | 173940532,50 |
| G | Marquage sur chaussée en enduit à chaud | | | | |
| G.1 | Marquages en lignes continues | | | | |
| G.1.1 | Module largeur 22,5 cm | ml | 5530,00 | 70,00 | 387100,00 |
| G.2 | Marquage en lignes discontinues | | | | |
| G.2.1 | Module 3-3.50, largeur 37,5 cm | ml | 5 530,00 | 100,00 | 553000,00 |
| G.2.2 | Module 3-10, largeur 15 cm | ml | 2 500 | 50,00 | 125000,00 |
| G.3 | F/p Panneaux des signalisations | U | 40 | 10000,00 | 400 000,00 |

| | | | | | |
|---|---|----|------|------------------|--------------------|
| SOUS TOTAL (Marquage sur chaussée en enduit à chaud + panneau) EN HT | | | | | 1465100,00 |
| H | Eclairage publics | | | | |
| H.1 | Construction de massifs en béton 40x40x60 cm avec quatre 04 tiges de scellement Ø 20 | U | 156 | 4000,00 | 624000,00 |
| H.2 | F / P de candélabres cylindro-conique en acier galvanisés thermo laqué type A1 de 8.00 m hauteurs avec luminaire en LED | U | 56 | 40000,00 | 2240000,00 |
| H.3 | F / P de candélabres cylindro-conique en acier galvanisés thermo laqué type A2 de 8.00 m hauteurs avec luminaire en LED | U | 100 | 50000.00 | 5000000,00 |
| H.4 | F / p de câble U 1000 4 x 10 mm ² y compris pattes à bornes, grillage avertisseur, lit de sable | ML | 4000 | 600,00 | 2400000,00 |
| H.5 | F/p d'un tableau de commande avec accessoires. | U | 3 | 30000.00 | 90000.00 |
| SOUS TOTAL éclairage publics | | | | | 10354000.00 |
| | | | | Montant HT (DA) | 270875232.50 |
| | | | | 19% TVA | 51466294.18 |
| | | | | Montant TTC (DA) | 322341526,68 |

ARRETE LE MONTANT DU PRESENT DEVIS EN TTC A LA SOMME DE : trois cents vingt deux millions trois cents quarante un milles cinq cents vingt six Dinars Algérien.et soixante huit centimes (322341526.68 DA)

CONCLUSION

Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter tout les contraintes et les normes existantes qu'on ne peut pas les négliger et on prend en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement. Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour nous de mettre en application les connaissances théoriques acquises pendant le cycle de notre formation afin de pouvoir diminuer le trafic que subit la RN11.

Cette étude nous a permis de chercher des solutions à tous les problèmes techniques qui peuvent se présenter lors d'une étude d'un projet routier dans la zone à relief difficile comme la commune de khadra.

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

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

REFERENCES

[1] -Michel.pdf.

[2] - Etudes générales technique et économique des aménagements routiers. (B40 normes techniques d'aménagements des routes). p. 40.

[3] - SETRA. L'eau et la Route; Dispositifs de traitement des eaux pluviales .Volume 7.Paris : Bagneux, 1997. vol. 7, p. 1997, 1997.

[4] -Instruction Sur Les Conditions Techniques D'Aménagement Des Autoroutes De Liaison - (Ictaal), p. 53P, 1985.

[5] -LCPC.pdf.

[6] -HABITA.D, GUEDIRI.A, Etude d'aménagement d'un échangeur sur la RN04 à Boumedfaa (w.ain defla) en APS et APD avec 8 km de l'autoroute e st- ouest. Mémoire d'ingénieur. Alger Kouba: juillet 2005.pp5.p134. p. 2005, 2005.

[7] -HABITA.D, GUEDIRI.A, Etud e d'aménagement d'un échangeur sur la RN04 à Boumedfaa (w.ain defla) en APS et APD avec 8 km de l'autoroute est - ouest. Mémoire d'ingénieur. Alger Kouba: juillet 2005.pp5.p134., p. 2005, 2005.

Annexes

EVITEMENT DE KHADRA du pk 0+00 au pk 2+765

AXE EN PLAN :

| ELEM | CARACTERISTIQUES | LONGUEUR | ABSCISSE | X | Y |
|-------------------|------------------|----------|----------|------------|------------|
| | | | 0 | 279243,329 | 4017062,47 |
| DROI | GIS = 155,884g | 277,146 | | | |
| | | | 277,146 | 279420,376 | 4016849,25 |
| CLOT | A = 165,253 | | | | |
| | Rf= 250,000 | 109,234 | | | |
| | | | 386,38 | 279495,924 | 4016770,67 |
| ARC | XC= 279649,077 | | | | |
| | YC= 4016968,267 | | | | |
| | R = 250,000 | 183,607 | | | |
| | | | 569,987 | 279667,827 | 4016718,97 |
| CLOT | Rd= 250,000 | | | | |
| | A = 165,253 | 109,234 | | | |
| | | | 679,221 | 279774,184 | 4016742,84 |
| DROI | GIS = 81,313g | 1246,363 | | | |
| | | | 1925,584 | 280967,236 | 4017103,46 |
| CLOT | A = 165,253 | | | | |
| | Rf= 250,000 | 109,234 | | | |
| | | | 2034,818 | 281069,006 | 4017142,5 |
| ARC | XC= 280946,525 | | | | |
| | YC= 4017360,445 | | | | |
| | R = 250,000 | 284,794 | | | |
| | | | 2319,612 | 281195,717 | 4017380,52 |
| CLOT | Rd= 250,000 | | | | |
| | A = 165,253 | 109,234 | | | |
| | | | 2428,846 | 281171,286 | 4017486,75 |
| DROI | GIS = 380,974g | 336,027 | | | |
| | | | 2764,873 | 281072,351 | 4017807,88 |
| LONGUEUR DE L'AXE | | | 2764,873 | | |

PROFIL EN LONG :

| ELEM | CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS | LONGUEUR | ABSCISSE | Z |
|------|-------------------------------|----------|----------|---------|
| | | | 0 | 137,692 |
| DROI | PENTE= 2,189 % | 280,44 | | |
| | | | 280,44 | 143,832 |
| PARA | S= 502,5122 Z= 146,2628 | | | |
| | R = -10143,58 | 120,056 | | |

| | | | | |
|----------------------------|-----------------------------|----------|----------|---------|
| | | | 400,496 | 145,75 |
| DROI | PENTE= 1,006 % | 1298,813 | | |
| | | | 1699,309 | 158,812 |
| PARA | S= 1758,6365 Z= 159,1106 | | | |
| | R = -5898,98 | 82,088 | | |
| | | | 1781,397 | 159,067 |
| DROI | PENTE= -0,386 % | 116,296 | | |
| | | | 1897,693 | 158,618 |
| PARA | S= 1914,4188 Z= 158,5857 | | | |
| | R = 4334,85 | 50,034 | | |
| | | | 1947,728 | 158,714 |
| DROI | PENTE= 0,768 % | 267,305 | | |
| | | | 2215,032 | 160,768 |
| PARA | S= 2300,6655 Z= 161,0966 | | | |
| | R = -11144,32 | 276,89 | | |
| | | | 2491,923 | 159,456 |
| DROI | PENTE= -1,716 % | 272,95 | | |
| | | | 2764,873 | 154,771 |
| LONGUEUR DE L'AXE 2764,873 | | | | |

TABULATION :

| N° | ABSCISSE | COTE | COTE | X | Y | ANGLE | DEV | DEV |
|------|-----------|---------|---------|------------|------------|----------|------|-------|
| PROF | CURVILIGN | TN | PROJET | PROFIL | PROFIL | PROFIL | GAU | DRO |
| 1 | 0 | 137,952 | 137,692 | 279243,329 | 4017062,47 | 255,884g | 2,5 | -2,5 |
| 2 | 25 | 138,042 | 138,24 | 279259,299 | 4017043,24 | 255,884g | 2,5 | -2,5 |
| 3 | 50 | 138,17 | 138,787 | 279275,27 | 4017024 | 255,884g | 2,5 | -2,5 |
| 4 | 75 | 138,405 | 139,334 | 279291,24 | 4017004,77 | 255,884g | 2,5 | -2,5 |
| 5 | 100 | 138,622 | 139,882 | 279307,211 | 4016985,53 | 255,884g | 2,5 | -2,5 |
| 6 | 125 | 138,998 | 140,429 | 279323,182 | 4016966,3 | 255,884g | 2,5 | -2,5 |
| 7 | 150 | 139,076 | 140,976 | 279339,152 | 4016947,07 | 255,884g | 2,5 | -2,5 |
| 8 | 175 | 140,737 | 141,523 | 279355,123 | 4016927,83 | 255,884g | 2,5 | -2,5 |
| 9 | 200 | 143,419 | 142,071 | 279371,093 | 4016908,6 | 255,884g | 2,5 | -2,5 |
| 10 | 225 | 143,46 | 142,618 | 279387,064 | 4016889,36 | 255,884g | 2,5 | -2,5 |
| 11 | 250 | 143,199 | 143,165 | 279403,035 | 4016870,13 | 255,884g | 2,5 | -2,5 |
| 12 | 275 | 144,046 | 143,713 | 279419,005 | 4016850,9 | 255,884g | 2,5 | -2,5 |
| 13 | 300 | 144,699 | 144,241 | 279435,032 | 4016831,71 | 255,275g | 2,5 | -0,57 |
| 14 | 325 | 145,507 | 144,71 | 279451,456 | 4016812,86 | 253,215g | 2,5 | 1,54 |
| 15 | 350 | 145,529 | 145,116 | 279468,688 | 4016794,76 | 249,697g | 3,65 | 3,65 |
| 16 | 375 | 144,352 | 145,461 | 279487,086 | 4016777,84 | 244,723g | 5,75 | 5,75 |
| 17 | 400 | 144,129 | 145,745 | 279506,911 | 4016762,62 | 238,508g | 6,71 | 6,71 |
| 18 | 425 | 144,355 | 145,996 | 279528,152 | 4016749,46 | 232,142g | 6,71 | 6,71 |
| 19 | 450 | 145,052 | 146,248 | 279550,6 | 4016738,48 | 225,775g | 6,71 | 6,71 |

| | | | | | | | | |
|----|------|---------|---------|------------|------------|----------|------|-------|
| 20 | 475 | 145,9 | 146,499 | 279574,033 | 4016729,8 | 219,409g | 6,71 | 6,71 |
| 21 | 500 | 146,299 | 146,751 | 279598,215 | 4016723,5 | 213,043g | 6,71 | 6,71 |
| 22 | 525 | 146,626 | 147,002 | 279622,905 | 4016719,64 | 206,677g | 6,71 | 6,71 |
| 23 | 550 | 147,102 | 147,253 | 279647,857 | 4016718,27 | 200,311g | 6,71 | 6,71 |
| 24 | 575 | 147,505 | 147,505 | 279672,822 | 4016719,4 | 193,974g | 6,29 | 6,29 |
| 25 | 600 | 147,515 | 147,756 | 279697,575 | 4016722,85 | 188,628g | 4,18 | 4,18 |
| 26 | 625 | 148,008 | 148,008 | 279722,016 | 4016728,09 | 184,740g | 2,5 | 2,08 |
| 27 | 650 | 148,235 | 148,259 | 279746,17 | 4016734,53 | 182,308g | 2,5 | -0,03 |
| 28 | 675 | 147,757 | 148,511 | 279770,144 | 4016741,62 | 181,334g | 2,5 | -2,14 |
| 29 | 700 | 147,634 | 148,762 | 279794,074 | 4016748,85 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 30 | 725 | 148,483 | 149,013 | 279818,005 | 4016756,08 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 31 | 750 | 148,546 | 149,265 | 279841,936 | 4016763,32 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 32 | 775 | 148,69 | 149,516 | 279865,866 | 4016770,55 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 33 | 800 | 149,251 | 149,768 | 279889,797 | 4016777,78 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 34 | 825 | 149,669 | 150,019 | 279913,728 | 4016785,02 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 35 | 850 | 149,969 | 150,271 | 279937,658 | 4016792,25 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 36 | 875 | 150,686 | 150,522 | 279961,589 | 4016799,49 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 37 | 900 | 151,173 | 150,773 | 279985,52 | 4016806,72 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 38 | 925 | 151,723 | 151,025 | 280009,45 | 4016813,95 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 39 | 950 | 151,312 | 151,276 | 280033,381 | 4016821,19 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 40 | 975 | 151,239 | 151,528 | 280057,312 | 4016828,42 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 41 | 1000 | 151,132 | 151,779 | 280081,242 | 4016835,65 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 42 | 1025 | 151,393 | 152,031 | 280105,173 | 4016842,89 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 43 | 1050 | 152,004 | 152,282 | 280129,104 | 4016850,12 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 44 | 1075 | 152,397 | 152,533 | 280153,034 | 4016857,35 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 45 | 1100 | 152,397 | 152,785 | 280176,965 | 4016864,59 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 46 | 1125 | 153,61 | 153,036 | 280200,896 | 4016871,82 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 47 | 1150 | 154,201 | 153,288 | 280224,826 | 4016879,05 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 48 | 1175 | 155,578 | 153,539 | 280248,757 | 4016886,29 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 49 | 1200 | 155,94 | 153,791 | 280272,688 | 4016893,52 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 50 | 1225 | 155,065 | 154,042 | 280296,618 | 4016900,75 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 51 | 1250 | 154,864 | 154,293 | 280320,549 | 4016907,99 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 52 | 1275 | 155,228 | 154,545 | 280344,48 | 4016915,22 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 53 | 1300 | 155,839 | 154,796 | 280368,41 | 4016922,45 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 54 | 1325 | 154,933 | 155,048 | 280392,341 | 4016929,69 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 55 | 1350 | 155,61 | 155,299 | 280416,272 | 4016936,92 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 56 | 1375 | 155,249 | 155,551 | 280440,202 | 4016944,15 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 57 | 1400 | 155,341 | 155,802 | 280464,133 | 4016951,39 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 58 | 1425 | 155,538 | 156,053 | 280488,064 | 4016958,62 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 59 | 1450 | 155,728 | 156,305 | 280511,994 | 4016965,86 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 60 | 1475 | 156,565 | 156,556 | 280535,925 | 4016973,09 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 61 | 1500 | 157,379 | 156,808 | 280559,856 | 4016980,32 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 62 | 1525 | 157,57 | 157,059 | 280583,786 | 4016987,56 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 63 | 1550 | 157,11 | 157,311 | 280607,717 | 4016994,79 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 64 | 1575 | 157,332 | 157,562 | 280631,648 | 4017002,02 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 65 | 1600 | 157,652 | 157,814 | 280655,578 | 4017009,26 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 66 | 1625 | 157,624 | 158,065 | 280679,509 | 4017016,49 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |

| | | | | | | | | |
|-----|--------------|---------|---------|------------|------------|----------|------|-------|
| 67 | 1650 | 157,769 | 158,316 | 280703,44 | 4017023,72 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 68 | 1675 | 157,582 | 158,568 | 280727,37 | 4017030,96 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 69 | 1700 | 157,493 | 158,819 | 280751,301 | 4017038,19 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 70 | 1725 | 157,417 | 159,015 | 280775,232 | 4017045,42 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 71 | 1750 | 157,404 | 159,104 | 280799,162 | 4017052,66 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 72 | 1775 | 157,346 | 159,088 | 280823,093 | 4017059,89 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 73 | 1800 | 157,445 | 158,995 | 280847,024 | 4017067,12 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 74 | 1825 | 157,433 | 158,898 | 280870,954 | 4017074,36 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 75 | 1850 | 157,261 | 158,802 | 280894,885 | 4017081,59 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 76 | 1875 | 157,619 | 158,706 | 280918,816 | 4017088,82 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 77 | 1895,24 1 | 158,596 | 158,627 | 280938,191 | 4017094,68 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 78 | 1900 | 158,609 | 158,61 | 280942,746 | 4017096,06 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 79 | 1925 | 158,658 | 158,599 | 280966,677 | 4017103,29 | 181,313g | 2,5 | -2,5 |
| 80 | 1950 | 158,9 | 158,731 | 280990,582 | 4017110,61 | 180,618g | 2,5 | -0,44 |
| 81 | 1975 | 160,356 | 158,923 | 281014,316 | 4017118,46 | 178,467g | 2,5 | 1,67 |
| 82 | 2000 | 162,315 | 159,115 | 281037,669 | 4017127,38 | 174,858g | 3,78 | 3,78 |
| 83 | 2025 | 162,197 | 159,307 | 281060,357 | 4017137,86 | 169,793g | 5,88 | 5,88 |
| 84 | 2050 | 162,233 | 159,499 | 281082,007 | 4017150,34 | 163,539g | 6,71 | 6,71 |
| 85 | 2075 | 162,421 | 159,692 | 281102,306 | 4017164,91 | 157,173g | 6,71 | 6,71 |
| 86 | 2100 | 163,059 | 159,884 | 281121,048 | 4017181,44 | 150,806g | 6,71 | 6,71 |
| 87 | 2125 | 163,522 | 160,076 | 281138,047 | 4017199,76 | 144,440g | 6,71 | 6,71 |
| 88 | 2150 | 163,906 | 160,268 | 281153,131 | 4017219,68 | 138,074g | 6,71 | 6,71 |
| 89 | 2175 | 164,257 | 160,46 | 281166,152 | 4017241,01 | 131,708g | 6,71 | 6,71 |
| 90 | 2200 | 164,626 | 160,652 | 281176,978 | 4017263,54 | 125,342g | 6,71 | 6,71 |
| 91 | 2225 | 164,537 | 160,84 | 281185,501 | 4017287,03 | 118,975g | 6,71 | 6,71 |
| 92 | 2250 | 163,307 | 160,981 | 281191,637 | 4017311,25 | 112,609g | 6,71 | 6,71 |
| 93 | 2275 | 162,734 | 161,067 | 281195,324 | 4017335,97 | 106,243g | 6,71 | 6,71 |
| 94 | 2300 | 162,407 | 161,097 | 281196,524 | 4017360,93 | 99,877g | 6,71 | 6,71 |
| 95 | 2325 | 163,227 | 161,07 | 281195,228 | 4017385,89 | 93,544g | 6,26 | 6,26 |
| 96 | 2350 | 164,789 | 160,987 | 281191,614 | 4017410,62 | 88,221g | 4,15 | 4,15 |
| 97 | 2375 | 161,599 | 160,849 | 281186,224 | 4017435,02 | 84,354g | 2,5 | 2,04 |
| 98 | 2400 | 160,661 | 160,654 | 281179,638 | 4017459,14 | 81,944g | 2,5 | -0,06 |
| 99 | 2425 | 160,468 | 160,403 | 281172,418 | 4017483,07 | 80,992g | 2,5 | -2,17 |
| 100 | 2450 | 159,261 | 160,096 | 281165,057 | 4017506,97 | 80,974g | 2,5 | -2,5 |
| 101 | 2475 | 158,672 | 159,733 | 281157,697 | 4017530,86 | 80,974g | 2,5 | -2,5 |
| 102 | 2500 | 158,14 | 159,317 | 281150,336 | 4017554,75 | 80,974g | 2,5 | -2,5 |
| 103 | 2525 | 158,023 | 158,888 | 281142,976 | 4017578,64 | 80,974g | 2,5 | -2,5 |
| 104 | 2550 | 157,701 | 158,459 | 281135,615 | 4017602,53 | 80,974g | 2,5 | -2,5 |
| 105 | 2575 | 156,892 | 158,03 | 281128,254 | 4017626,42 | 80,974g | 2,5 | -2,5 |
| 106 | 2600 | 155,929 | 157,601 | 281120,894 | 4017650,32 | 80,974g | 2,5 | -2,5 |
| 107 | 2625 | 156,345 | 157,172 | 281113,533 | 4017674,21 | 80,974g | 2,5 | -2,5 |
| 108 | 2650 | 156,608 | 156,743 | 281106,173 | 4017698,1 | 80,974g | 2,5 | -2,5 |
| 109 | 2675 | 156,387 | 156,314 | 281098,812 | 4017721,99 | 80,974g | 2,5 | -2,5 |
| 110 | 2700 | 156,052 | 155,885 | 281091,451 | 4017745,88 | 80,974g | 2,5 | -2,5 |
| 111 | 2725 | 155,574 | 155,455 | 281084,091 | 4017769,78 | 80,974g | 2,5 | -2,5 |
| 112 | 2750 | 155,244 | 155,026 | 281076,73 | 4017793,67 | 80,974g | 2,5 | -2,5 |
| 113 | 2764,87 3 | 154,775 | 154,771 | 281072,351 | 4017807,88 | 80,974g | 2,5 | -2,5 |

TERRASSEMENT :

| N° | ABSCISSE | REMBLAI | DEBLAI | DECAPAGE |
|------|-----------|---------|--------|----------|
| PROF | CURVILIGN | VOLUME | VOLUME | SECTION |
| 1 | 0 | 0,2 | 235,6 | 358 |
| 2 | 25 | 2,1 | 133,4 | 605,5 |
| 3 | 50 | 89 | 0,2 | 540 |
| 4 | 75 | 275,7 | 0 | 564,5 |
| 5 | 100 | 457,1 | 0 | 585 |
| 6 | 125 | 581,5 | 0 | 604,5 |
| 7 | 150 | 822,6 | 0 | 622,5 |
| 8 | 175 | 282,6 | 18,1 | 573,5 |
| 9 | 200 | 0,4 | 1270,3 | 782 |
| 10 | 225 | 0,5 | 962,8 | 778 |
| 11 | 250 | 0,6 | 425,2 | 735 |
| 12 | 275 | 2 | 571,3 | 738 |
| 13 | 300 | 0,4 | 712,7 | 738,5 |
| 14 | 325 | 0,6 | 858,8 | 773,5 |
| 15 | 350 | 0,5 | 515,9 | 722 |
| 16 | 375 | 435,8 | 0 | 588,5 |
| 17 | 400 | 717,7 | 0 | 614,5 |
| 18 | 425 | 753,2 | 0 | 618,5 |
| 19 | 450 | 483,1 | 0 | 594,5 |
| 20 | 475 | 125,5 | 0 | 547 |
| 21 | 500 | 65,8 | 24,5 | 531 |
| 22 | 525 | 52,1 | 23,1 | 533 |
| 23 | 550 | 0,5 | 169,2 | 602,5 |
| 24 | 575 | 0,3 | 239,2 | 624 |
| 25 | 600 | 0 | 60,4 | 524 |
| 26 | 625 | 0,3 | 212,8 | 616,5 |
| 27 | 650 | 3,6 | 267,7 | 699 |
| 28 | 675 | 165,9 | 2,3 | 548,5 |
| 29 | 700 | 332,1 | 0 | 559,5 |
| 30 | 725 | 40,1 | 5,4 | 531,5 |
| 31 | 750 | 127 | 0 | 543 |
| 32 | 775 | 203 | 0 | 555 |
| 33 | 800 | 43,8 | 12,5 | 531 |
| 34 | 825 | 0,8 | 83,2 | 618 |
| 35 | 850 | 2,5 | 304,6 | 704 |
| 36 | 875 | 2,5 | 432 | 714 |
| 37 | 900 | 0,5 | 600,7 | 734 |
| 38 | 925 | 0,5 | 808,8 | 753 |
| 39 | 950 | 0,6 | 364,8 | 713,5 |
| 40 | 975 | 0,3 | 131,6 | 608,5 |

| | | | | |
|----|----------|-------|--------|-------|
| 41 | 1000 | 67,1 | 6,1 | 528 |
| 42 | 1025 | 93,2 | 5,3 | 537 |
| 43 | 1050 | 0,4 | 125,4 | 610,5 |
| 44 | 1075 | 0,3 | 221,5 | 621,5 |
| 45 | 1100 | 3,6 | 192,5 | 637,5 |
| 46 | 1125 | 0,2 | 785,8 | 684 |
| 47 | 1150 | 0,2 | 990,4 | 742,5 |
| 48 | 1175 | 0,3 | 1779,9 | 809 |
| 49 | 1200 | 0,4 | 1758,5 | 815,5 |
| 50 | 1225 | 0,5 | 1080,4 | 784,5 |
| 51 | 1250 | 0,5 | 783,9 | 761 |
| 52 | 1275 | 0,5 | 817,4 | 757,5 |
| 53 | 1300 | 0,4 | 1024,6 | 753,5 |
| 54 | 1325 | 0,2 | 220 | 609 |
| 55 | 1350 | 0,4 | 482,4 | 712,5 |
| 56 | 1375 | 0 | 63 | 522 |
| 57 | 1400 | 20,9 | 12,8 | 529,5 |
| 58 | 1425 | 39,9 | 10,5 | 531,5 |
| 59 | 1450 | 51,3 | 9,7 | 530 |
| 60 | 1475 | 0,5 | 317,7 | 701,5 |
| 61 | 1500 | 0,4 | 689,5 | 733,5 |
| 62 | 1525 | 0,4 | 579,5 | 717,5 |
| 63 | 1550 | 2,4 | 165,3 | 600 |
| 64 | 1575 | 2,1 | 133,9 | 607,5 |
| 65 | 1600 | 0,2 | 209,7 | 615,5 |
| 66 | 1625 | 11,3 | 22,3 | 525 |
| 67 | 1650 | 45,9 | 49,9 | 618 |
| 68 | 1675 | 268,7 | 0 | 563 |
| 69 | 1700 | 483,7 | 0 | 588,5 |
| 70 | 1725 | 650,8 | 0 | 607,5 |
| 71 | 1750 | 729,2 | 0 | 619 |
| 72 | 1775 | 762,5 | 0 | 625,5 |
| 73 | 1800 | 612,5 | 0 | 605,5 |
| 74 | 1825 | 592 | 0 | 605,5 |
| 75 | 1850 | 628,9 | 0 | 607,5 |
| 76 | 1875 | 295,7 | 0 | 510,5 |
| 77 | 1895,241 | 0 | 126,8 | 0 |
| 78 | 1900 | 0 | 163,6 | 394,5 |
| 79 | 1925 | 0,2 | 296,4 | 612 |
| 80 | 1950 | 0,7 | 393,4 | 710,5 |
| 81 | 1975 | 0,5 | 1276,3 | 790 |
| 82 | 2000 | 0,4 | 2579,8 | 881,5 |
| 83 | 2025 | 0,5 | 2436 | 893,5 |
| 84 | 2050 | 0,5 | 2361,3 | 892 |

| | | | | |
|-----|----------|-------|--------|-------|
| 85 | 2075 | 0,5 | 2393,3 | 900,5 |
| 86 | 2100 | 0,5 | 2773,2 | 930 |
| 87 | 2125 | 0,5 | 3039,8 | 946,5 |
| 88 | 2150 | 0,5 | 3147,1 | 949,5 |
| 89 | 2175 | 0,5 | 3329,2 | 968 |
| 90 | 2200 | 0,4 | 3514,9 | 978 |
| 91 | 2225 | 0,4 | 3125,8 | 941,5 |
| 92 | 2250 | 0,5 | 1982,4 | 857 |
| 93 | 2275 | 0,5 | 1470,1 | 818 |
| 94 | 2300 | 0,5 | 1208,6 | 792,5 |
| 95 | 2325 | 0,4 | 1940,7 | 856,5 |
| 96 | 2350 | 0,3 | 2869,6 | 892,5 |
| 97 | 2375 | 0,4 | 1139,2 | 765 |
| 98 | 2400 | 0,4 | 599,8 | 768 |
| 99 | 2425 | 0,5 | 484,4 | 747 |
| 100 | 2450 | 188,5 | 4,8 | 546 |
| 101 | 2475 | 348,1 | 0 | 574,5 |
| 102 | 2500 | 384,8 | 0 | 571 |
| 103 | 2525 | 232,7 | 0 | 559 |
| 104 | 2550 | 127,2 | 9,7 | 530 |
| 105 | 2575 | 363,4 | 0 | 568,5 |
| 106 | 2600 | 646,9 | 0 | 592,5 |
| 107 | 2625 | 177,8 | 0,1 | 545 |
| 108 | 2650 | 0,3 | 178,9 | 620 |
| 109 | 2675 | 2,2 | 341,7 | 698 |
| 110 | 2700 | 0,5 | 496 | 715 |
| 111 | 2725 | 0,5 | 388,7 | 709 |
| 112 | 2750 | 3,5 | 325 | 558 |
| 113 | 2764,873 | 0 | 97,4 | 104,5 |
| | TOT | 13927 | 66479 | 74035 |

CHAUSSEE :

| N° | ABSCISSE | VOLUME | VOLUME | VOLUME | VOLUME | VOLUME |
|------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PROF | CURVILIGN | GC | GB | BB | ACCOTE | T,P,C, |
| 1 | 0 | 72,4 | 29,5 | 11,7 | 31,9 | 12,7 |
| 2 | 25 | 144,9 | 59 | 23,4 | 48,4 | 25,4 |
| 3 | 50 | 144,9 | 59 | 23,4 | 41,6 | 25,4 |
| 4 | 75 | 144,9 | 59 | 23,4 | 43,4 | 25,4 |
| 5 | 100 | 144,9 | 59 | 23,4 | 43,4 | 25,4 |
| 6 | 125 | 144,9 | 59 | 23,4 | 43,4 | 25,4 |
| 7 | 150 | 144,9 | 59 | 23,4 | 43,4 | 25,4 |
| 8 | 175 | 144,9 | 59 | 23,4 | 34,5 | 25,4 |

| | | | | | | |
|----|------|-------|----|------|------|------|
| 9 | 200 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 10 | 225 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 11 | 250 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 12 | 275 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 13 | 300 | 144,8 | 59 | 23,4 | 61,7 | 25,8 |
| 14 | 325 | 144,7 | 59 | 23,4 | 59,5 | 26 |
| 15 | 350 | 144,6 | 59 | 23,4 | 59 | 26 |
| 16 | 375 | 144,6 | 59 | 23,4 | 40,8 | 26 |
| 17 | 400 | 144,6 | 59 | 23,4 | 40,9 | 26 |
| 18 | 425 | 144,6 | 59 | 23,4 | 40,9 | 26 |
| 19 | 450 | 144,6 | 59 | 23,4 | 40,9 | 26 |
| 20 | 475 | 144,6 | 59 | 23,4 | 40,9 | 26 |
| 21 | 500 | 144,6 | 59 | 23,4 | 32 | 26 |
| 22 | 525 | 144,6 | 59 | 23,4 | 32,5 | 26 |
| 23 | 550 | 144,6 | 59 | 23,4 | 51 | 26 |
| 24 | 575 | 144,6 | 59 | 23,4 | 38,2 | 26 |
| 25 | 600 | 144,6 | 59 | 23,4 | 34,2 | 26 |
| 26 | 625 | 144,6 | 59 | 23,4 | 43,4 | 26 |
| 27 | 650 | 144,7 | 59 | 23,4 | 61,1 | 26 |
| 28 | 675 | 144,8 | 59 | 23,4 | 40,3 | 25,4 |
| 29 | 700 | 144,9 | 59 | 23,4 | 43,4 | 25,4 |
| 30 | 725 | 144,9 | 59 | 23,4 | 39 | 25,4 |
| 31 | 750 | 144,9 | 59 | 23,4 | 42,5 | 25,4 |
| 32 | 775 | 144,9 | 59 | 23,4 | 43,3 | 25,4 |
| 33 | 800 | 144,9 | 59 | 23,4 | 37,8 | 25,4 |
| 34 | 825 | 144,9 | 59 | 23,4 | 52,4 | 25,4 |
| 35 | 850 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 36 | 875 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 37 | 900 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 38 | 925 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 39 | 950 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 40 | 975 | 144,9 | 59 | 23,4 | 47,1 | 25,4 |
| 41 | 1000 | 144,9 | 59 | 23,4 | 37,4 | 25,4 |
| 42 | 1025 | 144,9 | 59 | 23,4 | 39,7 | 25,4 |
| 43 | 1050 | 144,9 | 59 | 23,4 | 49,1 | 25,4 |
| 44 | 1075 | 144,9 | 59 | 23,4 | 47,3 | 25,4 |
| 45 | 1100 | 144,9 | 59 | 23,4 | 51,7 | 25,4 |
| 46 | 1125 | 144,9 | 59 | 23,4 | 50,3 | 25,4 |
| 47 | 1150 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 48 | 1175 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 49 | 1200 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 50 | 1225 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 51 | 1250 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 52 | 1275 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |

| | | | | | | |
|----|----------|-------|------|------|------|------|
| 53 | 1300 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 54 | 1325 | 144,9 | 59 | 23,4 | 44,9 | 25,4 |
| 55 | 1350 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 56 | 1375 | 144,9 | 59 | 23,4 | 33 | 25,4 |
| 57 | 1400 | 144,9 | 59 | 23,4 | 37,9 | 25,4 |
| 58 | 1425 | 144,9 | 59 | 23,4 | 38,2 | 25,4 |
| 59 | 1450 | 144,9 | 59 | 23,4 | 37,7 | 25,4 |
| 60 | 1475 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 61 | 1500 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 62 | 1525 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 63 | 1550 | 144,9 | 59 | 23,4 | 44,9 | 25,4 |
| 64 | 1575 | 144,9 | 59 | 23,4 | 49,8 | 25,4 |
| 65 | 1600 | 144,9 | 59 | 23,4 | 50,2 | 25,4 |
| 66 | 1625 | 144,9 | 59 | 23,4 | 35,9 | 25,4 |
| 67 | 1650 | 144,9 | 59 | 23,4 | 53 | 25,4 |
| 68 | 1675 | 144,9 | 59 | 23,4 | 43,1 | 25,4 |
| 69 | 1700 | 144,9 | 59 | 23,4 | 43,4 | 25,4 |
| 70 | 1725 | 144,9 | 59 | 23,4 | 43,4 | 25,4 |
| 71 | 1750 | 144,9 | 59 | 23,4 | 43,4 | 25,4 |
| 72 | 1775 | 144,9 | 59 | 23,4 | 43,4 | 25,4 |
| 73 | 1800 | 144,9 | 59 | 23,4 | 43,4 | 25,4 |
| 74 | 1825 | 144,9 | 59 | 23,4 | 43,4 | 25,4 |
| 75 | 1850 | 144,9 | 59 | 23,4 | 43,4 | 25,4 |
| 76 | 1875 | 131,1 | 53,4 | 21,2 | 39,2 | 23 |
| 77 | 1895,241 | 21,3 | 11,2 | 11,7 | 17,3 | 0,2 |
| 78 | 1900 | 86,2 | 35,1 | 13,9 | 37,9 | 15,1 |
| 79 | 1925 | 144,9 | 59 | 23,4 | 45,1 | 25,4 |
| 80 | 1950 | 144,8 | 59 | 23,4 | 61,5 | 25,8 |
| 81 | 1975 | 144,6 | 59 | 23,4 | 59,4 | 26 |
| 82 | 2000 | 144,6 | 59 | 23,4 | 59 | 26 |
| 83 | 2025 | 144,6 | 59 | 23,4 | 59,8 | 26 |
| 84 | 2050 | 144,6 | 59 | 23,4 | 60 | 26 |
| 85 | 2075 | 144,6 | 59 | 23,4 | 60 | 26 |
| 86 | 2100 | 144,6 | 59 | 23,4 | 60 | 26 |
| 87 | 2125 | 144,6 | 59 | 23,4 | 60 | 26 |
| 88 | 2150 | 144,6 | 59 | 23,4 | 60 | 26 |
| 89 | 2175 | 144,6 | 59 | 23,4 | 60 | 26 |
| 90 | 2200 | 144,6 | 59 | 23,4 | 60 | 26 |
| 91 | 2225 | 144,6 | 59 | 23,4 | 60 | 26 |
| 92 | 2250 | 144,6 | 59 | 23,4 | 60 | 26 |
| 93 | 2275 | 144,6 | 59 | 23,4 | 60 | 26 |
| 94 | 2300 | 144,6 | 59 | 23,4 | 60 | 26 |
| 95 | 2325 | 144,6 | 59 | 23,4 | 59,9 | 26 |
| 96 | 2350 | 144,6 | 59 | 23,4 | 59,2 | 26 |

| | | | | | | |
|-----|----------|-------|------|------|------|------|
| 97 | 2375 | 144,6 | 59 | 23,4 | 59 | 26 |
| 98 | 2400 | 144,7 | 59 | 23,4 | 61,2 | 26 |
| 99 | 2425 | 144,8 | 59 | 23,4 | 63,4 | 25,4 |
| 100 | 2450 | 144,9 | 59 | 23,4 | 39 | 25,4 |
| 101 | 2475 | 144,9 | 59 | 23,4 | 41,8 | 25,4 |
| 102 | 2500 | 144,9 | 59 | 23,4 | 43,4 | 25,4 |
| 103 | 2525 | 144,9 | 59 | 23,4 | 43,1 | 25,4 |
| 104 | 2550 | 144,9 | 59 | 23,4 | 36,2 | 25,4 |
| 105 | 2575 | 144,9 | 59 | 23,4 | 43,4 | 25,4 |
| 106 | 2600 | 144,9 | 59 | 23,4 | 43,4 | 25,4 |
| 107 | 2625 | 144,9 | 59 | 23,4 | 41,9 | 25,4 |
| 108 | 2650 | 144,9 | 59 | 23,4 | 49,4 | 25,4 |
| 109 | 2675 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 110 | 2700 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 111 | 2725 | 144,9 | 59 | 23,4 | 63,7 | 25,4 |
| 112 | 2750 | 115,5 | 47,1 | 18,7 | 50,8 | 20,2 |
| 113 | 2764,873 | 30,4 | 12,9 | 7 | 18,9 | 3,8 |
| | TOT | 15950 | 6506 | 2588 | 5660 | 2811 |

TABULATION DES GIRATOIRE :

GIRATOIRE : G1 PK 0+00

AXE 1

| Num. | Abscisse | Z Tn | Z Projet | Gisement | X | Y | Dévers | |
|------|----------|---------|----------|----------|------------|-------------|--------|--------|
| | | | | | | | Gauche | Droite |
| P.1 | 0.000 | 137.869 | 138.013 | 0.000 | 279242.234 | 4017094.287 | -2.50 | -2.50 |
| P.2 | 30.000 | 137.755 | 138.013 | 337.382 | 279216.843 | 4017080.684 | -2.50 | -2.50 |
| P.3 | 43.009 | 137.543 | 138.013 | 310.228 | 279212.127 | 4017068.666 | -2.50 | -2.50 |
| P.4 | 51.480 | 137.561 | 138.013 | 292.548 | 279211.943 | 4017060.225 | -2.50 | -2.50 |
| P.5 | 60.000 | 137.579 | 138.013 | 274.763 | 279214.099 | 4017052.010 | -2.50 | -2.50 |
| P.6 | 70.533 | 137.584 | 138.013 | 252.778 | 279219.747 | 4017043.181 | -2.50 | -2.50 |
| P.7 | 77.032 | 137.608 | 138.013 | 239.213 | 279224.613 | 4017038.892 | -2.50 | -2.50 |
| P.8 | 90.000 | 137.749 | 138.013 | 212.145 | 279236.451 | 4017033.840 | -2.50 | -2.50 |
| P.9 | 99.919 | 137.828 | 138.013 | 191.442 | 279246.321 | 4017033.562 | -2.50 | -2.50 |
| P.10 | | | | | | | | |
| P.11 | 111.231 | 137.850 | 138.013 | 167.830 | 279256.999 | 4017037.099 | -2.50 | -2.50 |
| P.12 | | | | | | | | |
| P.13 | 120.000 | 138.180 | 138.013 | 149.527 | 279263.960 | 4017042.381 | -2.50 | -2.50 |

AXE2

| Num. | Abscisse | Z Tn | Z Projet | Gisement | X | Y | Dévers | |
|------|----------|---------|----------|----------|------------|-------------|--------|--------|
| | | | | | | | Gauche | Droite |
| P.1 | 0.000 | 137.271 | 137.474 | 174.670 | 279167.681 | 4017032.453 | 2.50 | -2.50 |
| P.2 | 10.000 | 137.377 | 137.515 | 174.670 | 279176.900 | 4017036.327 | 2.50 | -2.50 |
| P.3 | 20.000 | 137.472 | 137.586 | 174.670 | 279186.119 | 4017040.202 | 2.50 | -2.50 |
| P.4 | 30.000 | 137.464 | 137.699 | 174.670 | 279195.338 | 4017044.076 | 2.50 | -2.50 |

AXE 3

| Num. | Abscisse | Z Tn | Z Projet | Gisement | X | Y | Dévers | |
|------|----------|---------|----------|----------|------------|-------------|--------|--------|
| | | | | | | | Gauche | Droite |
| P.1 | 0.000 | 138.541 | 138.554 | 374.477 | 279327.821 | 4017106.277 | 2.50 | -2.50 |
| P.2 | 10.000 | 138.514 | 138.485 | 374.376 | 279318.614 | 4017102.373 | 2.50 | -2.50 |
| P.3 | 20.000 | 138.343 | 138.417 | 373.270 | 279309.447 | 4017098.376 | 2.50 | -2.50 |
| P.4 | 30.000 | 138.289 | 138.348 | 372.163 | 279300.352 | 4017094.221 | 2.50 | -2.50 |
| P.5 | 40.000 | 138.288 | 138.271 | 371.056 | 279291.330 | 4017089.907 | 2.50 | -2.50 |

AXE 4

| Num. | Abscisse | Z Tn | Z Projet | Gisement | X | Y | Dévers | |
|------|----------|---------|----------|----------|------------|-------------|--------|--------|
| | | | | | | | Gauche | Droite |
| | | | | 55.884 | 279287.507 | 4017009.263 | 2.50 | - |
| P.1 | 0.000 | 138.344 | 139.206 | 2.50 | | | | |
| P.2 | 10.000 | 138.253 | 138.975 | 55.884 | 279281.119 | 4017016.956 | 2.50 | - |
| P.3 | 20.000 | 138.162 | 138.698 | 55.884 | 279274.724 | 4017024.650 | 2.50 | |
| P.4 | 30.000 | 138.046 | 138.373 | 55.884 | 279268.343 | 4017032.343 | 2.50 | -2.50 |
| P.5 | 40.000 | 138.128 | 138.026 | 55.884 | 279261.954 | 4017040.037 | 2.50 | -2.50 |
| P.6 | 40.370 | 138.122 | 138.013 | 55.884 | 279261.718 | 4017040.322 | 2.50 | -2.50 |

GIRATOIRE : G2 PK 1+895

AXE 1

| Num. | Abscisse | Z Tn | Z Projet | Gisement | X | Y | Dévers | |
|------|----------|---------|----------|----------|------------|-------------|--------|--------|
| | | | | | | | Gauche | Droite |
| P.1 | 0.000 | 158.442 | 158.500 | 0.000 | 280938.711 | 4017120.338 | -2.50 | -2.50 |
| P.2 | 12.178 | 157.906 | 158.500 | 369.598 | 280926.991 | 4017117.485 | -2.50 | -2.50 |
| P.3 | 18.641 | 157.736 | 158.500 | 353.461 | 280921.686 | 4017113.822 | -2.50 | -2.50 |
| P.4 | 30.000 | 157.464 | 158.500 | 325.104 | 280915.168 | 4017104.634 | -2.50 | -2.50 |
| P.5 | 40.055 | 157.424 | 158.500 | 300.000 | 280913.211 | 4017094.838 | -2.50 | -2.50 |
| P.6 | 47.540 | 157.479 | 158.500 | 281.313 | 280914.301 | 4017087.460 | -2.50 | -2.50 |
| P.7 | 55.897 | 157.733 | 158.500 | 260.450 | 280917.975 | 4017079.995 | -2.50 | -2.50 |
| P.8 | 60.000 | 157.946 | 158.500 | 250.207 | 280920.621 | 4017076.865 | -2.50 | -2.50 |
| P.9 | 63.452 | 158.040 | 158.500 | 241.588 | 280923.212 | 4017074.588 | -2.50 | -2.50 |
| P.10 | | | | | | | | |
| P.11 | 72.512 | 158.414 | 158.500 | 218.970 | 280931.224 | 4017070.461 | -2.50 | -2.50 |
| P.12 | | | | | | | | |
| P.13 | 80.111 | 158.905 | 158.500 | 200.000 | 280938.711 | 4017069.338 | -2.50 | -2.50 |

AXE 2

| Num. | Abscisse | Z Tn | Z Projet | Gisement | X | Y | Dévers | |
|------|----------|---------|----------|----------|------------|-------------|--------|--------|
| | | | | | | | Gauche | Droite |
| P.1 | 0.000 | 157.419 | 158.890 | 181.313 | 280872.977 | 4017074.968 | 2.50 | -2.50 |
| P.2 | 10.000 | 157.350 | 158.852 | 181.313 | 280882.549 | 4017077.862 | 2.50 | -2.50 |
| P.3 | 20.000 | 157.280 | 158.808 | 181.313 | 280892.121 | 4017080.755 | 2.50 | -2.50 |
| P.4 | 30.000 | 157.215 | 158.707 | 181.313 | 280901.693 | 4017083.649 | 2.50 | -2.50 |

AXE 3

| Num. | Abscisse | Z Tn | Z Projet | Gisement | X | Y | Dévers | |
|------|----------|---------|----------|----------|------------|-------------|--------|--------|
| | | | | | | | Gauche | Droite |
| | | | 158.573 | 281.168 | 280917.164 | 4017165.542 | 2.50 | -2.50 |
| P.1 | 0.000 | 158.573 | | | | | | |
| P.2 | 10.000 | 158.671 | 158.664 | 281.168 | 280920.079 | 4017155.976 | 2.50 | -2.50 |
| P.3 | 20.000 | 158.664 | 158.699 | 281.168 | 280922.994 | 4017146.410 | 2.50 | -2.50 |
| P.4 | 30.000 | 158.439 | 158.670 | 281.168 | 280925.909 | 4017136.845 | 2.50 | -2.50 |
| P.5 | 40.000 | 158.297 | 158.582 | 281.168 | 280928.824 | 4017127.279 | 2.50 | -2.50 |
| P.6 | 48.414 | 158.382 | 158.500 | 281.168 | 280931.277 | 4017119.230 | 2.50 | -2.50 |

AXE 4

| Num. | Abscisse | Z Tn | Z Projet | Gisement | X | Y | Dévers | |
|------|----------|---------|----------|----------|------------|-------------|--------|--------|
| | | | | | | | Gauche | Droite |
| | | | | 86.385 | 280954.398 | 4017022.608 | 2.50 | -2.50 |
| P.1 | 0.000 | 160.791 | 160.791 | | | | | |
| P.2 | 10.000 | 160.412 | 160.368 | 86.385 | 280952.276 | 4017032.380 | 2.50 | -2.50 |
| P.3 | 20.000 | 160.036 | 159.915 | 86.385 | 280950.154 | 4017042.152 | 2.50 | -2.50 |
| P.4 | 30.000 | 159.596 | 159.430 | 86.385 | 280948.031 | 4017051.924 | 2.50 | -2.50 |
| P.5 | 40.000 | 159.295 | 158.925 | 86.385 | 280945.909 | 4017061.696 | 2.50 | -2.50 |
| P.6 | 48.414 | 159.010 | 158.500 | 86.385 | 280944.123 | 4017069.919 | 2.50 | -2.50 |

AXE 5

| Num. | Abscisse | Z Tn | Z Projet | Gisement | X | Y | Dévers | |
|------|----------|---------|----------|----------|------------|-------------|--------|--------|
| | | | | | | | Gauche | Droite |
| P.1 | 0.000 | 161.205 | 159.005 | 378.078 | 281024.264 | 4017122.074 | 2.50 | -2.50 |
| P.2 | 10.000 | 160.402 | 158.928 | 378.078 | 281014.851 | 4017118.699 | 2.50 | -2.50 |
| P.3 | 20.000 | 159.840 | 158.851 | 378.564 | 281005.430 | 4017115.345 | 2.50 | -2.50 |
| P.4 | 30.000 | 159.299 | 158.774 | 379.370 | 280995.971 | 4017112.101 | 2.50 | -2.50 |
| P.5 | 40.000 | 158.822 | 158.697 | 380.176 | 280986.471 | 4017108.976 | 2.50 | -2.50 |

GIRATOIRE : G3 PK 2+765

AXE1

| Num. | Abscisse | Z Tn | Z Projet | Gisement | X | Y | Dévers | |
|------|----------|---------|----------|----------|------------|-------------|--------|--------|
| | | | | | | | Gauche | Droite |
| P.1 | 0.000 | 154.522 | 154.800 | 0.000 | 281072.692 | 4017837.269 | -2.50 | -2.50 |
| P.2 | 30.000 | 155.110 | 154.800 | 337.382 | 281047.301 | 4017823.667 | -2.50 | -2.50 |
| P.3 | 41.763 | 154.808 | 154.800 | 312.829 | 281042.810 | 4017812.874 | -2.50 | -2.50 |
| P.4 | 47.909 | 154.544 | 154.800 | 300.000 | 281042.192 | 4017806.769 | -2.50 | -2.50 |
| P.5 | 60.000 | 154.899 | 154.800 | 274.763 | 281044.558 | 4017794.993 | -2.50 | -2.50 |
| P.6 | 71.179 | 154.922 | 154.800 | 251.429 | 281050.647 | 4017785.692 | -2.50 | -2.50 |
| P.7 | 87.898 | 155.180 | 154.800 | 216.532 | 281064.861 | 4017777.292 | -2.50 | -2.50 |
| P.8 | 90.000 | 155.200 | 154.800 | 212.145 | 281066.909 | 4017776.823 | -2.50 | -2.50 |
| P.9 | 104.934 | 155.361 | 154.800 | 180.974 | 281081.673 | 4017777.621 | -2.50 | -2.50 |
| P.10 | 120.000 | 155.310 | 154.800 | 149.527 | 281094.419 | 4017785.363 | -2.50 | -2.50 |
| P.11 | | | | | | | | |

AXE 2

| Num. | Abscisse | Z Tn | Z Projet | Gisement | X | Y | Dévers | |
|------|----------|---------|----------|----------|------------|-------------|--------|--------|
| | | | | | | | Gauche | Droite |
| P.1 | 0.000 | 154.327 | 154.580 | 173.934 | 280970.334 | 4017770.672 | 2.50 | -2.50 |
| P.2 | 10.000 | 154.532 | 154.608 | 174.801 | 280979.534 | 4017774.592 | 2.50 | -2.50 |
| P.3 | 20.000 | 154.620 | 154.636 | 175.701 | 280988.787 | 4017778.383 | 2.50 | -2.50 |
| P.4 | 30.000 | 154.606 | 154.664 | 176.601 | 280998.094 | 4017782.042 | 2.50 | -2.50 |
| P.5 | 40.000 | 154.606 | 154.692 | 177.501 | 281007.451 | 4017785.569 | 2.50 | -2.50 |
| P.6 | 50.000 | 154.764 | 154.721 | 178.401 | 281016.857 | 4017788.964 | 2.50 | -2.50 |

AXE 3

| Num. | Abscisse | Z Tn | Z Projet | Gisement | X | Y | Dévers | |
|------|----------|---------|----------|----------|------------|-------------|--------|--------|
| | | | | | | | Gauche | Droite |
| P.1 | 0.000 | 156.135 | 156.007 | 80.974 | 281093.559 | 4017739.041 | 2.50 | -2.50 |
| P.2 | 10.000 | 156.011 | 155.807 | 80.974 | 281090.615 | 4017748.598 | 2.50 | -2.50 |
| P.3 | 20.000 | 155.813 | 155.519 | 80.974 | 281087.670 | 4017758.154 | 2.50 | -2.50 |
| P.4 | 30.000 | 155.620 | 155.167 | 80.974 | 281084.726 | 4017767.711 | 2.50 | -2.50 |
| P.5 | 40.000 | 154.821 | 154.802 | 375.524 | 281101.309 | 4017818.348 | 2.50 | -2.50 |
| P.6 | 40.370 | 154.820 | 154.800 | 375.524 | 281100.966 | 4017818.209 | 2.50 | -2.50 |

AXE 4

| Num. | Abscisse | Z Tn | Z Projet | Gisement | X | Y | Dévers | |
|------|----------|-------|----------|----------|------------|-------------|--------|--------|
| | | | | | | | Gauche | Droite |
| | | | 3.933 | 229.712 | 293272.547 | 4028076.659 | 2.50 | -2.50 |
| P.1 | 0.000 | 3.933 | | | | | | |
| P.2 | 10.000 | 3.876 | 3.895 | 228.838 | 293281.480 | 4028072.183 | 2.50 | -2.50 |
| P.3 | 20.000 | 3.840 | 3.856 | 226.502 | 293290.559 | 4028067.972 | 2.50 | -2.50 |
| P.4 | 30.000 | 3.785 | 3.817 | 224.165 | 293299.777 | 4028064.097 | 2.50 | -2.50 |
| P.5 | 40.000 | 3.721 | 3.710 | 221.828 | 293309.131 | 4028060.563 | 2.50 | -2.50 |
| P.6 | 50.000 | 3.675 | 3.566 | 219.492 | 293318.609 | 4028057.375 | 2.50 | -2.50 |
| P.7 | 60.000 | 3.607 | 3.282 | 217.155 | 293328.197 | 4028054.536 | 2.50 | -2.50 |
| P.8 | 68.157 | 3.557 | 3.100 | 215.249 | 293336.090 | 4028052.483 | 2.50 | -2.50 |

