



N° d'ordre : M/GCA/2021

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTERACADEMIQUE

Filière : Travaux Publics

Spécialité : VOA

Thème

**ETUDE DE L'EVITEMENT D'OULED BOUGHALEM RELIANT LA
WILAYA DE MOSTAGANEM ET LA WILAYA DE CHLEF SUR 3 KM**

Présenté par :

-Mr Mecheri Belkacem

- Mr Mokaddem Houari

Soutenu le 13/ 07/ 2021 devant le jury composé de :

Président: Mr Bensoula Mohamed

Examineur: Mr Bouhaloufa Ahmed

Invité d'honneur : Mr Cherif Mourad

Encadrant : Mr Zelmat Yassin

Co-Encadrant: Mme Guerzou Tourkia

Année Universitaire : 2020 / 2021

Dédicaces

Je dédis ce modeste travail, qui est le fruit récolté après tant d'années d'efforts :

A nos très chers parents qui nous ont soutenues & encouragés durant mes études, Eux qui nous ont toujours apporté leur soutien moral et matériel depuis nos premiers jours à l'université.

A nos très chers frères Aucune dédicace ne serait exprimer assez, nous vous diront tout simplement un grand merci.

A nos très chers amis en témoignage de l'amitié sincère qui nous ont liées et des bons moments passés ensemble.

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah, le clément et le miséricordieux de nous avoir donné la santé et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous remercions nos très chers parents pour leurs aides matérielle et morale durant toute la période de notre formation.

Nous voudrions exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur **Mme Tourkia GUERZOU** et **MR ZELMAT YASSINE** pour nous avoir guidés dans la réalisation de cette étude et le soutien scientifique et moral qu'il nous a apporté.

Nos plus grands remerciements vont:

- Au la D.T.P de Mostaganem.

Nous tenons également à remercier les membres du jury

- **Mre ZAOUI MOHAMED**
- **Mre MEBROUKI ABDELKADER**

Pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail et qui nous feront le plaisir d'apprécier

Nous également remercions tous nos enseignants durant toute notre formation et surtout **MR ZELMAT** et **Melle TOURKIA**

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail, trouvent ici notre profonde gratitude.

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau II.1: Les coordonnées des sommets de l'axe de "variante 1 | 15 |
| Tableau II.2 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante01" | 15 |
| Tableau II.3 : dénivelé de profil "variante 01 " | 15 |
| Tableau II.4 : Classification de terrain et Dénivelée cumulée "variante 01 " | 19 |
| Tableau II.5: Sinuosité "variante 01" | 20 |
| Tableau II.6 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité "variante 01" | 20 |
| Tableau II.7 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40. "Variante 01 " | 21 |
| Tableau II.8: Devers en fonction de l'environnement | 21 |
| Tableau II.9 : Valeur du coefficient ft | 21 |
| Tableau II.10 : Valeur du coefficient « F"» | 22 |
| Tableau II.11: Eléments des raccordements circulaires "variante 1" | 23 |
| Tableau II.12: Cubatures approchées de la 'variante 01' | 24 |
| Tableau II.13 : les coordonnées des sommets de l'axe de "variante 2" | 27 |
| Tableau II.14 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante 02 " | 27 |
| Tableau II.15 : dénivelé de profil 'variante 02' | 27 |
| Tableau II.16: Classification de terrain et Dénivelée cumulée 'variante 02' | 31 |
| Tableau II.17 : Sinuosité 'variante 02' | 31 |
| Tableau II.18 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité 'variante 02' | 32 |
| Tableau II.19 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40' variante 02' | 32 |
| Tableau II.20 : Eléments des raccordements circulaires "variante 2 " | 34 |
| Tableau II.21 : Cubatures approchées de la 'variante 02 ' | 34 |
| Tableau II.22 : Comparaison entre les deux variantes | 37 |
| Tableau III.1: Valeur de déclivité maximal | 41 |
| Tableau III.2 : Rayons convexes | 43 |
| Tableau- III.3 : Rayons concaves (angle rentrant). Cat1, V80 | 44 |
| Tableau III.4 : Caractéristique des rayons verticaux | 47 |
| Tableau III.5: les valeurs de tangente et la flèche | 48 |
| Tableau IV.1 : Devers | 53 |
| Tableau IV.2: Longueur de la clothoïde | 56 |
| Tableau IV.3: Paramètres de clothoïde | 56 |

| | |
|--|-----|
| Tableau V.1 coefficient d'équivalence "p" (selon le B40) | 62 |
| Tableau V.2 : Coefficient « K1 » | 62 |
| Tableau V.3: Coefficient « K2» | 62 |
| Tableau V.4 : valeurs de C_{th} capacité théorique du profil en travers en régime stable | 63 |
| Tableau V.5 : résultats du calcul de trafic | 65 |
| Tableau VI.1 : coefficient de frottement longitudinal fl en fonction de la vitesse (B40) | 67 |
| Tableau VI.2 : les différentes distances selon les normes B40 | 75 |
| Tableau VII. 1 : la portance de sol en fonction de l'indice de CBR | 81 |
| Tableau VII. 2 : Les classes de portance des sols | 82 |
| Tableau VII.3: Coefficient d'équivalence | 83 |
| Tableau VII.4: épaisseurs du corps de chaussée | 86 |
| Tableau IX.1: cubatures détaillées | 96 |
| Tableau. X.1 : Caractéristiques des lignes discontinues | 102 |

Liste des figures

| | | |
|----------------------|--|-----|
| Figure I.1 | Tronçon de notre projet | 03 |
| Figure I.2 | levé topographique | 05 |
| Figure II.1 | Les éléments de tracé en plan | 07 |
| Figure II.2 | Détermination de l'angle au centre | 10 |
| Figure II.3 | Les éléments d'un raccordement circulaire | 10 |
| Figure II.4 | Schéma représentant la surface entre profil | 13 |
| Figure II.5 | Calcul de surfaces cas de remblai | 13 |
| Figure II.6 | Calcul de surfaces cas de déblai | 14 |
| Figure II.7 | La dénivelée cumulée moyenne H/L | 19 |
| Figure III.1 | Eléments du profil en long | 44 |
| Figure III.2 | Pratiques du profil en long | 45 |
| Figure IV.1 | Les éléments de la clothoïde | 50 |
| Figure IV.2 | La propriété de clothoïde | 51 |
| Figure VI.1 | Distance de freinage | 67 |
| Figure VI.2 | Temps de perception-réaction | 70 |
| Figure VI.3 | Distance de perception | 72 |
| Figure VI.4 | L'espacement entre deux véhicules | 74 |
| Figure VII.1 | Structure type d'une chaussée souple | 79 |
| Figure VII.2 | Structure type d'une chaussée semi-rigide | 80 |
| Figure VII.3 | Structure type d'une chaussée rigide | 80 |
| Figure VII.4 | La structure de chaussée | 86 |
| Figure VIII.1 | Les éléments constitutifs du profil en travers | 89 |
| Figure VIII.2 | Le profil en travers | 90 |
| Figure VIII.3 | Dimensions du fossé | 90 |
| Figure IX.1 | Schéma représentant la surface entre profil | 93 |
| Figure IX.2 | L'épure de LALANNE | 95 |
| Figure IX.3 | Sens de transport | 95 |
| Figure X.1 | Types de modulation | 102 |
| Figure X.2 | Flèche de signalisations..... | 103 |
| Figure X.3 | Signalisations Verticales..... | 104 |
| Figure X.4 | Paramètres de l'implantation des luminaires..... | 106 |

SOMMAIRE

Dédicace

Remerciement

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction générale 01

Chapitre I : Présentation et contexte du projet

I-1- Contexte de projet 03

I-2 - Découpage administratif04

I-3 - Infrastructures routières 04

I-4 -Infrastructures portuaires 04

I-5-Donnes de base 04

I-5-1- levé topographique 04

I-5-2-Catégorie de la route 05

I-5-3-Trafic 05

Chapitre II : Etude des variantes

II-1-Tracé En Plan 07

II-1-1-Définition 07

II-1-2-Règles à respecter dans le tracé en plan 07

II-1-3-Les éléments de tracé en plan 07

II-1-3-1-Alignement droit 08

II-1-3-2- Règles concernant la longueur des alignements 08

II-1-3-3- Arcs en cercle 08

II-1-4- Les variantes 09

II-1-4-1- Calcul de gisement de distance et des angles au centre 09

| | |
|--|----|
| II-1-4-2- Détermination des éléments des raccordements circulaires | 10 |
| II-1-4-3- Environnement de la route | 11 |
| II-1-4-4- La vitesse de référence | 11 |
| II-1-4-5- Courbes en plan | 11 |
| II-1-4-6- Calcul des Cubatures Approchées | 12 |
| II-2- Etude des variantes..... | 14 |
| II-2-1- Etude de la variante 1 | 14 |
| II-2-1-1- Introduction | 14 |
| II-2-1-2- Les coordonnées des sommets | 15 |
| II-2-1-3- Calcul de gisements et des angles au centre | 15 |
| II-2-1-4- Environnement de la route | 15 |
| II-2-1-5- La vitesse de référence | 21 |
| II-2-1-6- Stabilité en courbe | 21 |
| II-2-1-7- Détermination des éléments des raccordements circulaire | 23 |
| II-2-1-8- Cubatures Approchées | 24 |
| II-2-2-Etude de la variante 2 | 27 |
| II-2-2-1- les coordonnées des sommets | 27 |
| II-2-2-2- Calcul de gisements et des angles au centre | 27 |
| II-2-2-3- Environnement de la route | 79 |
| II-2-2-4- La vitesse de référence | 32 |
| II-2-2-5- Stabilité en courbe | 32 |
| II-2-2-6- Détermination des éléments des raccordements circulaire | 34 |
| II-2-2-7- Cubatures Approchées | 34 |
| II-2-3- Le choix de la variante | 37 |
| II-3- Conclusion | 37 |

Chapitre III : Profil en long

| | |
|---|----|
| III-1- Définition | 39 |
| III-2- La linge de projet (ligne rouge) | 39 |
| III-3- Règles à respecter dans le tracé du profil en long | 39 |
| III-4- Les éléments de composition du profil en long | 40 |
| III-5- Coordination entre le tracé en plan et le profil en long | 40 |
| III-6- Déclivité | 40 |
| III-7- Les raccordements en profil en long | 41 |

| | |
|--|----|
| III-8- Eléments nécessaire au calcul du profil en long | 44 |
| III-9- Détermination pratique du profil en long | 45 |
| III-10- Application de projet | 47 |

Chapitre IV : Les raccordements progressif

| | |
|--|----|
| IV-1- Introduction | 50 |
| IV-2- Définition de la Clothoïde | 50 |
| IV-3- Les éléments de la clothoïde | 50 |
| IV-4- Propriétés de la clothoïde | 51 |
| IV-5- Les conditions de raccordement | 51 |
| IV-5-1- Condition de confort optique | 51 |
| IV-5-2- Condition de confort dynamique | 52 |
| IV-5-3- Condition de gauchissement..... | 52 |
| IV-5-4- La Vérification de non chevauchement | 52 |
| IV-6- Notion de devers | 53 |
| IV-6 -1- Devers en alignement | 53 |
| IV-6 -2- Devers en courbe | 53 |
| IV-6-3- Rayon de courbure | 53 |
| IV-6 -4- Calcul des devers | 53 |
| IV-7- Application de projet | 54 |
| IV-7-1- Calcul des dévers associés aux rayons de la variante choisie | 54 |
| IV-7-2- Calcul de la longueur de Clothoïde et la vérification de non chevauchement | 55 |
| IV-7-3 : Calcul des paramètres des deux clothoïde | 56 |

Chapitre V : Etude du trafic

| | |
|---------------------------------------|----|
| V-1- Introduction | 59 |
| V-2- Analyse de trafic | 59 |
| V-3- Mesure des trafics | 59 |
| V-4- Différents types de trafic | 60 |
| V-4-1- Trafic normal..... | 60 |
| V-4-2 Trafic dévie | 60 |
| V-4-3 Trafic induit | 61 |
| V-4-4- Trafic total | 61 |
| V-5- Calcul de la capacité | 61 |

| | |
|---|----|
| V-5-1- Définition de la capacité | 61 |
| V-5-2- Calcul de trafic moyen journalier (TJMA) horizon | 61 |
| V-5-3- Calcul de trafic effectif | 61 |
| V-5-4- débit de point horaire normal | 62 |
| V-5-5- Débit horaire admissible | 62 |
| V-5-6- Déterminations du nombre des voies | 63 |
| V-6- Application de projet | 63 |
| V-6-1- Projection future de trafic | 63 |
| V.6.2 Calcul du trafic effectif | 64 |
| V-6-3- Débit de pointe horaire normal | 64 |
| V-6-4- La capacité admissible | 64 |
| V.6.5 : Le nombre des voies | 65 |
| V-7- Conclusion | 65 |

Chapitre VI : Paramètres cinématiques

| | |
|--|----|
| VI-1- Définition | 67 |
| VI-2- Distance de freinage | 67 |
| VI-2-1 Application | 68 |
| VI-3- Temps de perception et de réaction | 69 |
| VI-4- Distance d'arrêt | 70 |
| VI.4.1 Application | 70 |
| VI-5- Distance de perception | 71 |
| VI-5-1- Application | 72 |
| VI-6- Espacement entre deux véhicules | 73 |
| VI-7- Distance de visibilité de dépassant et de manœuvre | 75 |

Chapitre VII : Dimensionnement du corps de chaussée

| | |
|---|----|
| VII-1- Introduction | 77 |
| VII-2- La chaussée | 77 |
| VII-2-1 Définition | 77 |
| VII-2-2 Différents types de chaussées | 78 |
| VII-2-2-1- Chaussée souple | 78 |
| VIII-2-2-2- Chaussée semi-rigide | 79 |
| VII-2-2-3 - Chaussée rigide | 80 |

| | |
|--|----|
| VII-3- Les Différents Facteurs à prendre en compte pour le dimensionnement | 80 |
| VII-3-1 - Trafic | 81 |
| VII-3-2 – Environnement | 81 |
| VII-3-3 - Le Sol Support | 81 |
| VII-3-4 – Matériaux | 82 |
| VII-4- Méthodes De Dimensionnement | 82 |
| VII-4-1- Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio) | 82 |
| VII-4-2- Méthode A.A.S.H.O (American Association of State Highway Officials) | 84 |
| VII-4-3- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves | 84 |
| VII-5- Application au Projet | 84 |
| VII-5- 1- Données de l'étude | 85 |
| VII-5- 2- Répartition de trafic | 85 |
| VII-5- 3- Calcul d'épaisseur | 85 |
| VII-5- 4- Epaisseur équivalente | 85 |

Chapitre VIII : Profil en travers

| | |
|--|----|
| VIII-1- Définition | 88 |
| VIII-2- Types De Profil En Travers | 88 |
| VIII-2-1- profil en travers type | 88 |
| VIII-2-2- profil en travers courants | 88 |
| VIII-3- Les éléments de composition du profil en travers | 88 |
| VIII-4- Application au projet | 90 |

Chapitre IX : Cubatures et mouvements des terres

| | |
|---|----|
| IX-1- Introduction | 92 |
| IX-2- Cubatures terrassements | 92 |
| IX-3- Méthode utilisée | 92 |
| IX-3-1- Description de la Méthode | 92 |
| IX-4- Mouvement des terres | 93 |
| IX-4-1- Métré de terrassement | 93 |
| IX-4-2- Foisonnement | 94 |
| IX-4-3- Moment de transport | 94 |
| IX-4-4- Distance moyenne de transport | 94 |
| IX-4-5- Epure de LALANNE | 94 |

| | |
|--|----|
| IX-4-6- Principe de l'épure de LALANNE | 95 |
| IX-4-7- Etablissement de l'épure de LALANNE | 95 |
| IX-4-8- Ligne de répartition des sens de transport | 95 |
| IX-5- Calculs des cubatures | 96 |

Chapitre XI : Signalisation routière

| | |
|---|-----|
| XI -1- Introduction | 100 |
| XI-2- L'objectif de la signalisation routière | 100 |
| XI-3- Règles à respecter pour la signalisation | 100 |
| XI-4- Types de signalisations | 100 |
| XI -5- Caractéristiques générales des marques | 103 |
| XI-6- Application au projet | 103 |
| XI-7- Eclairage | 105 |
| XI-7-1- Introduction..... | 105 |
| XI-7-2- Catégorie d'éclairage..... | 105 |
| XI-7-3- Paramètre de l'implantation des luminaires..... | 105 |
| XI-7-4- Application au projet..... | 106 |
| XI-7- Conclusion | 106 |
| Devis | 108 |
| Conclusion générale | 109 |

ANNEXE

RESUME

Notre projet de fin d'étude fait partie d'un tracé neuf qui consiste à étudier en avant-projet sommaire et en avant-projet détaillée d'un évitement reliant la wilaya de Mostaganem avec la wilaya de Chelef en ville OULED BOUGHALEM sur 3 Km et ceci dans le cadre des prévisions du schéma national d'aménagement du territoire du schéma directeur routier

Dans notre projet de bretelle autoroutière, nous avons introduit le long des deux tracés des courbes de raccordement, respectant les normes imposées par le B40 pour assurer le confort et la sécurité de l'utilisateur car toute négligence peut être fatale.

Avec la catégorie de notre route est la catégorie 01. Et

- Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA (2016)) = 7858 V/j
- Pourcentage de poids lourds : 14%
- Taux d'accroissement = 4 %
- Durée d'étude et d'exécution : n= 4 ans
- Durée de vie : 20 ans

Les calculs sont faits manuellement et modélisés par le logiciel COVADIS 2013

ABSTRACT

Our end-of-study project is a part of a new route which consists of studying a preliminary and detailed preliminary draft of a sidestep road section connecting Mostaganem district with Chelef district in OULED BOUGHALEM city on 3 km and this within the framework of the forecasts of the national regional planning scheme of the road master plan

In our project, we have introduced connection curves along the two roads, respecting the standards imposed by the B40 to ensure the comfort and safety of the user because any negligence can be deadly.

The category of our road is cat 01. And

- Average Annual Daily Traffic TJMA (2016) = 7858V / d
- The percentage (%) of heavy vehicles Z = 14%
- Annual traffic growth ratio τ = 4%
- Study and execution time: n = 4 years
- Lifespan: 20 years

The calculations are done manually and modeled by the COVADIS 2013 software

مختصرة نبذة

مشروع نهاية الدراسة هو جزء من مسار جديد يتكون من دراسة مسودة أولية و مفصلة لطريق اجتنابي الرابط بين ولاية مستغانم و ولاية الشلف في مدينة اولاد بو غالم بطول 3 كم وهذا في إطار توقعات مخطط التخطيط الإقليمي الوطني للخطة الرئيسية للطريق

في مشروع منحدر الطريق السريع،قدمنا منحنيات اتصال على طول المسارين،مع مراعاة المعايير التي تفرضها B40 لضمان راحة و أمان المستخدم لأن أي إهمال يمكن أن يكون قاتلاً.
مع فئة طريقنا هي الفئة 01. و

- متوسط الحركة اليومية $TJMA (2016) = 7858$ س.ح.ث / يوم
- النسبة المئوية (%) من مركبات البضائع الثقيلة = 14%
- معدل نمو الحركة السنوية $\tau = 4\%$
- وقت الدراسة و التنفيذ: ن = 4 سنوات
- عمر الطريق: 20 سنة

يتم إجراء العمليات الحسابية يدويًا وعلى طريق برنامج COVADIS 2013

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale. A travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés, elles sont le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie locale.

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant, soit par défaut, soit par saturation. Il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes. Ceci pousse à mener des études de bretelle autoroutière.

Notre projet de fin d'étude fait partie d'un tracé neuf qui consiste à étudier en avant-projet sommaire et en avant-projet détaillée un évitement reliant la wilaya de Mostaganem à la Wilaya de Chlef au ville de Ouled Boughalem (**du PK00 au PK 3+100**) et ceci dans le cadre des prévisions du schéma national d'aménagement du territoire du schéma directeur routier.

C'est dans ce contexte que nous essaierons dans le présent mémoire, d'axer notre étude de conception tout en respectant les normes du B40. Ces normes sont de deux ordres : sécurité des usagers et capacité des infrastructures à écouler le trafic qu'elles supportent. La première partie sera consacrée à la phase APS « Avant-Projet Sommaire » où deux variante seront traitée. Après comparaison de ces deux variantes on optera pour celle qui présentera plus d'avantage et fera objet de l'étude en APD « Avant-Projet Détaillé ».

Les études de conception vont permettre de mettre au point les modalités pratique qui permettront sa construction. Elle impose bien des études préalables pour définir : nombre de voies, dimensions et structure de la chaussée, caractéristiques de la couche de surface.

Chapitre I
Présentation Et Contexte
Du Projet

PRESENTATION ET CONTEXTE DU PROJET

Suite à la demande de la direction des travaux publics de la wilaya de Mostaganem ; du ministère des travaux publics de la république algérienne démocratique et populaire, désignée par le terme « client », le projet concernant l'étude préliminaire, avant-projet sommaire et avant-projet détaillé d'un évitement reliant la wilaya de Mostaganem à la wilaya de Chelef au ville OULED BOUGHALEM sur 3 KM.

Ce projet s'inscrit dans le cadre du programme de développement pour desservir le réseau routier et en particulier, relier la ville de MOSTAGANEM à la wilaya de CHELEF afin d'assurer le transport de la marchandise et des voyageurs.

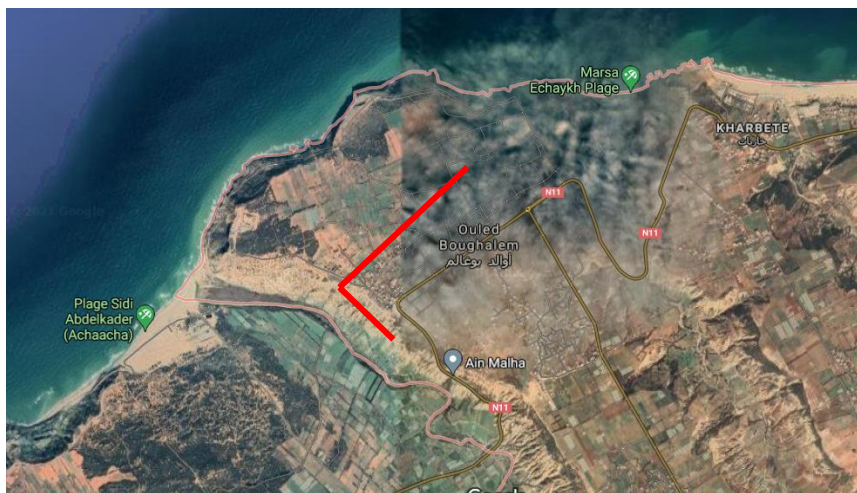


Figure I.1 : Tronçon de notre projet.

I-1 - CONTEXTE DE PROJET :

Mostaganem est une ville de très grande importance par sa situation géographique. La zone d'étude est comprise dans la région Nord-Ouest du schéma national d'aménagement du territoire constituée des wilayas d'Oran, Tlemcen, Ain T'émouchent, Relizane, Mascara, Mostaganem, et au Nord centre, Chleff, Khemis Méliana, Blida et Alger.

Situé dans la zone de plaine littorale les plus riches, la vocation principale de la région reste agricole.

L'industrie dans l'ensemble de la région s'est développée grâce à la disponibilité de nombreux ports et d'infrastructures routières et ferroviaires. Les ressources humaines qualifiées ont été des facteurs favorables au développement industriels.

La ville de Mostaganem est reliée au reste du pays par les routes nationales RN 11, RN 90, RN 90A, RN 23 et RN 17.

La wilaya de MOSTAGANEM situé dans l'ouest nord de l'Algérie, elle a une superficie de 2269 km² et une population de 723000 habitants.

I-2 - DECOUPAGE ADMINISTRATIF :

- 10 Dairas.
- 32 Communes.
- 4 Subdivisons de travaux publics (STP).
- 7 Unités d'Intervention Routière (UIR).
- 4 Maisons cantonnières.

I-3 - INFRASTRUCTURES ROUTIERES :

- RN : 332 km
- CW : 654 km
- CC : 840 Km
- Les ouvrages d'art sur RN : 36.
- Les ouvrages d'art sur CW : 24.

I-4 – INFRASTRUCTURES PORTUIARES :

- 1 Phare.
- 1 port commercial.
- 3 ports de pêche.

L'objet de l'étude dans sa globalité est de chercher de nouvelles variantes de tracé plus proches des routes actuelles telles que la RN 90A et la RN 23. Et de s'approcher des grandes agglomérations de la région capables d'attirer des volumes de trafic plus importants assurant ainsi une meilleure liaison entre Mostaganem et l'autoroute Est-Ouest.

I-5- DONNES DE BASE :

I-5-1- Levé topographique :

Toute étude et conçue sur un fond topographique définissant l'état du relief. Pour notre étude on dispose d'un levé topographique établi à l'échelle 1/1000 comportant les détails planimétriques et altimétriques du terrain naturel.

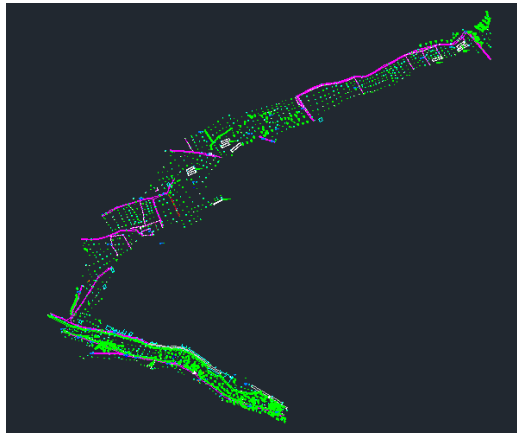


Figure I.2 : Levé topographique.

I-5-2- Catégorie de la route :

La catégorie d'une route est définie suivant la nature des villes, suivant les activités socio-économiques et administrative situées sur les localités desservie par la route.

Les routes Algérienne sont classées cinq catégorie fonctionnelles et sont comme suit :

- **Catégorie 1** : Liaison entre les grands centres économique et les centres industriels lourdes considérés deux a deux, et liaisons assurant le rabattement des centres d'industries de transformation vers réseau de base ci-dessus.
- **Catégorie 2** : Liaison des pôles d'industries de transformation entre eux, et liaisons de raccordement des pôles d'industries légères diversifiées avec le réseau précédent.
- **Catégorie 3** : Liaison des chefs-lieux de daïra et des chefs-lieux de wilaya, non desservies par le réseau précédent, avec le réseau de catégorie 1 et 2.
- **Catégorie 4** : Liaison entre tous les centres de vie qui ne sont pas reliés au réseau de catégorie 1-2 et 3 avec le chef-lieu de daïra, dont ils dépendent, et avec le réseau précédent.
- **Catégorie 5** : routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

La catégorie de notre route est la catégorie 01.

I-5-3-Trafic :

- Trafic Moyen Journalier Annuel TJMA (2016) = 7858 V/j
- Le pourcentage (%) des poids lourds $Z = 14\%$
- Taux de croissance annuel du trafic $\tau = 4\%$
- Durée d'étude et d'exécution : $n = 4$ ans
- Durée de vie : 20 ans

Chapitre II

Etude Des Variantes

II-1- TRACE EN PLAN :

II-1-1- Définition :

Le tracé en plan d'une route est obtenu par projection de tous les points de cette route sur un plan horizontal. Le tracé en plan d'une route est constitué en général par une succession des alignements droits et des arcs reliés entre eux par des courbes de raccordement progressif. Le tracé en plan d'une route est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on pourra déterminer les caractéristiques géométriques de la route. Le tracé en plan d'une route doit permettre d'assurer de bonne sécurité et de confort.

II-1-2- Règles à respecter dans le tracé en plan :

Pour faire un bon tracé en plan, suivant les normes, on doit respecter certaines recommandations :

- Respecter les normes de l'ARP (l'aménagement des routes principales) ;
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières ;
- Adapter au maximum le terrain naturel pour éviter les terrassements importants ;
- Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques. Si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement;
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques ;
- De recourir de préférence à des alignements droits (au moins 50 % du linéaire pour permettre l'implantation de carrefours et une visibilité de déplacement dans de bonnes conditions) alternant avec des courbes moyennes (de rayon supérieur au rayon minimal, et ne dépassant guère le rayon non déversée).

II-1-3- Les éléments de tracé en plan :

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

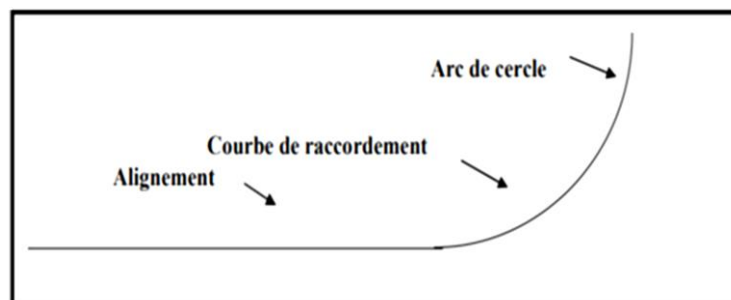


Figure II.1 : Les éléments de tracé en plan.

II-1-3-1- Alignement droit:

Bien que le principe de la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes modernes est restreint. La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment :

- Eblouissement causé par les phares ;
- Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents ;
- Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés ;
- Mauvaise adaptation de la route au paysage.

La longueur des alignements dépend de :

- La vitesse de base, plus précisément de la durée du parcours rectiligne ;
- Des sinuosités avant et après l'alignement ;
- Du rayon de courbure de ces sinuosités.

C'est pour cela qu'il est préférable de remplacer les longs alignements droits par des successions d'alignements courts ou par des courbes à grands rayons. Le facteur le plus important est le pourcentage des alignements droits d'une section de route. Il est recommandé de limiter ce pourcentage de 40 à 80 %.

II-1-3-2- Règles concernant la longueur des alignements :

Une longueur minimale d'alignement L_{\min} devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant **cinq (5) secondes** à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle.

- $L_{\min} = 5 \times \frac{VB}{3.6}$ **VB:** vitesse de base en **km/h**

Une longueur maximale L_{\max} est prise égale à la distance parcourue pendant **soixante (60) secondes**

- $L_{\max} = 60 \times \frac{VB}{3.6}$

II-1-3-3- Arcs en cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

- Stabilité, sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulant à grande vitesse.
- Visibilité en courbe.
- Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.

Pour cela on essaie de choisir des rayons les plus grands possibles pour éviter de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

II-1-4- Les variantes :

Les variantes sont en première approximation composées d'alignements droits raccordés par des arcs de cercles. Notre présente étude s'effectue sur les étapes suivantes :

- Détermination des coordonnées définissant l'axe de notre variante ainsi que les angles au centre des parties circulaires.
- L'environnement de la route.
- Dénivelée cumulée.
- Sinuosité.
- Vitesse de référence V_r .
- Les rayons en plan R_{Hm} , R_{HN} , R_{hd} et R_{Hnd} .
- Choix des rayons.
- Détermination de tous les éléments des raccordements circulaires.
- Déclivités « profil en long ».
- Cubatures approchées.

II-1-4-1- Calcul de gisement de distance et des angles au centre :

❖ Gisement :

Le gisement d'une direction est l'angle dans le sens topographique (des aiguilles d'une montre) compris entre l'axe des Y et la direction.

$$G_{S_1S_2} = \arctg \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \arctg g \frac{X_{S_2} - X_{S_1}}{Y_{S_2} - Y_{S_1}}$$

• Cas exceptionnels pour le calcul de gisement :

$$GIS = \text{gis si } (\Delta X > 0 \text{ et } Y > 0) \text{ (avec gis } > 0)$$

$$GIS = 200 - \text{gis si } (\Delta X > 0 \text{ et } Y < 0) \text{ (avec gis } < 0)$$

$$GIS = 200 + \text{gis si } (\Delta X < 0 \text{ et } Y < 0) \text{ (avec gis } > 0)$$

$$GIS = 400 - \text{gis si } (\Delta X < 0 \text{ et } Y > 0) \text{ (avec gis } < 0)$$

❖ Distance :

La distance S_1S_2 est donnée par la relation :

$$S_1S_2 = \sqrt{(X_{S_2} - X_{S_1})^2 + (Y_{S_2} - Y_{S_1})^2}$$

❖ L'angle au centre :

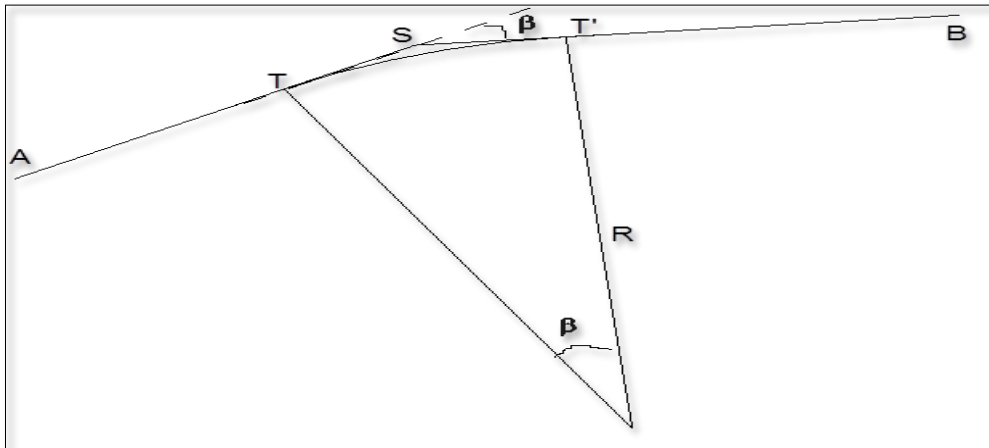


Figure II.2 : Détermination de l'angle au centre.

D'après le cas de Figure. II.1, l'angle au centre β est donné par : $\beta = G_{SB} - G_{AS}$

II-1-4-2- Détermination des éléments des raccordements circulaires :

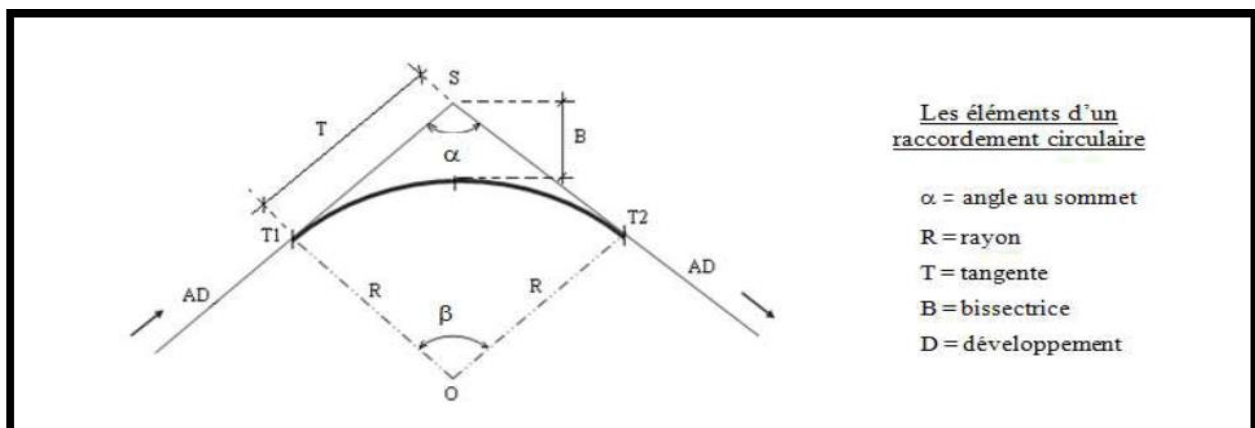


Figure II. 3 : Les éléments d'un raccordement circulaire.

• angles de déviation au sommet α :

Quand on prolonge les alignements droits confondus avec l'axe de route.

❖ La tangente

$$ST = ST' = R \cdot \text{tg} \frac{\beta}{2}$$

❖ Bissectrice :

$$\text{Biss} = R \cdot \left(\frac{1}{\cos \frac{\beta}{2}} - 1 \right)$$

❖ **La développée :**

$$D = \frac{\pi \cdot \beta^{\text{deg}} \cdot R}{180} = \frac{\pi \cdot \beta^{\text{Grad}} \cdot R}{200} = R\beta^{\text{rd}}$$

❖ **La flèche :**

$$F = R \left(1 - \cos \frac{\beta}{2} \right)$$

II-1-4-3- Environnement de la route : « Ei »

Les deux indicateurs adoptés pour caractériser chaque classe d'environnement sont :

- La dénivelée cumulée moyenne.
- La sinuosité.

II-1-4-4- La vitesse de référence :

La vitesse de référence est la vitesse de circulation des véhicules sur une route à circulation normale et au dessous de laquelle les véhicules rapides peuvent circuler normalement en dehors des pointes. Elle est déterminée en fonction de l'importance des liaisons assurées par la section de route et par les conditions géographiques. La vitesse est donc fonction de :

- La catégorie.
- L'environnement.

II-1-4-5- Courbes en plan :

Dans un virage, le véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à lui 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.

L'équilibre des forces agissant sur le véhicule nous amène à la conclusion suivante :

❖ **Le rayon horizontal 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.

$$RHm = \frac{Vr(\text{km/h})^2}{127(f_t + d_{\text{max}})}$$

❖ **Le rayon minimal normal (RHN) :**

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

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

❖ **Le rayon au devers minimal RHd :**

RHd est le rayon au deçà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'effet centrifuge résiduel soit équivalent à celui subi par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit (devers : - d min %).

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

$D_{\min} = 2.5\%$ en catégorie 1 – 2

$D_{\min} = 3\%$ en catégorie 3– 4

❖ **Le rayon non déversé RHnd :**

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

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

II-1-4-6- Calcul des Cubatures approchés :❖ **Méthode de calcul approximatif :**

$$V_t = \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right) d_1 + \left(\frac{S_2 + S_3}{2} \right) d_2 + \dots + \left(\frac{S_n + S_{n+1}}{2} \right) d_{n+1}$$

Par conséquent

$$V_t = \left(\frac{d_1}{2} \right) S_1 + \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right) S_2 + \left(\frac{d_2 + d_3}{2} \right) S_3 + \dots + \left(\frac{d_n + d_{n+1}}{2} \right) S_{n+1}$$

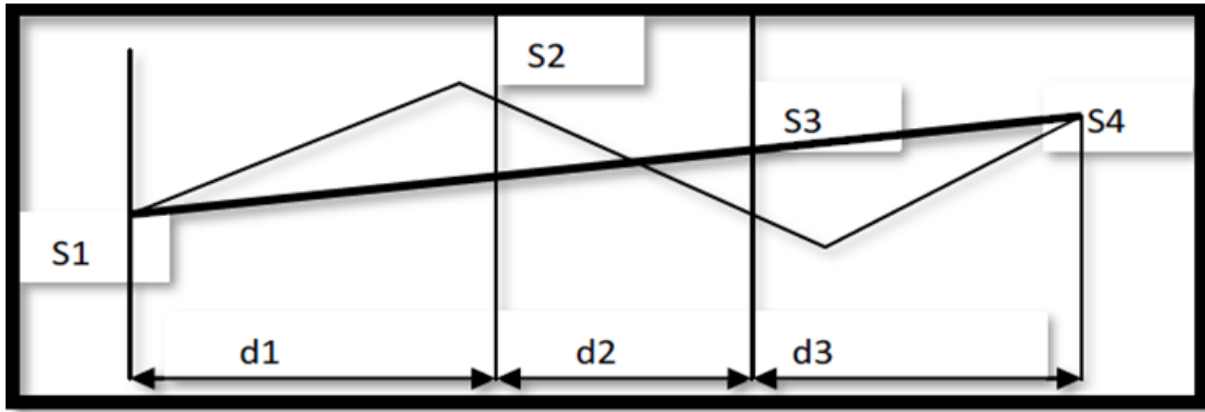


Figure II.4 : Schéma représentant la surface entre profil.

❖ Calcul des surfaces :

• En remblai :

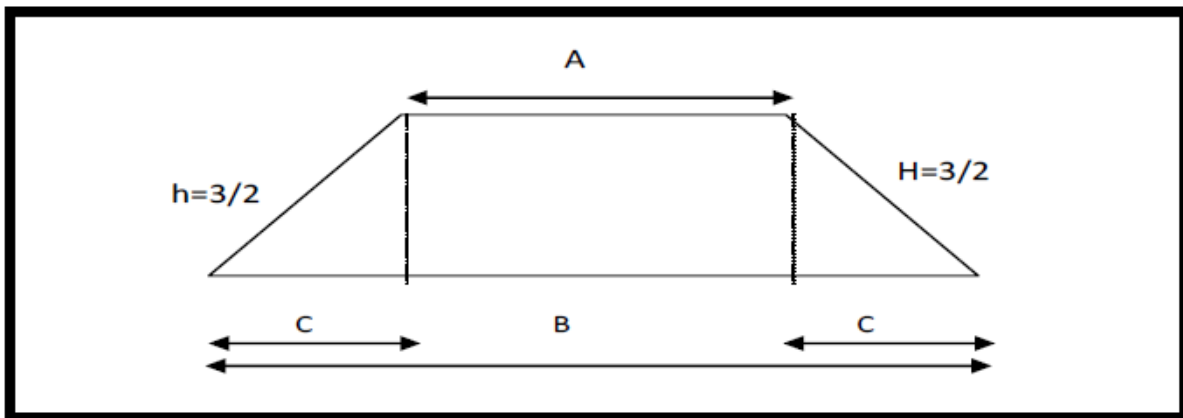


Figure II.5: Calcul de surfaces cas de remblai.

Avec :

- A : largeur de la chaussée les 2 Accotements.
- $Tg \alpha = P = 2/3 = h/c$
- $c = 3h / 2$
- h : différence de niveau entre la côte de projet et la côte terrain naturel
- $B = A + 2c = A + 3h$

D'où: $S = (A + B) h/2 \Rightarrow SR = Ah + 3 h^2/2$

- En déblai :

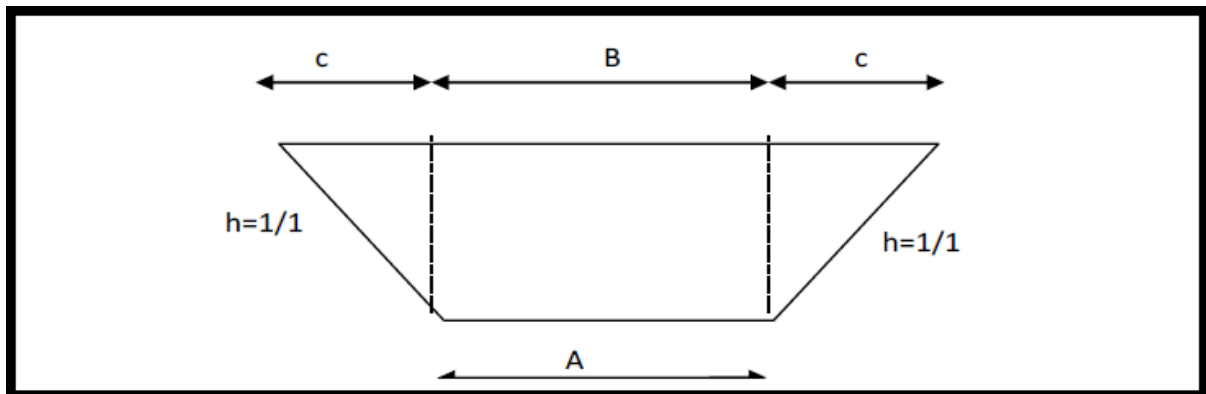


Figure II.6: Calcul de surfaces cas de déblai.

Avec :

- ✓ **h** : différence entre C.T.N et C.P.
- ✓ **A** : largeur de la chaussée + 2 accotements
- ✓ **SD** = $Ah + h^2$

II-2- Etude des variantes :

II-2-1- Etude de la variante 1 :

II-2-1-1- Introduction :

Définir les caractéristique d'une route, c'est conserver les trois éléments géométrique simples qui la composent :

- Le tracé en plan, projection de la route sur u plan horizontal.
 - Le profil en long, développement de l'intersection de la surface de la route avec le Cylindre à génératrice.
 - Le profil en travers, coupe suivant un plan vertical perpendiculaire à l'axe.
 - Les normes fixent les règles relatives à la construction de ces trois éléments.
- L'exigence qui prévalu à l'élaboration des normes sont de deux ordres : sécurité des usagers et capacité des infrastructures a écouler le trafic qu'elles supportent.

Le tracé en plan de la variante est constitué d'alignement droit et de courbes. L'étude consiste à déterminer les angles aux sommets et les longueurs des tangentes, on procède à la mesure à partir de notre plan topographique dans le but de déterminer les rayons en plan.

II-2-1-2- Les coordonnées des sommets :

Tableau II.1: Les coordonnées des sommets de l'axe de "variante 1".

| | X | Y |
|-----------|-----------|------------|
| A | 286880,64 | 4025072,24 |
| S1 | 286427,45 | 4025300,68 |
| S2 | 285970,10 | 4025416,86 |
| S3 | 286466,96 | 4026152,57 |
| B | 287683,51 | 4026638,11 |

II-2-1-3- Calcul de gisements et des angles au centre :

Tableau II.2 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante01".

| Points | dx(m) | dy(m) | gisement(grad) | Distance(m) | Bita(grad) |
|--------------|---------|--------|----------------|-------------|------------|
| A-S1 | -453,19 | 228,44 | 329,7241 | 507,5096 | / |
| S1S2 | -457,35 | 116,18 | 315,8376 | 471,8758 | 13,8865 |
| S2-S3 | 496,86 | 735,71 | 37,8146 | 887,7720 | 78,0230 |
| S3-B | 1216,55 | 485,54 | 75,8247 | 1309,8637 | 38,010 |

II-2-1-4- Environnement de la route :

A)- Dénivelée moyenne cumulée « H/L » :

Tableau II.3 : dénivelé de profil "variante 01".

| Profil n° | Abscisse | Longueur d'application | Point d'axe | | | DH |
|------------|----------|------------------------|-------------|-------------|--------|--------|
| | | | X | Y | Z | |
| P1 | 0,000 | 12,500 | 286880,637 | 4025072,237 | 65,917 | 0,000 |
| P2 | 25,000 | 25,000 | 286858,312 | 4025083,490 | 65,891 | -0,026 |
| P3 | 50,000 | 25,000 | 286835,988 | 4025094,743 | 65,950 | 0,059 |
| P4 | 75,000 | 25,000 | 286813,664 | 4025105,996 | 66,399 | 0,449 |
| P5 | 100,000 | 25,000 | 286791,340 | 4025117,249 | 67,264 | 0,866 |
| P6 | 125,000 | 25,000 | 286769,016 | 4025128,503 | 68,548 | 1,284 |
| P7 | 150,000 | 25,000 | 286746,692 | 4025139,756 | 70,251 | 1,703 |
| P8 | 175,000 | 25,000 | 286724,368 | 4025151,009 | 72,374 | 2,123 |
| P9 | 200,000 | 25,000 | 286702,043 | 4025162,262 | 74,919 | 2,545 |
| P10 | 225,000 | 25,000 | 286679,719 | 4025173,515 | 77,870 | 2,951 |
| P11 | 250,000 | 25,000 | 286657,395 | 4025184,768 | 80,157 | 2,287 |
| P12 | 275,000 | 25,000 | 286635,071 | 4025196,021 | 79,994 | -0,163 |
| P13 | 300,000 | 25,000 | 286612,747 | 4025207,274 | 78,122 | -1,872 |

| | | | | | | |
|-----|----------|--------|------------|-------------|--------|--------|
| P14 | 325,000 | 21,629 | 286590,423 | 4025218,528 | 76,226 | -1,896 |
| P15 | 343,257 | 12,500 | 286574,119 | 4025226,746 | 74,975 | -1,251 |
| P16 | 350,000 | 15,871 | 286568,092 | 4025229,767 | 74,546 | -0,428 |
| P17 | 375,000 | 25,000 | 286545,625 | 4025240,733 | 73,119 | -1,428 |
| P18 | 400,000 | 25,000 | 286522,979 | 4025251,323 | 71,942 | -1,177 |
| P19 | 425,000 | 25,000 | 286500,160 | 4025261,533 | 71,016 | -0,926 |
| P20 | 450,000 | 25,000 | 286477,174 | 4025271,363 | 70,340 | -0,676 |
| P21 | 475,000 | 25,000 | 286454,027 | 4025280,807 | 69,914 | -0,426 |
| P22 | 500,000 | 25,000 | 286430,726 | 4025289,865 | 69,739 | -0,176 |
| P23 | 525,000 | 25,000 | 286407,277 | 4025298,533 | 69,813 | 0,074 |
| P24 | 550,000 | 25,000 | 286383,687 | 4025306,809 | 70,138 | 0,325 |
| P25 | 575,000 | 25,000 | 286359,962 | 4025314,691 | 70,712 | 0,575 |
| P26 | 600,000 | 25,000 | 286336,109 | 4025322,176 | 71,537 | 0,825 |
| P27 | 625,000 | 25,000 | 286312,135 | 4025329,263 | 72,613 | 1,075 |
| P28 | 650,000 | 22,725 | 286288,046 | 4025335,949 | 73,905 | 1,292 |
| P29 | 670,450 | 12,500 | 286268,260 | 4025341,119 | 75,154 | 1,249 |
| P30 | 675,000 | 4,473 | 286263,850 | 4025342,239 | 75,551 | 0,397 |
| P31 | 679,395 | 12,500 | 286259,590 | 4025343,321 | 75,932 | 0,381 |
| P32 | 700,000 | 22,802 | 286239,901 | 4025349,365 | 77,614 | 1,682 |
| P33 | 725,000 | 25,000 | 286216,951 | 4025359,243 | 79,425 | 1,811 |
| P34 | 750,000 | 25,000 | 286195,336 | 4025371,776 | 80,984 | 1,559 |
| P35 | 775,000 | 25,000 | 286175,363 | 4025386,787 | 82,292 | 1,308 |
| P36 | 800,000 | 25,000 | 286157,314 | 4025404,064 | 83,350 | 1,057 |
| P37 | 825,000 | 25,000 | 286141,445 | 4025423,363 | 84,156 | 0,807 |
| P38 | 850,000 | 25,000 | 286127,980 | 4025444,409 | 84,713 | 0,556 |
| P39 | 875,000 | 25,000 | 286117,111 | 4025466,906 | 85,019 | 0,306 |
| P40 | 900,000 | 25,000 | 286108,990 | 4025490,535 | 85,075 | 0,056 |
| P41 | 925,000 | 25,000 | 286103,732 | 4025514,961 | 84,881 | -0,194 |
| P42 | 950,000 | 25,000 | 286101,413 | 4025539,838 | 84,521 | -0,360 |
| P43 | 975,000 | 25,000 | 286102,065 | 4025564,815 | 84,157 | -0,364 |
| P44 | 1000,000 | 25,000 | 286105,679 | 4025589,538 | 83,792 | -0,364 |
| P45 | 1025,000 | 25,000 | 286112,204 | 4025613,656 | 83,428 | -0,364 |
| P46 | 1050,000 | 25,000 | 286121,546 | 4025636,829 | 83,063 | -0,364 |
| P47 | 1075,000 | 15,879 | 286133,575 | 4025658,728 | 82,699 | -0,364 |
| P48 | 1081,757 | 12,500 | 286137,266 | 4025664,388 | 82,600 | -0,099 |
| P49 | 1100,000 | 17,587 | 286147,476 | 4025679,505 | 82,334 | -0,266 |
| P50 | 1116,932 | 12,500 | 286156,952 | 4025693,537 | 82,088 | -0,247 |
| P51 | 1125,000 | 16,534 | 286161,483 | 4025700,213 | 81,970 | -0,118 |
| P52 | 1150,000 | 25,000 | 286175,710 | 4025720,770 | 81,606 | -0,364 |
| P53 | 1175,000 | 25,000 | 286190,222 | 4025741,126 | 81,241 | -0,364 |

| | | | | | | |
|------------|----------|--------|------------|-------------|--------|--------|
| P54 | 1200,000 | 25,000 | 286205,015 | 4025761,280 | 80,877 | -0,364 |
| P55 | 1225,000 | 25,000 | 286220,087 | 4025781,226 | 80,512 | -0,364 |
| P56 | 1250,000 | 25,000 | 286235,434 | 4025800,961 | 80,148 | -0,364 |
| P57 | 1275,000 | 25,000 | 286251,053 | 4025820,480 | 79,783 | -0,364 |
| P58 | 1300,000 | 25,000 | 286266,942 | 4025839,781 | 79,419 | -0,364 |
| P59 | 1325,000 | 25,000 | 286283,098 | 4025858,859 | 79,054 | -0,364 |
| P60 | 1350,000 | 25,000 | 286299,517 | 4025877,711 | 78,690 | -0,364 |
| P61 | 1375,000 | 25,000 | 286316,197 | 4025896,334 | 78,326 | -0,364 |
| P62 | 1400,000 | 25,000 | 286333,133 | 4025914,722 | 77,961 | -0,364 |
| P63 | 1425,000 | 25,000 | 286350,323 | 4025932,874 | 77,597 | -0,364 |
| P64 | 1450,000 | 25,000 | 286367,764 | 4025950,786 | 77,232 | -0,364 |
| P65 | 1475,000 | 25,000 | 286385,452 | 4025968,453 | 76,868 | -0,364 |
| P66 | 1500,000 | 25,000 | 286403,383 | 4025985,873 | 76,503 | -0,364 |
| P67 | 1525,000 | 25,000 | 286421,554 | 4026003,042 | 76,139 | -0,364 |
| P68 | 1550,000 | 25,000 | 286439,963 | 4026019,957 | 75,774 | -0,364 |
| P69 | 1575,000 | 25,000 | 286458,604 | 4026036,615 | 75,410 | -0,364 |
| P70 | 1600,000 | 25,000 | 286477,475 | 4026053,013 | 75,046 | -0,364 |
| P71 | 1625,000 | 25,000 | 286496,572 | 4026069,147 | 74,681 | -0,364 |
| P72 | 1650,000 | 25,000 | 286515,891 | 4026085,014 | 74,317 | -0,364 |
| P73 | 1675,000 | 25,000 | 286535,429 | 4026100,611 | 73,952 | -0,364 |
| P74 | 1700,000 | 25,000 | 286555,181 | 4026115,935 | 73,588 | -0,364 |
| P75 | 1725,000 | 25,000 | 286575,144 | 4026130,984 | 73,223 | -0,364 |
| P76 | 1750,000 | 25,000 | 286595,315 | 4026145,753 | 72,852 | -0,371 |
| P77 | 1775,000 | 25,000 | 286615,688 | 4026160,242 | 72,460 | -0,392 |
| P78 | 1800,000 | 25,000 | 286636,261 | 4026174,445 | 72,048 | -0,413 |
| P79 | 1825,000 | 25,000 | 286657,029 | 4026188,362 | 71,615 | -0,433 |
| P80 | 1850,000 | 25,000 | 286677,989 | 4026201,989 | 71,173 | -0,441 |
| P81 | 1875,000 | 25,000 | 286699,135 | 4026215,324 | 70,732 | -0,441 |
| P82 | 1900,000 | 25,000 | 286720,465 | 4026228,363 | 70,291 | -0,441 |
| P83 | 1925,000 | 25,000 | 286741,974 | 4026241,106 | 69,850 | -0,441 |
| P84 | 1950,000 | 25,000 | 286763,657 | 4026253,548 | 69,408 | -0,441 |
| P85 | 1975,000 | 25,000 | 286785,512 | 4026265,688 | 68,967 | -0,441 |
| P86 | 2000,000 | 25,000 | 286807,533 | 4026277,523 | 68,526 | -0,441 |
| P87 | 2025,000 | 25,000 | 286829,716 | 4026289,051 | 68,084 | -0,441 |
| P88 | 2050,000 | 25,000 | 286852,057 | 4026300,270 | 67,643 | -0,441 |
| P89 | 2075,000 | 25,000 | 286874,552 | 4026311,177 | 67,202 | -0,441 |
| P90 | 2100,000 | 25,000 | 286897,196 | 4026321,771 | 66,761 | -0,441 |
| P91 | 2125,000 | 25,000 | 286919,985 | 4026332,050 | 66,319 | -0,441 |
| P92 | 2150,000 | 25,000 | 286942,914 | 4026342,011 | 65,878 | -0,441 |
| P93 | 2175,000 | 20,820 | 286965,980 | 4026351,653 | 65,437 | -0,441 |

| | | | | | | |
|------------------------|-----------------|--------|------------|------------------|---------------|--------|
| P94 | 2191,640 | 12,500 | 286981,406 | 4026357,892 | 65,143 | -0,294 |
| P95 | 2200,000 | 16,680 | 286989,170 | 4026360,991 | 64,995 | -0,148 |
| P96 | 2225,000 | 25,000 | 287012,389 | 4026370,258 | 64,554 | -0,441 |
| P97 | 2250,000 | 25,000 | 287035,608 | 4026379,525 | 64,113 | -0,441 |
| P98 | 2275,000 | 25,000 | 287058,827 | 4026388,793 | 63,672 | -0,441 |
| P99 | 2300,000 | 25,000 | 287082,046 | 4026398,060 | 63,230 | -0,441 |
| P100 | 2325,000 | 25,000 | 287105,265 | 4026407,327 | 62,791 | -0,440 |
| P101 | 2350,000 | 25,000 | 287128,484 | 4026416,594 | 62,362 | -0,429 |
| P102 | 2375,000 | 25,000 | 287151,703 | 4026425,861 | 61,946 | -0,416 |
| P103 | 2400,000 | 25,000 | 287174,922 | 4026435,128 | 61,542 | -0,404 |
| P104 | 2425,000 | 25,000 | 287198,141 | 4026444,395 | 61,151 | -0,391 |
| P105 | 2450,000 | 25,000 | 287221,360 | 4026453,662 | 60,772 | -0,379 |
| P106 | 2475,000 | 25,000 | 287244,579 | 4026462,929 | 60,406 | -0,366 |
| P107 | 2500,000 | 25,000 | 287267,798 | 4026472,196 | 60,052 | -0,354 |
| P108 | 2525,000 | 25,000 | 287291,017 | 4026481,463 | 59,711 | -0,341 |
| P109 | 2550,000 | 25,000 | 287314,236 | 4026490,731 | 59,382 | -0,329 |
| P110 | 2575,000 | 25,000 | 287337,455 | 4026499,998 | 59,066 | -0,316 |
| P111 | 2600,000 | 25,000 | 287360,674 | 4026509,265 | 58,763 | -0,304 |
| P112 | 2625,000 | 25,000 | 287383,893 | 4026518,532 | 58,471 | -0,291 |
| P113 | 2650,000 | 25,000 | 287407,112 | 4026527,799 | 58,193 | -0,279 |
| P114 | 2675,000 | 25,000 | 287430,331 | 4026537,066 | 57,927 | -0,266 |
| P115 | 2700,000 | 25,000 | 287453,550 | 4026546,333 | 57,673 | -0,254 |
| P116 | 2725,000 | 25,000 | 287476,769 | 4026555,600 | 57,432 | -0,241 |
| P117 | 2750,000 | 25,000 | 287499,988 | 4026564,867 | 57,203 | -0,229 |
| P118 | 2775,000 | 25,000 | 287523,207 | 4026574,134 | 56,987 | -0,216 |
| P119 | 2800,000 | 25,000 | 287546,426 | 4026583,401 | 56,783 | -0,204 |
| P120 | 2825,000 | 25,000 | 287569,645 | 4026592,669 | 56,592 | -0,191 |
| P121 | 2850,000 | 25,000 | 287592,864 | 4026601,936 | 56,410 | -0,182 |
| P122 | 2875,000 | 25,000 | 287616,083 | 4026611,203 | 56,229 | -0,181 |
| P123 | 2900,000 | 25,000 | 287639,302 | 4026620,470 | 56,047 | -0,181 |
| P124 | 2925,000 | 23,799 | 287662,521 | 4026629,737 | 55,866 | -0,181 |
| P125 | 2947,598 | 11,299 | 287683,509 | 4026638,114 | 55,702 | -0,164 |
| Longueur Totale | 2947.598 | | | DH Totale | 69.419 | |

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

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

P : pente du terrain.

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

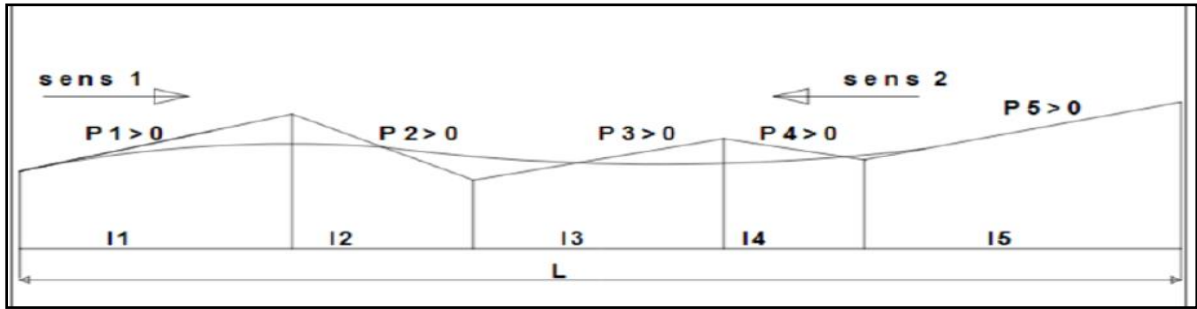


Figure II.7: La dénivelée cumulée moyenne H/L.

❖ **Dénivelée cumulée moyenne :**

Cette dénivelée cumulée moyenne nous permet de connaître la nature du terrain le tableau ci-après nous donne la dénivelé moyen cumulé de chaque profil :

- $\Sigma \Delta H = 69,419 \text{ m ;}$
- $\Sigma \text{ Distance} = 2947,598 \text{ m ;}$

$$D_c = \frac{\Sigma \Delta H}{\Sigma \text{ Distance}} = \frac{69,419}{2947,598} = 0.0236 \quad \Rightarrow \quad D_c = 2,36\%$$

Le tableau suivant représente la nature du terrain en fonction de la dénivelée cumulée :

Tableau II.4 : Classification de terrain et Dénivelée cumulée "variante 01 ".

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

On peut conclure toute en se référant au tableau ci-dessus que le relief : **Terrain vallonné**

B)-Sinuosité :

La sinuosité σ d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse L_s 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).

$$\sigma = \frac{L_s}{L_T}$$

Avec :

- **L_s**: la somme des développées des rayons inférieurs ou égale a 200m ($R \leq 200m$).
- **L** : la longueur total de la route.

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

Donc $\sigma = 0$;

Les valeurs seuils, déterminées par l'analyse de nombreux itinéraire en Algérie permettent de caractériser trois domaines de sinuosité (Voir le tableau suivant) :

Tableau II.5: Sinuosité "variante 01".

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

A partir du tableau ci-dessus, nous pouvons conclure que notre variante est de **sinuosité faible**.

Environnement de la route :

Trois types d'environnement sont caractérisés par le croisement des 2 paramètres précédents à partir du tableau suivant :

Tableau II.6 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité "variante 01".

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

Dans notre cas, nous avons :

Terrain Vallonné  Environnement E2
 Sinuosité faible

II-2-1-5- La vitesse de référence :

La vitesse est donc fonction de :

- La catégorie
- L'environnement

La catégorie de notre tronçon est **CAT1** et environnement **E2** (Voir Tableau III.7)

Tableau II.7 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40. "Variante 01".

| Environnement Catégorie | E1 | E2 | 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 |

À partir du **tableau II.7**, La vitesse à considérer selon les normes est : **Vr =80 Km/h.**

II-2-1-6- Stabilité en courbe :

- ✓ **Détermination des dévers d_{max} et d_{min} :**

Tableau II.8: Devers en fonction de l'environnement.

| | Cat1 | Cat2 | Cat3 | Cat4 | Cat5 |
|-----------------------------|--------|--------|------|------|------|
| d_{min} | -2,50% | -2,50% | -3% | -3% | -4% |
| d_{max} | 7% | 7% | 8% | 8% | 9% |

- ✓ **Détermination du coefficient transversal f_t :**

Tableau II.9 : Valeur du coefficient f_t .

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

✓ Détermination du coefficient F'' en fonction de la catégorie :Tableau II.10 : 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 |

✓ Tableau récapitulatif :

| Vitesse réf | Dmax | dmin | d=dmax-2% | Ft | f'' |
|-------------|------|------|-----------|------|------|
| 80 km/h | 7% | .5% | 5% | 0.13 | 0.06 |

▪ Détermination des rayons en plan :

❖ Le rayon horizontal minimal absolu (RHm) :

$$RHm = \frac{80^2}{127 (0,13 + 0,07)} \longrightarrow RHm = 252 \text{ m}$$

❖ Le rayon minimal normal (RHN) :

$$RHN = \frac{(80+20)^2}{127 (0,11 + 0,05)} \longrightarrow RHN = 492 \text{ m}$$

❖ Le rayon au devers minimal RHd :

$$RHd = \frac{80^2}{127 * 2 * 0,025} \longrightarrow RHd = 1008 \text{ m}$$

❖ Le rayon non déversé RHnd :

$$RHnd = \frac{80^2}{127 (0,06 - 0,025)} \longrightarrow RHnd = 1440 \text{ m}$$

▪ Paramètres fondamentaux :

D'après le règlement des normes d'aménagements routiers **B40**, pour un environnement E2 et une catégorie **C1** et une vitesse de base **VB = 80 km/h** on définit les paramètres dans le tableau suivants :

| Paramètres | Symboles | Valeurs calculées | Valeurs selon B-40 |
|----------------------------------|---------------|-------------------|--------------------|
| Rayon horizontal minimal (m) | RHm (7 %) | 252 | 250 |
| Rayon horizontal normal (m) | RHN (5 %) | 492 | 450 |
| Rayon horizontal déversé (m) | RHd (2.5 %) | 1008 | 1000 |
| Rayon horizontal non déversé (m) | RHnd (-2.5 %) | 1440 | 1400 |

▪ **Choix des rayons:**

Pour une route de catégorie donnée, il n'y a aucun rayon inférieur au rayon minimum absolu RHm. On utilisera, autant que possible des valeurs de rayons supérieures ou égales au rayon minimum normal RHN.

A partir du tracé de la variante 1, nous avons pu choisir deux rayons tels que :

| Rayons Choisis (m) | |
|--------------------|------|
| R1 | 1500 |
| R2 | 210 |
| R2 | 1800 |

II-2-1-7- Détermination des éléments des raccordements circulaire:

Tableau des résultats :

Tableau II.11: Eléments des raccordements circulaires "variante 1".

| Virage | Tangente (m) | Bissectrice (m) | Flèche (m) | Développée (m) |
|----------|--------------|-----------------|------------|----------------|
| 1 | 164,2482 | 8,9657 | 8,9124 | 327,1929 |
| 2 | 147,6472 | 46,7093 | 38,2104 | 257,3723 |
| 3 | 553,9086 | 83,2989 | 79,6146 | 1074,7103 |
| / | / | / | / | 1659,2755 |

• **Longueur totale des alignements droits : Lad**

$$Lad = AT1 + T'1T2 + T'2T3 + T3B$$

$$Lad = 343,2614 \text{ m} + 159,9804 \text{ m} + 186,2162 \text{ m} + 755,9551 \text{ m} \Rightarrow Lad = 1445,4131$$

• **Longueur totale des arcs de cercles : Lc**

$$Lc = D1 + D2 + D3$$

$$Lc = 327,1929 \text{ m} + 257,3723 \text{ m} + 1074,7103 \text{ m} \Rightarrow Lc = 1659,2755 \text{ m}$$

• Longueur totale du tronçon : LT

$$L_T = L_{ad} + L_c$$

$$L_T = 1445,4131 \text{ m} + 1659,2755 \text{ m} \Rightarrow L_T = 3104,6886 \text{ m}$$

Pourcentage Alignement droit % alig_Droit = 47%

Pourcentage Courbe % courbe = 53 %

II-2-1-8- Cubatures :

Tableau II.12: Cubatures approchées de la 'variante 01'.

| Profil n° | Abscisse | Longueur d'application | Déblais | | | | | Remblais | | | | |
|-----------|----------|------------------------|--------------|--------------|----------------|-------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|-------------|-----------------|
| | | | Surf. G (m²) | Surf. D (m²) | Surf. Tot (m²) | Volume (m³) | Cumul Vol. (m³) | Surf. G (m²) | Surf. D (m²) | Surf. Tot (m²) | Volume (m³) | Cumul Vol. (m³) |
| P1 | 0,000 | 12,500 | 0,02 | 38,72 | 38,74 | 484,208 | 484,208 | 24,47 | 0,00 | 24,47 | 305,816 | 305,816 |
| P2 | 25,000 | 25,000 | 0,00 | 36,13 | 36,13 | 903,280 | 1387,488 | 27,22 | 0,21 | 27,43 | 685,736 | 991,552 |
| P3 | 50,000 | 25,000 | 0,38 | 41,81 | 42,19 | 1054,828 | 2442,317 | 18,67 | 0,00 | 18,67 | 466,833 | 1458,384 |
| P4 | 75,000 | 25,000 | 0,15 | 34,74 | 34,88 | 872,099 | 3314,415 | 13,94 | 0,00 | 13,94 | 348,444 | 1806,828 |
| P5 | 100,000 | 25,000 | 0,29 | 27,98 | 28,28 | 706,922 | 4021,337 | 7,23 | 0,00 | 7,23 | 180,646 | 1987,474 |
| P6 | 125,000 | 25,000 | 0,00 | 19,31 | 19,31 | 482,643 | 4503,980 | 19,54 | 0,76 | 20,30 | 507,442 | 2494,916 |
| P7 | 150,000 | 25,000 | 1,82 | 46,08 | 47,91 | 1197,642 | 5701,622 | 13,94 | 0,00 | 13,94 | 348,568 | 2843,484 |
| P8 | 175,000 | 25,000 | 2,00 | 33,79 | 35,80 | 894,926 | 6596,548 | 16,47 | 0,00 | 16,47 | 411,625 | 3255,109 |
| P9 | 200,000 | 25,000 | 0,59 | 6,60 | 7,18 | 179,577 | 6776,125 | 8,88 | 0,44 | 9,33 | 233,183 | 3488,292 |
| P10 | 225,000 | 25,000 | 2,28 | 3,19 | 5,47 | 136,690 | 6912,815 | 2,09 | 0,18 | 2,27 | 56,805 | 3545,097 |
| P11 | 250,000 | 25,000 | 2,10 | 17,03 | 19,13 | 478,166 | 7390,981 | 9,49 | 0,00 | 9,49 | 237,369 | 3782,466 |
| P12 | 275,000 | 25,000 | 0,70 | 34,35 | 35,04 | 876,059 | 8267,040 | 13,15 | 0,00 | 13,15 | 328,641 | 4111,107 |
| P13 | 300,000 | 25,000 | 0,28 | 32,80 | 33,08 | 826,956 | 9093,996 | 14,29 | 0,00 | 14,29 | 357,323 | 4468,430 |
| P14 | 325,000 | 21,629 | 0,51 | 39,83 | 40,34 | 872,469 | 9966,465 | 12,25 | 0,00 | 12,25 | 264,861 | 4733,292 |
| P15 | 343,257 | 12,500 | 1,08 | 50,77 | 51,85 | 648,077 | 10614,541 | 11,12 | 0,00 | 11,12 | 139,007 | 4872,298 |
| P16 | 350,000 | 15,871 | 1,29 | 46,37 | 47,65 | 756,341 | 11370,882 | 11,00 | 0,00 | 11,00 | 174,639 | 5046,937 |
| P17 | 375,000 | 25,000 | 0,93 | 37,05 | 37,99 | 949,630 | 12320,513 | 10,73 | 0,00 | 10,73 | 268,316 | 5315,253 |
| P18 | 400,000 | 25,000 | 0,00 | 19,56 | 19,56 | 488,875 | 12809,388 | 16,72 | 0,58 | 17,29 | 432,268 | 5747,521 |
| P19 | 425,000 | 25,000 | 0,00 | 19,71 | 19,71 | 492,873 | 13302,261 | 18,32 | 0,64 | 18,96 | 474,003 | 6221,524 |
| P20 | 450,000 | 25,000 | 0,12 | 23,00 | 23,11 | 577,822 | 13880,083 | 8,29 | 0,10 | 8,39 | 209,719 | 6431,243 |
| P21 | 475,000 | 25,000 | 0,60 | 24,26 | 24,86 | 621,562 | 14501,645 | 6,40 | 0,00 | 6,40 | 160,011 | 6591,254 |
| P22 | 500,000 | 25,000 | 0,00 | 17,49 | 17,49 | 437,315 | 14938,960 | 25,20 | 1,02 | 26,22 | 655,596 | 7246,850 |
| P23 | 525,000 | 25,000 | 0,00 | 15,25 | 15,25 | 381,206 | 15320,166 | 17,15 | 0,85 | 18,00 | 450,057 | 7696,907 |
| P24 | 550,000 | 25,000 | 0,00 | 14,04 | 14,04 | 350,943 | 15671,109 | 23,35 | 1,21 | 24,56 | 613,916 | 8310,823 |
| P25 | 575,000 | 25,000 | 0,00 | 24,93 | 24,93 | 623,320 | 16294,429 | 18,47 | 0,40 | 18,86 | 471,575 | 8782,398 |
| P26 | 600,000 | 25,000 | 0,29 | 41,80 | 42,09 | 1052,188 | 17346,617 | 13,63 | 0,00 | 13,63 | 340,724 | 9123,123 |
| P27 | 625,000 | 25,000 | 0,00 | 32,90 | 32,90 | 822,514 | 18169,131 | 27,72 | 0,53 | 28,25 | 706,204 | 9829,326 |
| P28 | 650,000 | 22,725 | 0,00 | 13,03 | 13,03 | 296,115 | 18465,246 | 44,94 | 4,42 | 49,36 | 1121,782 | 10951,108 |
| P29 | 670,450 | 12,500 | 0,00 | 6,62 | 6,62 | 82,798 | 18548,044 | 52,55 | 7,59 | 60,13 | 751,637 | 11702,746 |
| P30 | 675,000 | 4,473 | 0,00 | 4,66 | 4,66 | 20,828 | 18568,872 | 57,58 | 9,87 | 67,44 | 301,653 | 12004,399 |
| P31 | 679,395 | 12,500 | 0,00 | 3,09 | 3,09 | 38,601 | 18607,474 | 61,58 | 12,39 | 73,96 | 924,551 | 12928,949 |
| P32 | 700,000 | 22,802 | 0,00 | 0,33 | 0,33 | 7,614 | 18615,088 | 68,08 | 21,13 | 89,21 | 2034,228 | 14963,178 |
| P33 | 725,000 | 25,000 | 0,00 | 0,92 | 0,92 | 22,886 | 18637,974 | 65,96 | 17,60 | 83,56 | 2089,103 | 17052,281 |
| P34 | 750,000 | 25,000 | 0,00 | 5,21 | 5,21 | 130,222 | 18768,196 | 55,52 | 9,20 | 64,72 | 1617,907 | 18670,188 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|--------|-------|-------|--------|----------|-----------|-------|------|-------|---------|-----------|
| P35 | 775,000 | 25,000 | 0,00 | 20,31 | 20,31 | 507,853 | 19276,050 | 31,71 | 1,21 | 32,92 | 823,045 | 19493,233 |
| P36 | 800,000 | 25,000 | 11,78 | 45,96 | 57,74 | 1443,620 | 20719,670 | 7,10 | 0,00 | 7,10 | 177,579 | 19670,812 |
| P37 | 825,000 | 25,000 | 51,47 | 53,20 | 104,67 | 2616,873 | 23336,543 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19670,812 |
| P38 | 850,000 | 25,000 | 46,97 | 46,81 | 93,78 | 2344,399 | 25680,942 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19670,812 |
| P39 | 875,000 | 25,000 | 41,88 | 40,45 | 82,33 | 2058,292 | 27739,234 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19670,812 |
| P40 | 900,000 | 25,000 | 35,68 | 35,25 | 70,93 | 1773,275 | 29512,509 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19670,812 |
| P41 | 925,000 | 25,000 | 29,92 | 30,83 | 60,76 | 1518,929 | 31031,438 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19670,812 |
| P42 | 950,000 | 25,000 | 26,47 | 27,32 | 53,79 | 1344,732 | 32376,170 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19670,812 |
| P43 | 975,000 | 25,000 | 23,72 | 25,47 | 49,19 | 1229,750 | 33605,920 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19670,812 |
| P44 | 1000,000 | 25,000 | 23,61 | 25,81 | 49,42 | 1235,435 | 34841,354 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19670,812 |
| P45 | 1025,000 | 25,000 | 21,88 | 23,68 | 45,56 | 1138,891 | 35980,246 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19670,812 |
| P46 | 1050,000 | 25,000 | 19,22 | 21,14 | 40,36 | 1008,917 | 36989,162 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19670,812 |
| P47 | 1075,000 | 15,879 | 17,51 | 18,57 | 36,08 | 572,841 | 37562,003 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19670,812 |
| P48 | 1081,757 | 12,500 | 17,16 | 18,22 | 35,38 | 442,264 | 38004,268 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19670,812 |
| P49 | 1100,000 | 17,587 | 15,63 | 17,60 | 33,23 | 584,477 | 38588,745 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19670,812 |
| P50 | 1116,932 | 12,500 | 11,55 | 15,54 | 27,08 | 338,558 | 38927,303 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19670,812 |
| P51 | 1125,000 | 16,534 | 10,66 | 14,46 | 25,12 | 415,295 | 39342,597 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19670,812 |
| P52 | 1150,000 | 25,000 | 7,27 | 11,41 | 18,68 | 467,086 | 39809,684 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19670,812 |
| P53 | 1175,000 | 25,000 | 6,20 | 10,43 | 16,62 | 415,523 | 40225,207 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,082 | 19670,894 |
| P54 | 1200,000 | 25,000 | 7,17 | 10,88 | 18,05 | 451,291 | 40676,498 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19670,894 |
| P55 | 1225,000 | 25,000 | 7,17 | 10,86 | 18,03 | 450,851 | 41127,348 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19670,894 |
| P56 | 1250,000 | 25,000 | 3,36 | 6,42 | 9,77 | 244,277 | 41371,626 | 0,36 | 0,33 | 0,69 | 17,307 | 19688,201 |
| P57 | 1275,000 | 25,000 | 2,15 | 6,01 | 8,15 | 203,830 | 41575,456 | 0,44 | 0,40 | 0,84 | 21,005 | 19709,206 |
| P58 | 1300,000 | 25,000 | 1,41 | 4,86 | 6,26 | 156,575 | 41732,030 | 0,58 | 0,55 | 1,13 | 28,318 | 19737,524 |
| P59 | 1325,000 | 25,000 | 3,17 | 5,00 | 8,17 | 204,247 | 41936,277 | 0,43 | 0,42 | 0,85 | 21,172 | 19758,695 |
| P60 | 1350,000 | 25,000 | 2,87 | 6,32 | 9,20 | 229,902 | 42166,180 | 0,37 | 0,33 | 0,70 | 17,581 | 19776,276 |
| P61 | 1375,000 | 25,000 | 5,61 | 6,68 | 12,29 | 307,330 | 42473,509 | 0,18 | 0,17 | 0,35 | 8,863 | 19785,139 |
| P62 | 1400,000 | 25,000 | 7,12 | 6,97 | 14,09 | 352,226 | 42825,735 | 0,17 | 0,19 | 0,36 | 9,013 | 19794,152 |
| P63 | 1425,000 | 25,000 | 5,09 | 5,49 | 10,58 | 264,391 | 43090,126 | 0,30 | 0,30 | 0,60 | 14,890 | 19809,042 |
| P64 | 1450,000 | 25,000 | 7,44 | 7,00 | 14,44 | 360,970 | 43451,096 | 0,09 | 0,10 | 0,19 | 4,765 | 19813,808 |
| P65 | 1475,000 | 25,000 | 11,35 | 9,83 | 21,17 | 529,322 | 43980,418 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P66 | 1500,000 | 25,000 | 12,77 | 12,91 | 25,68 | 641,976 | 44622,393 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P67 | 1525,000 | 25,000 | 12,82 | 13,80 | 26,62 | 665,511 | 45287,905 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P68 | 1550,000 | 25,000 | 11,63 | 11,91 | 23,55 | 588,684 | 45876,588 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P69 | 1575,000 | 25,000 | 12,32 | 12,50 | 24,81 | 620,369 | 46496,958 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P70 | 1600,000 | 25,000 | 15,87 | 15,18 | 31,05 | 776,190 | 47273,147 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P71 | 1625,000 | 25,000 | 19,85 | 20,74 | 40,59 | 1014,639 | 48287,786 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P72 | 1650,000 | 25,000 | 23,72 | 27,88 | 51,60 | 1290,112 | 49577,899 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P73 | 1675,000 | 25,000 | 24,21 | 29,49 | 53,71 | 1342,636 | 50920,535 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P74 | 1700,000 | 25,000 | 24,56 | 26,01 | 50,58 | 1264,437 | 52184,972 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P75 | 1725,000 | 25,000 | 24,90 | 26,32 | 51,22 | 1280,613 | 53465,585 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P76 | 1750,000 | 25,000 | 27,05 | 27,84 | 54,89 | 1372,288 | 54837,873 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P77 | 1775,000 | 25,000 | 25,72 | 28,44 | 54,15 | 1353,862 | 56191,735 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P78 | 1800,000 | 25,000 | 23,06 | 25,54 | 48,59 | 1214,866 | 57406,601 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P79 | 1825,000 | 25,000 | 17,28 | 20,33 | 37,61 | 940,141 | 58346,742 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P80 | 1850,000 | 25,000 | 15,12 | 17,31 | 32,43 | 810,745 | 59157,487 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P81 | 1875,000 | 25,000 | 14,25 | 15,23 | 29,47 | 736,871 | 59894,359 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P82 | 1900,000 | 25,000 | 11,66 | 13,31 | 24,97 | 624,270 | 60518,629 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P83 | 1925,000 | 25,000 | 10,16 | 12,22 | 22,38 | 559,542 | 61078,171 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P84 | 1950,000 | 25,000 | 8,34 | 10,56 | 18,90 | 472,426 | 61550,597 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P85 | 1975,000 | 25,000 | 8,17 | 11,00 | 19,17 | 479,286 | 62029,883 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P86 | 2000,000 | 25,000 | 9,19 | 14,10 | 23,30 | 582,416 | 62612,299 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|--------|-------|-------|-------|---------|-----------|------|------|-------|---------|-----------|
| P87 | 2025,000 | 25,000 | 9,19 | 14,12 | 23,30 | 582,582 | 63194,881 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P88 | 2050,000 | 25,000 | 9,40 | 13,02 | 22,42 | 560,455 | 63755,335 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P89 | 2075,000 | 25,000 | 6,44 | 11,17 | 17,61 | 440,136 | 64195,472 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19813,808 |
| P90 | 2100,000 | 25,000 | 5,92 | 10,41 | 16,33 | 408,198 | 64603,670 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,820 | 19814,628 |
| P91 | 2125,000 | 25,000 | 6,18 | 10,01 | 16,19 | 404,766 | 65008,436 | 0,02 | 0,00 | 0,02 | 0,430 | 19815,058 |
| P92 | 2150,000 | 25,000 | 5,38 | 8,82 | 14,20 | 354,917 | 65363,353 | 0,12 | 0,09 | 0,22 | 5,405 | 19820,463 |
| P93 | 2175,000 | 20,820 | 4,79 | 7,40 | 12,19 | 253,702 | 65617,056 | 0,23 | 0,21 | 0,45 | 9,301 | 19829,764 |
| P94 | 2191,640 | 12,500 | 3,81 | 6,57 | 10,38 | 129,794 | 65746,850 | 0,26 | 0,23 | 0,49 | 6,159 | 19835,923 |
| P95 | 2200,000 | 16,680 | 2,70 | 5,11 | 7,80 | 130,131 | 65876,981 | 0,42 | 0,38 | 0,80 | 13,319 | 19849,243 |
| P96 | 2225,000 | 25,000 | 2,47 | 3,96 | 6,43 | 160,757 | 66037,738 | 0,52 | 0,51 | 1,03 | 25,634 | 19874,876 |
| P97 | 2250,000 | 25,000 | 2,79 | 4,96 | 7,74 | 193,617 | 66231,355 | 0,49 | 0,47 | 0,96 | 23,957 | 19898,833 |
| P98 | 2275,000 | 25,000 | 2,52 | 5,10 | 7,62 | 190,489 | 66421,844 | 0,49 | 0,48 | 0,97 | 24,166 | 19922,999 |
| P99 | 2300,000 | 25,000 | 6,21 | 7,15 | 13,36 | 334,029 | 66755,873 | 0,19 | 0,18 | 0,37 | 9,231 | 19932,230 |
| P100 | 2325,000 | 25,000 | 9,63 | 9,16 | 18,79 | 469,741 | 67225,614 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19932,230 |
| P101 | 2350,000 | 25,000 | 11,66 | 10,29 | 21,94 | 548,528 | 67774,142 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19932,230 |
| P102 | 2375,000 | 25,000 | 14,17 | 12,52 | 26,69 | 667,191 | 68441,333 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19932,230 |
| P103 | 2400,000 | 25,000 | 13,24 | 13,35 | 26,59 | 664,789 | 69106,123 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19932,230 |
| P104 | 2425,000 | 25,000 | 11,61 | 12,57 | 24,18 | 604,481 | 69710,604 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 19932,230 |
| P105 | 2450,000 | 25,000 | 5,67 | 6,11 | 11,78 | 294,571 | 70005,175 | 0,29 | 0,29 | 0,58 | 14,527 | 19946,756 |
| P106 | 2475,000 | 25,000 | 3,32 | 3,90 | 7,22 | 180,537 | 70185,712 | 0,53 | 0,52 | 1,05 | 26,301 | 19973,058 |
| P107 | 2500,000 | 25,000 | 1,75 | 2,25 | 4,01 | 100,194 | 70285,906 | 0,70 | 0,70 | 1,39 | 34,858 | 20007,915 |
| P108 | 2525,000 | 25,000 | 0,08 | 0,75 | 0,82 | 20,607 | 70306,512 | 1,65 | 1,16 | 2,80 | 70,105 | 20078,021 |
| P109 | 2550,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,083 | 70306,595 | 3,73 | 2,79 | 6,52 | 162,976 | 20240,996 |
| P110 | 2575,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 70306,595 | 5,14 | 4,90 | 10,04 | 251,009 | 20492,005 |
| P111 | 2600,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 70306,595 | 4,33 | 3,93 | 8,25 | 206,334 | 20698,340 |
| P112 | 2625,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 70306,595 | 5,31 | 3,98 | 9,30 | 232,436 | 20930,776 |
| P113 | 2650,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 70306,595 | 5,66 | 4,03 | 9,69 | 242,319 | 21173,095 |
| P114 | 2675,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 70306,595 | 4,23 | 3,31 | 7,54 | 188,505 | 21361,600 |
| P115 | 2700,000 | 25,000 | 0,00 | 0,03 | 0,03 | 0,677 | 70307,272 | 4,35 | 2,86 | 7,21 | 180,137 | 21541,738 |
| P116 | 2725,000 | 25,000 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,418 | 70307,690 | 3,03 | 2,65 | 5,68 | 141,997 | 21683,734 |
| P117 | 2750,000 | 25,000 | 0,00 | 0,21 | 0,21 | 5,333 | 70313,023 | 3,12 | 1,84 | 4,97 | 124,158 | 21807,893 |
| P118 | 2775,000 | 25,000 | 0,02 | 0,75 | 0,77 | 19,180 | 70332,203 | 1,41 | 1,02 | 2,44 | 60,934 | 21868,827 |
| P119 | 2800,000 | 25,000 | 0,95 | 2,00 | 2,95 | 73,791 | 70405,994 | 0,71 | 0,70 | 1,42 | 35,409 | 21904,236 |
| P120 | 2825,000 | 25,000 | 3,33 | 5,70 | 9,03 | 225,760 | 70631,755 | 0,38 | 0,36 | 0,75 | 18,648 | 21922,884 |
| P121 | 2850,000 | 25,000 | 7,94 | 9,58 | 17,52 | 437,889 | 71069,644 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 21922,884 |
| P122 | 2875,000 | 25,000 | 8,65 | 9,93 | 18,58 | 464,421 | 71534,065 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 21922,884 |
| P123 | 2900,000 | 25,000 | 9,98 | 11,17 | 21,14 | 528,540 | 72062,605 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 21922,884 |
| P124 | 2925,000 | 23,799 | 10,68 | 11,03 | 21,72 | 516,879 | 72579,484 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 21922,884 |
| P125 | 2947,598 | 11,299 | 8,04 | 8,52 | 16,55 | 187,039 | 72766,523 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,014 | 21922,898 |

- **Volume de déblai total : 72766,523 m³.**
- **Volume de remblai total : 21922,898 m³.**
- **Excès de déblai : 50843.625 m³.**

II-2-2-Etude de la variante 2 :

II-2-2-1- les coordonnées des sommets :

Tableau II.13 : les coordonnées des sommets de l'axe de "variante 2"

| | X | Y |
|-----------|-----------|------------|
| A | 286871,68 | 4025071,24 |
| S1 | 286015,56 | 4025478,02 |
| S2 | 286517,10 | 4026206,78 |
| B | 287699,80 | 4026619,67 |

II-2-2-2 Calcul de gisements et des angles au centre :

Tableau II.14 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante 02".

| Points | Dx | dy | Gisement | Distance | Bitam |
|-------------|---------|--------|----------|-----------|---------|
| A-S1 | -856,12 | 406,78 | 328,2387 | 947,8457 | / |
| S1S2 | 501,54 | 728,76 | 38,3732 | 884,6658 | 89,8655 |
| S2-B | 1182,70 | 412,89 | 78,6174 | 1252,7001 | 40,2442 |

II-2-2-3- Environnement de la route :

A)- Dénivelée moyenne cumulée « H/L » :

Tableau II.15 : dénivelé de profil 'variante 02'

| Profil n° | Abscisse | Longueur d'application | Point d'axe | | | DH |
|------------|----------|------------------------|-------------|-------------|--------|--------|
| | | | X | Y | Z | |
| P1 | 0,000 | 12,500 | 286871,676 | 4025071,241 | 62,758 | 0,000 |
| P2 | 25,000 | 25,000 | 286849,095 | 4025081,970 | 61,900 | -0,858 |
| P3 | 50,000 | 25,000 | 286826,515 | 4025092,699 | 61,129 | -0,771 |
| P4 | 75,000 | 25,000 | 286803,934 | 4025103,429 | 61,319 | 0,190 |
| P5 | 100,000 | 25,000 | 286781,353 | 4025114,158 | 62,697 | 1,378 |
| P6 | 125,000 | 25,000 | 286758,773 | 4025124,887 | 65,273 | 2,575 |
| P7 | 150,000 | 25,000 | 286736,192 | 4025135,616 | 69,063 | 3,790 |
| P8 | 175,000 | 25,000 | 286713,612 | 4025146,345 | 73,594 | 4,531 |
| P9 | 200,000 | 25,000 | 286691,031 | 4025157,075 | 77,450 | 3,856 |
| P10 | 225,000 | 25,000 | 286668,450 | 4025167,804 | 78,382 | 0,933 |
| P11 | 250,000 | 25,000 | 286645,870 | 4025178,533 | 76,550 | -1,833 |
| P12 | 275,000 | 25,000 | 286623,289 | 4025189,262 | 74,239 | -2,310 |
| P13 | 300,000 | 25,000 | 286600,709 | 4025199,992 | 71,929 | -2,310 |
| P14 | 325,000 | 25,000 | 286578,128 | 4025210,721 | 69,619 | -2,310 |

| | | | | | | |
|------------|----------|--------|------------|-------------|--------|--------|
| P15 | 350,000 | 25,000 | 286555,547 | 4025221,450 | 67,308 | -2,310 |
| P16 | 375,000 | 25,000 | 286532,967 | 4025232,179 | 64,998 | -2,310 |
| P17 | 400,000 | 25,000 | 286510,386 | 4025242,908 | 62,775 | -2,223 |
| P18 | 425,000 | 25,000 | 286487,805 | 4025253,638 | 61,621 | -1,154 |
| P19 | 450,000 | 25,000 | 286465,225 | 4025264,367 | 61,588 | -0,032 |
| P20 | 475,000 | 25,000 | 286442,644 | 4025275,096 | 61,988 | 0,400 |
| P21 | 500,000 | 25,000 | 286420,064 | 4025285,825 | 63,269 | 1,281 |
| P22 | 525,000 | 25,000 | 286397,483 | 4025296,555 | 65,448 | 2,179 |
| P23 | 550,000 | 25,000 | 286374,902 | 4025307,284 | 68,325 | 2,878 |
| P24 | 575,000 | 25,000 | 286352,322 | 4025318,013 | 71,251 | 2,926 |
| P25 | 600,000 | 25,000 | 286329,741 | 4025328,742 | 74,177 | 2,926 |
| P26 | 625,000 | 25,000 | 286307,161 | 4025339,471 | 77,102 | 2,926 |
| P27 | 650,000 | 25,000 | 286284,580 | 4025350,201 | 80,018 | 2,915 |
| P28 | 675,000 | 25,000 | 286261,999 | 4025360,930 | 82,545 | 2,528 |
| P29 | 700,000 | 21,141 | 286239,419 | 4025371,659 | 84,497 | 1,952 |
| P30 | 717,282 | 12,500 | 286223,809 | 4025379,076 | 85,511 | 1,014 |
| P31 | 725,000 | 16,359 | 286216,905 | 4025382,524 | 85,875 | 0,365 |
| P32 | 750,000 | 25,000 | 286195,560 | 4025395,507 | 86,683 | 0,808 |
| P33 | 775,000 | 25,000 | 286176,035 | 4025411,094 | 86,921 | 0,238 |
| P34 | 800,000 | 25,000 | 286158,646 | 4025429,032 | 86,642 | -0,280 |
| P35 | 825,000 | 25,000 | 286143,673 | 4025449,031 | 86,268 | -0,374 |
| P36 | 850,000 | 25,000 | 286131,359 | 4025470,769 | 85,895 | -0,373 |
| P37 | 875,000 | 25,000 | 286121,903 | 4025493,893 | 85,522 | -0,373 |
| P38 | 900,000 | 25,000 | 286115,457 | 4025518,030 | 85,150 | -0,372 |
| P39 | 925,000 | 25,000 | 286112,127 | 4025542,790 | 84,778 | -0,372 |
| P40 | 950,000 | 25,000 | 286111,964 | 4025567,773 | 84,406 | -0,372 |
| P41 | 975,000 | 25,000 | 286114,973 | 4025592,574 | 84,035 | -0,371 |
| P42 | 1000,000 | 25,000 | 286121,105 | 4025616,793 | 83,664 | -0,371 |
| P43 | 1025,000 | 25,000 | 286130,260 | 4025640,038 | 83,294 | -0,370 |
| P44 | 1050,000 | 16,108 | 286142,291 | 4025661,934 | 82,924 | -0,370 |
| P45 | 1057,215 | 12,500 | 286146,272 | 4025667,952 | 82,817 | -0,107 |
| P46 | 1075,000 | 21,392 | 286156,354 | 4025682,602 | 82,554 | -0,263 |
| P47 | 1100,000 | 25,000 | 286170,527 | 4025703,196 | 82,185 | -0,369 |
| P48 | 1125,000 | 25,000 | 286184,700 | 4025723,791 | 81,816 | -0,369 |
| P49 | 1150,000 | 25,000 | 286198,873 | 4025744,385 | 81,447 | -0,368 |
| P50 | 1175,000 | 25,000 | 286213,047 | 4025764,979 | 81,079 | -0,368 |
| P51 | 1200,000 | 25,000 | 286227,220 | 4025785,573 | 80,712 | -0,368 |
| P52 | 1225,000 | 25,000 | 286241,393 | 4025806,168 | 80,344 | -0,367 |
| P53 | 1250,000 | 25,000 | 286255,566 | 4025826,762 | 79,977 | -0,367 |
| P54 | 1275,000 | 25,000 | 286269,739 | 4025847,356 | 79,611 | -0,367 |

| | | | | | | |
|------------|----------|--------|------------|-------------|--------|--------|
| P55 | 1300,000 | 25,000 | 286283,912 | 4025867,951 | 79,245 | -0,366 |
| P56 | 1325,000 | 25,000 | 286298,085 | 4025888,545 | 78,879 | -0,366 |
| P57 | 1350,000 | 25,000 | 286312,258 | 4025909,139 | 78,514 | -0,365 |
| P58 | 1375,000 | 17,138 | 286326,431 | 4025929,733 | 78,149 | -0,365 |
| P59 | 1384,276 | 12,500 | 286331,690 | 4025937,375 | 78,013 | -0,135 |
| P60 | 1400,000 | 20,362 | 286340,706 | 4025950,257 | 77,784 | -0,229 |
| P61 | 1425,000 | 25,000 | 286355,454 | 4025970,443 | 77,420 | -0,364 |
| P62 | 1450,000 | 25,000 | 286370,702 | 4025990,253 | 77,056 | -0,364 |
| P63 | 1475,000 | 25,000 | 286386,441 | 4026009,676 | 76,693 | -0,363 |
| P64 | 1500,000 | 25,000 | 286402,660 | 4026028,700 | 76,330 | -0,363 |
| P65 | 1525,000 | 25,000 | 286419,350 | 4026047,313 | 75,967 | -0,363 |
| P66 | 1550,000 | 25,000 | 286436,499 | 4026065,502 | 75,605 | -0,362 |
| P67 | 1575,000 | 25,000 | 286454,099 | 4026083,257 | 75,243 | -0,362 |
| P68 | 1600,000 | 25,000 | 286472,136 | 4026100,566 | 74,882 | -0,361 |
| P69 | 1625,000 | 25,000 | 286490,600 | 4026117,420 | 74,521 | -0,361 |
| P70 | 1650,000 | 25,000 | 286509,480 | 4026133,806 | 74,160 | -0,361 |
| P71 | 1675,000 | 25,000 | 286528,764 | 4026149,715 | 73,800 | -0,360 |
| P72 | 1700,000 | 25,000 | 286548,440 | 4026165,138 | 73,440 | -0,360 |
| P73 | 1725,000 | 25,000 | 286568,494 | 4026180,063 | 73,081 | -0,359 |
| P74 | 1750,000 | 25,000 | 286588,916 | 4026194,483 | 72,722 | -0,359 |
| P75 | 1775,000 | 25,000 | 286609,692 | 4026208,387 | 72,363 | -0,359 |
| P76 | 1800,000 | 25,000 | 286630,808 | 4026221,768 | 72,005 | -0,358 |
| P77 | 1825,000 | 25,000 | 286652,253 | 4026234,617 | 71,647 | -0,358 |
| P78 | 1850,000 | 25,000 | 286674,012 | 4026246,926 | 71,290 | -0,357 |
| P79 | 1875,000 | 25,000 | 286696,072 | 4026258,687 | 70,933 | -0,357 |
| P80 | 1900,000 | 25,000 | 286718,419 | 4026269,893 | 70,576 | -0,357 |
| P81 | 1925,000 | 25,000 | 286741,039 | 4026280,537 | 70,220 | -0,356 |
| P82 | 1950,000 | 25,000 | 286763,919 | 4026290,612 | 69,864 | -0,356 |
| P83 | 1975,000 | 25,000 | 286787,043 | 4026300,112 | 69,508 | -0,356 |
| P84 | 2000,000 | 20,715 | 286810,397 | 4026309,031 | 69,153 | -0,355 |
| P85 | 2016,430 | 12,500 | 286825,863 | 4026314,573 | 68,920 | -0,233 |
| P86 | 2025,000 | 16,785 | 286833,955 | 4026317,398 | 68,798 | -0,122 |
| P87 | 2050,000 | 25,000 | 286857,558 | 4026325,638 | 68,444 | -0,354 |
| P88 | 2075,000 | 25,000 | 286881,161 | 4026333,878 | 68,090 | -0,354 |
| P89 | 2100,000 | 25,000 | 286904,764 | 4026342,118 | 67,737 | -0,354 |
| P90 | 2125,000 | 25,000 | 286928,367 | 4026350,358 | 67,384 | -0,353 |
| P91 | 2150,000 | 25,000 | 286951,970 | 4026358,598 | 67,031 | -0,353 |
| P92 | 2175,000 | 25,000 | 286975,573 | 4026366,838 | 66,678 | -0,352 |
| P93 | 2200,000 | 25,000 | 286999,176 | 4026375,078 | 66,326 | -0,352 |
| P94 | 2225,000 | 25,000 | 287022,779 | 4026383,318 | 65,975 | -0,352 |

| | | | | | | |
|-------------|----------|--------|------------|-------------|--------|--------|
| P95 | 2250,000 | 25,000 | 287046,382 | 4026391,558 | 65,624 | -0,351 |
| P96 | 2275,000 | 25,000 | 287069,985 | 4026399,798 | 65,273 | -0,351 |
| P97 | 2300,000 | 25,000 | 287093,588 | 4026408,038 | 64,923 | -0,350 |
| P98 | 2325,000 | 25,000 | 287117,191 | 4026416,278 | 64,573 | -0,350 |
| P99 | 2350,000 | 25,000 | 287140,794 | 4026424,518 | 64,223 | -0,350 |
| P100 | 2375,000 | 25,000 | 287164,397 | 4026432,758 | 63,874 | -0,349 |
| P101 | 2400,000 | 25,000 | 287188,000 | 4026440,997 | 63,525 | -0,349 |
| P102 | 2425,000 | 25,000 | 287211,603 | 4026449,237 | 63,176 | -0,349 |
| P103 | 2450,000 | 25,000 | 287235,206 | 4026457,477 | 62,828 | -0,349 |
| P104 | 2475,000 | 25,000 | 287258,809 | 4026465,717 | 62,479 | -0,349 |
| P105 | 2500,000 | 25,000 | 287282,412 | 4026473,957 | 62,131 | -0,349 |
| P106 | 2525,000 | 25,000 | 287306,015 | 4026482,197 | 61,782 | -0,349 |
| P107 | 2550,000 | 25,000 | 287329,619 | 4026490,437 | 61,433 | -0,349 |
| P108 | 2575,000 | 25,000 | 287353,222 | 4026498,677 | 61,085 | -0,349 |
| P109 | 2600,000 | 25,000 | 287376,825 | 4026506,917 | 60,736 | -0,349 |
| P110 | 2625,000 | 25,000 | 287400,428 | 4026515,157 | 60,388 | -0,349 |
| P111 | 2650,000 | 25,000 | 287424,031 | 4026523,397 | 60,039 | -0,349 |
| P112 | 2675,000 | 25,000 | 287447,634 | 4026531,637 | 59,691 | -0,349 |
| P113 | 2700,000 | 25,000 | 287471,237 | 4026539,877 | 59,342 | -0,349 |
| P114 | 2725,000 | 25,000 | 287494,840 | 4026548,117 | 58,993 | -0,349 |
| P115 | 2750,000 | 25,000 | 287518,443 | 4026556,357 | 58,645 | -0,349 |
| P116 | 2775,000 | 25,000 | 287542,046 | 4026564,597 | 58,296 | -0,349 |
| P117 | 2800,000 | 25,000 | 287565,649 | 4026572,837 | 57,948 | -0,349 |
| P118 | 2825,000 | 25,000 | 287589,252 | 4026581,077 | 57,599 | -0,349 |
| P119 | 2850,000 | 25,000 | 287612,855 | 4026589,316 | 57,251 | -0,349 |
| P120 | 2875,000 | 25,000 | 287636,458 | 4026597,556 | 56,902 | -0,349 |
| P121 | 2900,000 | 25,000 | 287660,061 | 4026605,796 | 56,553 | -0,349 |
| P122 | 2925,000 | 21,048 | 287683,664 | 4026614,036 | 56,205 | -0,349 |
| P123 | 2942,095 | 8,548 | 287699,804 | 4026619,671 | 55,966 | -0,238 |

- $\Sigma \Delta H = 91,965 \text{ m}$
- $\Sigma \text{ Distance} = 2942,095 \text{ m}$

$$D_c = \frac{\Sigma \Delta H}{\Sigma \text{ Distance}} = \frac{91,965}{2942,095} = 0,0313 \quad \Rightarrow \quad D_c = 3,13\%$$

Le tableau suivant représente la nature du terrain en fonction de la dénivelée cumulée :

Tableau II.16: Classification de terrain et Dénivelée cumulée 'variante 02'.

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

On peut conclure toute en se référant au tableau ci-dessus que le relief : **Terrain vallonné.**

B)-Sinuosité :

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

Avec :

$Ls = 0$ si aucun rayon n'est inférieur à 200

Donc $\sigma = 0$;

Les valeurs seuils, déterminées par l'analyse de nombreux itinéraires en Algérie permettent de caractériser trois domaines de sinuosité (Voir le tableau suivant) :

Tableau II.17 : Sinuosité 'variante 02'.

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

A partir du tableau ci-dessus, nous pouvons conclure que notre variante est de **sinuosité faible.**

▪ Environnement de la route :

Trois types d'environnement sont caractérisés par le croisement des 2 paramètres précédents à partir du tableau suivant :

Tableau II.18 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité ‘variante 02’

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

▪ **Dans notre cas, nous avons :**

Terrain Vallonné
Sinuosité faible  Environnement E2

II-2-2-4- La vitesse de référence :

La vitesse est donc fonction de :

- La catégorie
- L’environnement

La catégorie de notre tronçon est **CAT1** et environnement **E2**

Tableau II.19 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40’ variante 02’.

| Environnement Catégorie | E1 | E2 | 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 |

À partir du **tableau II.19**, La vitesse à considérer selon les normes est : **Vr = 80 km/h**

II-2-2-5- Stabilité en courbe :

✓ **Tableau récapitulatif :**

| Vitesse réf | Dmax | dmin | d=dmax-2% | Ft | f'' |
|-------------|------|------|-----------|------|------|
| 80 km/h | 7% | 2.5% | 5% | 0.13 | 0.06 |

▪ **Détermination des rayons en plan :**

❖ **Le rayon horizontal minimal absolu (RHm) :**

$$RHm = \frac{80^2}{127 (0,13 + 0,07)} \longrightarrow \boxed{RHm = 252 \text{ m}}$$

❖ **Le rayon minimal normal (RHN) :**

$$RHN = \frac{(80+20)^2}{127 (0,11 + 0,05)} \longrightarrow \boxed{RHN = 492 \text{ m}}$$

❖ **Le rayon au devers minimal RHd :**

$$RHd = \frac{80^2}{127 * 2 * 0,025} \longrightarrow \boxed{RHd = 1008 \text{ m}}$$

❖ **Le rayon non déversé RHnd :**

$$RHnd = \frac{80^2}{127 (0,06 - 0,025)} \longrightarrow \boxed{RHnd = 1440 \text{ m}}$$

1) Paramètres fondamentaux :

D’après le règlement des normes d’aménagements routiers B40, pour un environnement E2 et une catégorie C1 et une vitesse de base VB = 80 km/h on définit les paramètres dans le tableau suivants :

| Paramètres | Symboles | Valeurs calculées | Valeurs selon B-40 |
|----------------------------------|---------------|-------------------|--------------------|
| Rayon horizontal minimal (m) | RHm (7 %) | 252 | 250 |
| Rayon horizontal normal (m) | RHN (5 %) | 492 | 450 |
| Rayon horizontal déversé (m) | RHd (2.5 %) | 1008 | 1000 |
| Rayon horizontal non déversé (m) | RHnd (-2.5 %) | 1440 | 1400 |

2) Choix des rayons:

Pour une route de catégorie donnée, il n’y a aucun rayon inférieur au rayon minimum absolu RHm. On utilisera, autant que possible des valeurs de rayons supérieures ou égales au rayon minimum normal RHN.

A partir du tracé de la variante 1, nous avons pu choisir deux rayons tels que :

| Rayons Choisis(m) | |
|-------------------|------|
| R1 | 200 |
| R2 | 1000 |

II-2-2-6- Détermination des éléments des raccords circulaires :

Tableau II.20 : Eléments des raccords circulaires "variante 2".

| Virage | Tangente (m) | Bissectrice (m) | Flèche (m) | Développée (m) |
|--------|--------------|-----------------|------------|----------------|
| 1 | 170,4511 | 62,7805 | 47,7817 | 282,3208 |
| 2 | 327,0414 | 52,1198 | 49,5379 | 632,1544 |

• **Longueur totale des alignements droits : Lad**

$Lad = AT1 + T'1T2 + T2B$

$Lad = 777,3946 + 387,1733 + 925,6587 \longrightarrow Lad = 2090,2266 \text{ m}$

• **Longueur totale des arcs de cercles : Lc**

$Lc = D1 + D2$

$Lc = 282,3208 + 632,1544 \longrightarrow Lc = 914,4752 \text{ m}$

• **Longueur totale du tronçon : LT**

$LT = Lad + Lc$

$LT = 2090,2266 \text{ m} + 914,4752 \longrightarrow LT = 3004,7018 \text{ m}$

- **Pourcentage Alignement droit :** % alig_Droit = 70 %
- **Pourcentage Courbe :** % courbe = 30 %

II-2-2-7- Cubatures :

Tableau II.21 : Cubatures

| Profil n° | Abscisse | Longueur d'application | Déblais | | | | | Remblais | | | | |
|-----------|----------|------------------------|--------------|--------------|----------------|-------------|-----------------|--------------|--------------|----------------|-------------|-----------------|
| | | | Surf. G (m²) | Surf. D (m²) | Surf. Tot (m²) | Volume (m³) | Cumul Vol. (m³) | Surf. G (m²) | Surf. D (m²) | Surf. Tot (m²) | Volume (m³) | Cumul Vol. (m³) |
| P1 | 0,000 | 12,500 | 0,02 | 38,39 | 38,41 | 480,150 | 480,150 | 18,52 | 0,00 | 18,52 | 231,560 | 231,560 |
| P2 | 25,000 | 25,000 | 0,43 | 36,49 | 36,92 | 923,032 | 1403,182 | 13,48 | 0,00 | 13,48 | 336,957 | 568,516 |
| P3 | 50,000 | 25,000 | 0,00 | 40,00 | 40,00 | 1000,047 | 2403,229 | 11,96 | 0,00 | 11,96 | 299,015 | 867,531 |
| P4 | 75,000 | 25,000 | 0,71 | 32,12 | 32,84 | 820,957 | 3224,186 | 6,49 | 0,00 | 6,49 | 162,341 | 1029,872 |
| P5 | 100,000 | 25,000 | 0,00 | 17,92 | 17,92 | 448,105 | 3672,291 | 13,69 | 0,78 | 14,47 | 361,742 | 1391,614 |
| P6 | 125,000 | 25,000 | 0,00 | 16,14 | 16,14 | 403,563 | 4075,853 | 15,01 | 0,49 | 15,50 | 387,597 | 1779,211 |
| P7 | 150,000 | 25,000 | 0,54 | 44,57 | 45,10 | 1127,609 | 5203,463 | 17,70 | 0,00 | 17,70 | 442,416 | 2221,627 |
| P8 | 175,000 | 25,000 | 0,78 | 44,92 | 45,70 | 1142,573 | 6346,036 | 16,39 | 0,00 | 16,39 | 409,700 | 2631,327 |
| P9 | 200,000 | 25,000 | 0,38 | 27,66 | 28,04 | 701,074 | 7047,110 | 24,96 | 0,00 | 24,96 | 624,072 | 3255,399 |
| P10 | 225,000 | 25,000 | 0,00 | 31,62 | 31,62 | 790,497 | 7837,607 | 33,59 | 0,02 | 33,60 | 840,061 | 4095,459 |
| P11 | 250,000 | 25,000 | 0,02 | 31,74 | 31,76 | 794,099 | 8631,706 | 18,35 | 0,02 | 18,37 | 459,337 | 4554,797 |
| P12 | 275,000 | 25,000 | 0,00 | 27,98 | 27,98 | 699,586 | 9331,292 | 18,51 | 0,20 | 18,71 | 467,731 | 5022,528 |
| P13 | 300,000 | 25,000 | 0,02 | 27,82 | 27,84 | 696,047 | 10027,339 | 16,57 | 0,05 | 16,63 | 415,626 | 5438,154 |
| P14 | 325,000 | 25,000 | 0,09 | 30,22 | 30,31 | 757,787 | 10785,126 | 11,80 | 0,00 | 11,80 | 295,007 | 5733,161 |
| P15 | 350,000 | 25,000 | 4,13 | 32,19 | 36,32 | 908,033 | 11693,159 | 0,77 | 0,00 | 0,77 | 19,260 | 5752,422 |
| P16 | 375,000 | 25,000 | 6,96 | 32,62 | 39,58 | 989,614 | 12682,773 | 4,50 | 0,00 | 4,50 | 112,442 | 5864,863 |
| P17 | 400,000 | 25,000 | 0,03 | 27,72 | 27,76 | 693,956 | 13376,730 | 14,24 | 0,02 | 14,26 | 356,456 | 6221,319 |
| P18 | 425,000 | 25,000 | 4,03 | 27,26 | 31,29 | 782,273 | 14159,002 | 1,44 | 0,00 | 1,44 | 35,958 | 6257,277 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|--------|-------|-------|-------|----------|-----------|-------|------|-------|---------|-----------|
| P19 | 450,000 | 25,000 | 0,25 | 17,35 | 17,60 | 440,061 | 14599,063 | 2,59 | 0,10 | 2,69 | 67,217 | 6324,495 |
| P20 | 475,000 | 25,000 | 0,39 | 24,16 | 24,56 | 613,926 | 15212,990 | 5,84 | 0,00 | 5,84 | 146,068 | 6470,563 |
| P21 | 500,000 | 25,000 | 0,75 | 26,39 | 27,15 | 678,635 | 15891,625 | 11,12 | 0,00 | 11,12 | 278,088 | 6748,650 |
| P22 | 525,000 | 25,000 | 3,36 | 31,17 | 34,53 | 863,206 | 16754,830 | 3,39 | 0,00 | 3,39 | 84,662 | 6833,313 |
| P23 | 550,000 | 25,000 | 0,92 | 30,72 | 31,63 | 790,752 | 17545,582 | 7,97 | 0,00 | 7,97 | 199,319 | 7032,632 |
| P24 | 575,000 | 25,000 | 4,05 | 42,31 | 46,36 | 1159,019 | 18704,602 | 4,16 | 0,00 | 4,16 | 104,123 | 7136,755 |
| P25 | 600,000 | 25,000 | 8,90 | 62,97 | 71,87 | 1796,627 | 20501,229 | 4,97 | 0,00 | 4,97 | 124,374 | 7261,129 |
| P26 | 625,000 | 25,000 | 5,24 | 55,54 | 60,78 | 1519,469 | 22020,698 | 9,09 | 0,00 | 9,09 | 227,302 | 7488,431 |
| P27 | 650,000 | 25,000 | 1,72 | 42,23 | 43,96 | 1098,892 | 23119,589 | 12,39 | 0,00 | 12,39 | 309,859 | 7798,290 |
| P28 | 675,000 | 25,000 | 0,01 | 28,71 | 28,72 | 718,088 | 23837,677 | 18,89 | 0,04 | 18,92 | 473,066 | 8271,356 |
| P29 | 700,000 | 21,141 | 0,00 | 23,66 | 23,66 | 500,284 | 24337,962 | 23,43 | 0,53 | 23,96 | 506,596 | 8777,952 |
| P30 | 717,282 | 12,500 | 0,05 | 27,20 | 27,25 | 340,585 | 24678,547 | 17,16 | 0,01 | 17,17 | 214,664 | 8992,616 |
| P31 | 725,000 | 16,359 | 0,43 | 27,41 | 27,84 | 455,368 | 25133,915 | 13,72 | 0,00 | 13,72 | 224,432 | 9217,047 |
| P32 | 750,000 | 25,000 | 7,38 | 25,01 | 32,39 | 809,726 | 25943,641 | 3,97 | 0,00 | 3,97 | 99,308 | 9316,355 |
| P33 | 775,000 | 25,000 | 18,23 | 25,85 | 44,08 | 1101,912 | 27045,553 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P34 | 800,000 | 25,000 | 26,38 | 25,96 | 52,34 | 1308,544 | 28354,097 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P35 | 825,000 | 25,000 | 28,15 | 26,75 | 54,89 | 1372,278 | 29726,375 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P36 | 850,000 | 25,000 | 29,16 | 27,68 | 56,84 | 1420,938 | 31147,313 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P37 | 875,000 | 25,000 | 29,70 | 28,37 | 58,07 | 1451,766 | 32599,079 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P38 | 900,000 | 25,000 | 29,56 | 28,73 | 58,29 | 1457,208 | 34056,287 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P39 | 925,000 | 25,000 | 28,39 | 29,02 | 57,41 | 1435,349 | 35491,636 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P40 | 950,000 | 25,000 | 27,25 | 29,43 | 56,67 | 1416,874 | 36908,510 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P41 | 975,000 | 25,000 | 26,65 | 29,61 | 56,26 | 1406,473 | 38314,983 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P42 | 1000,000 | 25,000 | 22,05 | 24,87 | 46,91 | 1172,843 | 39487,826 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P43 | 1025,000 | 25,000 | 19,52 | 20,80 | 40,32 | 1008,046 | 40495,872 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P44 | 1050,000 | 16,108 | 16,38 | 17,27 | 33,65 | 542,005 | 41037,877 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P45 | 1057,215 | 12,500 | 15,97 | 16,05 | 32,02 | 400,249 | 41438,126 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P46 | 1075,000 | 21,392 | 12,52 | 16,57 | 29,09 | 622,342 | 42060,468 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P47 | 1100,000 | 25,000 | 9,03 | 11,68 | 20,72 | 517,908 | 42578,376 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P48 | 1125,000 | 25,000 | 4,84 | 10,06 | 14,89 | 372,328 | 42950,704 | 0,08 | 0,02 | 0,10 | 2,404 | 9318,758 |
| P49 | 1150,000 | 25,000 | 4,52 | 8,41 | 12,92 | 323,029 | 43273,733 | 0,19 | 0,16 | 0,34 | 8,573 | 9327,331 |
| P50 | 1175,000 | 25,000 | 3,98 | 7,58 | 11,56 | 289,062 | 43562,795 | 0,26 | 0,22 | 0,48 | 11,966 | 9339,297 |
| P51 | 1200,000 | 25,000 | 2,45 | 4,19 | 6,65 | 166,161 | 43728,956 | 0,50 | 0,48 | 0,98 | 24,589 | 9363,886 |
| P52 | 1225,000 | 25,000 | 0,00 | 0,95 | 0,95 | 23,707 | 43752,663 | 3,82 | 1,32 | 5,14 | 128,533 | 9492,419 |
| P53 | 1250,000 | 25,000 | 0,00 | 0,42 | 0,42 | 10,429 | 43763,092 | 5,65 | 2,19 | 7,84 | 195,971 | 9688,391 |
| P54 | 1275,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43763,092 | 7,12 | 5,65 | 12,76 | 319,116 | 10007,506 |
| P55 | 1300,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43763,092 | 6,13 | 4,06 | 10,20 | 254,921 | 10262,428 |
| P56 | 1325,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43763,092 | 9,19 | 6,30 | 15,49 | 387,141 | 10649,568 |
| P57 | 1350,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43763,092 | 5,18 | 4,74 | 9,93 | 248,157 | 10897,725 |
| P58 | 1375,000 | 17,138 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43763,092 | 2,83 | 4,59 | 7,42 | 127,179 | 11024,904 |
| P59 | 1384,276 | 12,500 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43763,092 | 4,22 | 6,32 | 10,53 | 131,678 | 11156,582 |
| P60 | 1400,000 | 20,362 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43763,092 | 5,87 | 6,30 | 12,17 | 247,838 | 11404,420 |
| P61 | 1425,000 | 25,000 | 1,11 | 0,00 | 1,11 | 27,635 | 43790,727 | 1,08 | 2,52 | 3,60 | 89,980 | 11494,400 |
| P62 | 1450,000 | 25,000 | 0,04 | 0,37 | 0,41 | 10,229 | 43800,956 | 1,07 | 1,17 | 2,24 | 56,017 | 11550,417 |
| P63 | 1475,000 | 25,000 | 0,00 | 0,32 | 0,32 | 8,109 | 43809,065 | 4,79 | 1,98 | 6,76 | 169,074 | 11719,491 |
| P64 | 1500,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43809,065 | 3,87 | 2,01 | 5,88 | 147,068 | 11866,559 |
| P65 | 1525,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43809,065 | 4,41 | 3,58 | 7,99 | 199,836 | 12066,395 |
| P66 | 1550,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43809,065 | 3,43 | 3,27 | 6,70 | 167,505 | 12233,899 |
| P67 | 1575,000 | 25,000 | 0,16 | 0,46 | 0,62 | 15,525 | 43824,590 | 0,93 | 0,97 | 1,90 | 47,415 | 12281,314 |
| P68 | 1600,000 | 25,000 | 1,82 | 2,18 | 4,00 | 100,029 | 43924,620 | 0,63 | 0,63 | 1,26 | 31,521 | 12312,835 |
| P69 | 1625,000 | 25,000 | 4,59 | 5,43 | 10,02 | 250,592 | 44175,212 | 0,23 | 0,21 | 0,44 | 11,047 | 12323,882 |
| P70 | 1650,000 | 25,000 | 0,33 | 2,84 | 3,17 | 79,234 | 44254,446 | 0,66 | 0,63 | 1,30 | 32,437 | 12356,319 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|--------|------|------|-------|---------|-----------|-------|-------|-------|----------|-----------|
| P71 | 1675,000 | 25,000 | 1,62 | 2,68 | 4,30 | 107,426 | 44361,872 | 0,61 | 0,60 | 1,20 | 30,066 | 12386,385 |
| P72 | 1700,000 | 25,000 | 0,38 | 2,60 | 2,98 | 74,434 | 44436,305 | 0,69 | 0,66 | 1,35 | 33,758 | 12420,142 |
| P73 | 1725,000 | 25,000 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,402 | 44436,707 | 4,46 | 2,65 | 7,11 | 177,805 | 12597,947 |
| P74 | 1750,000 | 25,000 | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 3,460 | 44440,167 | 3,03 | 1,47 | 4,50 | 112,506 | 12710,454 |
| P75 | 1775,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 7,68 | 4,61 | 12,29 | 307,258 | 13017,712 |
| P76 | 1800,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 11,29 | 8,85 | 20,14 | 503,464 | 13521,175 |
| P77 | 1825,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 14,49 | 10,47 | 24,96 | 623,958 | 14145,133 |
| P78 | 1850,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 16,07 | 11,20 | 27,27 | 681,858 | 14826,991 |
| P79 | 1875,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 16,07 | 14,00 | 30,07 | 751,871 | 15578,862 |
| P80 | 1900,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 18,49 | 17,91 | 36,40 | 910,075 | 16488,938 |
| P81 | 1925,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 19,82 | 19,95 | 39,78 | 994,416 | 17483,354 |
| P82 | 1950,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 20,24 | 20,70 | 40,94 | 1023,553 | 18506,907 |
| P83 | 1975,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 21,49 | 21,90 | 43,39 | 1084,714 | 19591,621 |
| P84 | 2000,000 | 20,715 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 22,79 | 22,52 | 45,30 | 938,432 | 20530,053 |
| P85 | 2016,430 | 12,500 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 23,22 | 21,60 | 44,82 | 560,243 | 21090,296 |
| P86 | 2025,000 | 16,785 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 24,42 | 22,25 | 46,67 | 783,307 | 21873,603 |
| P87 | 2050,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 29,77 | 27,03 | 56,80 | 1420,124 | 23293,727 |
| P88 | 2075,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 30,31 | 27,86 | 58,17 | 1454,307 | 24748,034 |
| P89 | 2100,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 30,43 | 27,74 | 58,17 | 1454,332 | 26202,366 |
| P90 | 2125,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 30,02 | 26,97 | 56,99 | 1424,741 | 27627,107 |
| P91 | 2150,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 29,12 | 26,38 | 55,50 | 1387,433 | 29014,540 |
| P92 | 2175,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 28,83 | 25,91 | 54,73 | 1368,352 | 30382,892 |
| P93 | 2200,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 28,85 | 27,28 | 56,13 | 1403,324 | 31786,216 |
| P94 | 2225,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 26,90 | 25,48 | 52,38 | 1309,435 | 33095,651 |
| P95 | 2250,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 26,48 | 24,60 | 51,09 | 1277,196 | 34372,848 |
| P96 | 2275,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 23,79 | 22,21 | 46,00 | 1149,929 | 35522,777 |
| P97 | 2300,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 16,90 | 17,37 | 34,27 | 856,796 | 36379,573 |
| P98 | 2325,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 14,73 | 14,86 | 29,59 | 739,773 | 37119,346 |
| P99 | 2350,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 8,85 | 11,41 | 20,26 | 506,478 | 37625,825 |
| P100 | 2375,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 10,04 | 10,16 | 20,20 | 505,069 | 38130,894 |
| P101 | 2400,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 9,27 | 8,23 | 17,50 | 437,515 | 38568,409 |
| P102 | 2425,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 13,60 | 12,74 | 26,34 | 658,510 | 39226,919 |
| P103 | 2450,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 16,96 | 15,93 | 32,89 | 822,256 | 40049,175 |
| P104 | 2475,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 17,90 | 16,77 | 34,67 | 866,800 | 40915,975 |
| P105 | 2500,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 19,16 | 17,57 | 36,73 | 918,139 | 41834,113 |
| P106 | 2525,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 20,45 | 18,67 | 39,12 | 977,980 | 42812,093 |
| P107 | 2550,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 21,73 | 20,34 | 42,07 | 1051,821 | 43863,914 |
| P108 | 2575,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 20,62 | 18,79 | 39,42 | 985,431 | 44849,345 |
| P109 | 2600,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 19,57 | 17,25 | 36,82 | 920,579 | 45769,925 |
| P110 | 2625,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 18,89 | 16,23 | 35,12 | 878,007 | 46647,932 |
| P111 | 2650,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 17,05 | 16,03 | 33,08 | 826,986 | 47474,917 |
| P112 | 2675,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 15,85 | 13,88 | 29,73 | 743,192 | 48218,110 |
| P113 | 2700,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 14,22 | 12,11 | 26,33 | 658,249 | 48876,358 |
| P114 | 2725,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 12,86 | 11,24 | 24,10 | 602,534 | 49478,892 |
| P115 | 2750,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 10,26 | 8,19 | 18,45 | 461,361 | 49940,253 |
| P116 | 2775,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 8,07 | 4,57 | 12,64 | 316,103 | 50256,356 |
| P117 | 2800,000 | 25,000 | 0,00 | 0,12 | 0,12 | 2,913 | 44443,080 | 3,80 | 1,95 | 5,76 | 143,928 | 50400,284 |
| P118 | 2825,000 | 25,000 | 2,14 | 4,25 | 6,40 | 159,915 | 44602,995 | 0,52 | 0,50 | 1,01 | 25,314 | 50425,598 |
| P119 | 2850,000 | 25,000 | 5,52 | 8,42 | 13,94 | 348,601 | 44951,596 | 0,12 | 0,10 | 0,22 | 5,478 | 50431,076 |
| P120 | 2875,000 | 25,000 | 6,44 | 7,82 | 14,26 | 356,405 | 45308,001 | 0,05 | 0,05 | 0,10 | 2,519 | 50433,594 |
| P121 | 2900,000 | 25,000 | 6,69 | 7,40 | 14,09 | 352,231 | 45660,232 | 0,07 | 0,06 | 0,14 | 3,380 | 50436,974 |
| P122 | 2925,000 | 21,048 | 5,80 | 7,47 | 13,27 | 279,292 | 45939,523 | 0,17 | 0,15 | 0,32 | 6,807 | 50443,781 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|-------|------|------|-------|---------|-----------|------|------|------|-------|-----------|
| P123 | 2942,095 | 8,548 | 7,40 | 8,45 | 15,85 | 135,476 | 46075,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,042 | 50443,823 |
|------|----------|-------|------|------|-------|---------|-----------|------|------|------|-------|-----------|

- **Volume de déblai total** : 46075,000 m³
- **Volume de remblai total** : 50443,823 m³
- **Excès de remblai**: 4368,823 m³

II-2-3- Le choix de la variante :

Pour le choix de la variante, on adresse un tableau comparatif des avantages et inconvénients des deux solutions étudiés.

Ce tableau tient compte plusieurs paramètres fort importants pour nous faciliter le choix de la variante qui répond aux conditions du projet.

Tableau II.22 : Comparaison entre les deux variantes

| Critères | Unité | Variante N°1 | Variante N°2 | V1 | V2 |
|---------------------------------|----------------|--------------|--------------|----------|----------|
| Longueur totale de l'itinéraire | m | 3104,6886 | 3004,7018 | - | + |
| Pourcentage Alignement Droit | % | 47% | 70% | + | - |
| Pourcentage courbe | % | 53% | 30% | - | + |
| Rayon minimal | m | 210 | 200 | + | + |
| Rayon maximal | m | 1800 | 1000 | + | + |
| Nombre de courbes | / | 3 | 2 | - | + |
| Quantité de déblai | m ³ | 72766,523 | 46075,000 | - | + |
| Quantité de remblai | m ³ | 21922,898 | 50443,823 | + | - |
| Déblai - Remblai | m ³ | 50843,625 | 4368,823 | - | + |
| | | | | 4 | 7 |

II-3- CONCLUSION :

Après la comparaison entre les critères des deux variantes, on a opté pour la variante plus avantageuse qui est **la variante N°2** car elle présente plus d'avantages que deuxième variante (voir le tableau ci-dessus).

Chapitre III
Profil En Long

III-1- DEFINITION :

C'est une coupe longitudinale de terrain suivant un plan vertical passant par l'axe de la route. Il se compose de segments de droite de déclivité en rampe et en pente et de raccordements circulaires, ou parabolique. Ces pentes et rampes peuvent être raccordées entre elles soit par des angles saillants ou par des angles rentrants.

La courbe de raccordement les plus courants utilisés est le parabolique qui facilite l'implantation des points du projet.

Les principes paramètres du choix d'un profil en long sont :

- Un bon écoulement des eaux pluviales
- Une limitation des déclivités suivant norme
- Un rayon de courbure minimum (condition de confort pour les angles rentrants et condition de visibilité pour les angles saillants).

III-2- LA LIGNE DE PROJET (LIGNE ROUGE) :

Le profil en long donne une idée sur la forme du terrain naturel qui nous permet de choisir la ligne du projet de façon à tenir en compte :

- Equilibrer les surfaces remblais et déblais et d'éviter les grands terrassements.
- Assurer une bonne visibilité
- Assurer un confort dynamique.
- Permettre l'évacuation des eaux en prenant des déclivités supérieures ou égales à 0.5%.

III-3- REGLES A RESPECTER DANS LE TRACE DU PROFIL EN LONG:

Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par le règlement en vigueur:

✓ Eviter les angles entrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.

✓ Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.

✓ Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des versants dans une pente du profil en long.

✓ Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais dans la partie de tracé neuve.

- ✓ Eviter une hauteur excessive en remblai.
- ✓ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la
- ✓ Combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règle notamment.
- ✓ Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- ✓ Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- ✓ Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

III-4- LES ELEMENTS DE COMPOSITION DU PROFIL EN LONG :

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

- L'altitude du terrain naturel.
- L'altitude du projet.
- La déclivité du projet

III-5- COORDINATION ENTRE LE TRACE EN PLAN ET LE PROFIL EN LONG :

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

- Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :
 $R_{\text{vertical}} > 6 \times R_{\text{horizontal}}$, pour éviter un défaut d'inflexion.
- Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible.

III-6- DECLIVITE :

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.

A) Déclivité minimum :

Les tronçons de route absolument horizontaux, dits « en palier » sont si possible à éviter, pour la raison de l'écoulement des eaux pluviales. la pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulée latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des fossés ou des canalisations ayant une pente suffisante.

Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle inférieure à 0.5 %, pour éviter la stagnation des eaux.

B) Déclivité maximum :

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

- La réduction de la vitesse et l'augmentation des dépenses de circulation par la suite (cas de rampe Max).
- l'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).
- Condition d'adhérence entre pneus et chaussée qui concerne tout les véhicules.
- Vitesse minimale du poids lourd.

Et selon (B40) elle doit être inférieure à une valeur maximale associée à la vitesse de base.

Tableau III.1: Valeur de déclivité maximal.

| Vr (Km/h) | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
|-------------------|----|----|----|-----|-----|-----|
| Déclivité max (%) | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 4 |

Pour notre cas la vitesse $V_r = 80\text{km/h}$ donc la pente maximale $I_{\text{max}} = 6\%$.

Remarque : l'augmentation excessive des rampes provoque ce qui suit :

- ✓ Effort de traction est considérable.
- ✓ Consommation excessive de carburant
- ✓ Faibles vitesses.
- ✓ Gène des véhicules.

III-7- LES RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG :

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

On distingue deux types de raccordements :

A)-Raccordements convexes (angle saillant) :

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

❖ **Condition de confort :**

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

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

D’OU :

$$\left\{ \begin{array}{l} R_v \geq 0,3 V^2 \quad (\text{cat. 1-2}). \\ R_v \geq 0,23 V^2 \quad (\text{cat 3-4-5}). \end{array} \right.$$

Dans notre cas $R_v \text{ min} = 0.3 V^2$

Tel que :

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

❖ **Condition de visibilité**

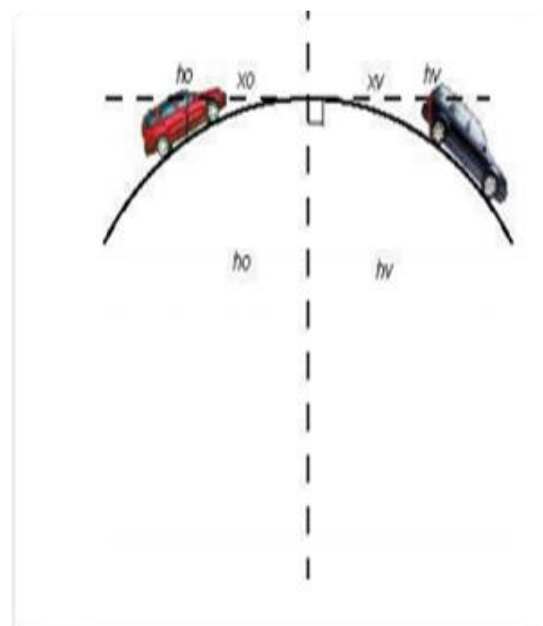
Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme condition supplémentaire à celle de la condition de confort.

Il faut deux véhicules circule en sens opposes puissent s’apercevoir a une distance double de la distance d’arrêt minimum.

Le rayon de raccordement est donne par la formule suivante :

$$R_v = \frac{D_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 h_1})}$$

- **d** : Distance d’arrêt (m).



- h_0 : Hauteur de l'œil (m).
- h_1 : Hauteur de l'obstacle (m).

Dans le cas d'une route unidirectionnelle :

$$h_0 = 1.1 \text{ m}, h_1 = 0.15 \text{ m}$$

On trouve:

- $Rv = a d^2 a = 0.24$ pour cat 1-2
- $Rv = 0.24 d^2$

Les rayons assurant ces deux conditions sont données par les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnelle et pour une vitesse de base $Vb=80$ (Km/h) et pour la catégorie 1-2 on a :

Tableau III.2 : Rayons convexes.

| Rayon | Symbole | Valeur |
|-------------|---------|--------|
| Min-absolu | RVm1 | 2500 |
| Min- normal | RVN1 | 6000 |
| Dépassement | RVD | 4500 |

B)-Raccordements concaves (angle rentrant) :

Dans un raccordement concave, les conditions de visibilité du jour ne sont pas déterminantes, lorsque la route n'est pas éclairée la visibilité de nuit doit par contre être prise en compte.

Cette condition s'exprime par la relation :

$$R_v' = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.035d_1)}$$

Avec :

R_v' : rayon minimum du cercle de raccordement.

d_1 : distance d'arrêt.

$$\frac{g}{40} \text{ pour la CAT 1-2.}$$

❖ Rayon minimal absolu :

$$R_{vm} = \frac{d_1^2}{0.035d_1 + 1.5}$$

$$R_{vm} (V_r) = (0.3 \times V_r)^2 = (0.3 \times 80)^2 = 2400 \text{ m}$$

❖ Rayon minimal normal :

Les rayons verticaux minimaux normaux en angle rentrant sont obtenus par application de la formule suivante :

$$R_{VN'} = R_{VM'} (v_r + 20).$$

$$R_{vn} = 0.3 (V_r + 20)^2$$

$$R_{vn} = 0.3 \times 10000 = 3000 \text{ m}$$

Les valeurs retenues pour les rayons absolus sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau- III.3 : Rayons concaves (angle rentrant). Cat1, V80.

| Rayon | Symbole | Valeur |
|-------------|----------|--------|
| Min-absolu | $R' V_m$ | 2400 |
| Min -normal | $R' VN$ | 3000 |

Condition esthétique :

Il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et **(b > 50)** pour des devers **d < 10%** (spécial échangeur).

$$R_{v_{\min}} = 100 \times \frac{50}{\Delta d (\%)}$$

Avec :

d : changement des devers.

R_{vmin} : rayon vertical minimal.

III-8- ELEMENTS NECESSAIRE AU CALCUL DU PROFIL EN

LONG :

Après la projection des pentes du profil en long on procède au calcul des coordonnées des points de tangence en coordonnées rectangulaires.

Avec :

A et B : extrémité du raccordement

G : milieu de raccordement situé sur la variante

B : bissectrice.

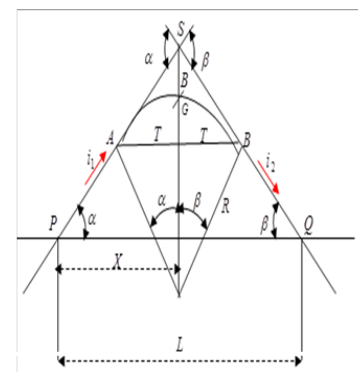


Figure III.1 Eléments du profil en long

- P, Q : deux points connus sur i_1, i_2
- Q : centre du cercle de rayon R
- T : tangente de part et l'autre du sommet
- X : distance entre le sommet et un point P sur i_1
- S : sommet ou point de changement de déclivité
- L : distance entre les deux points

III-9- DETERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG :

Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle : $X^2 + Y^2 - 2 R Y = 0$.

À l'équation de la parabole $X^2 - 2 R Y = 0 \Rightarrow Y = \frac{x^2}{2R}$

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

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

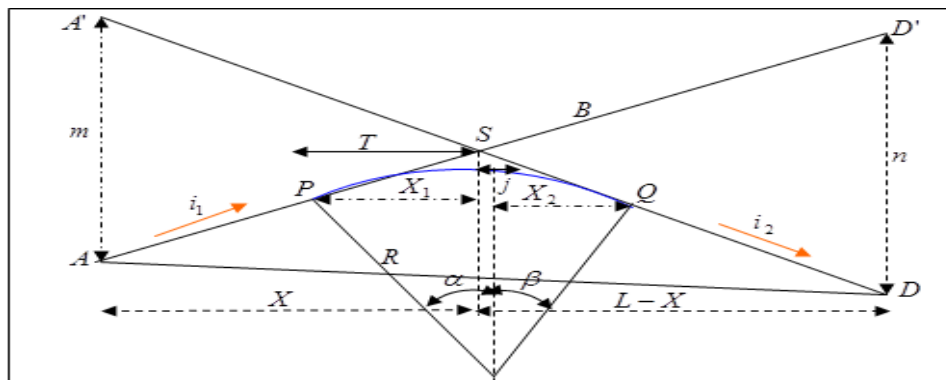


Figure III.2 : Pratiques du profil en long.

❖ **Détermination de la position du point de rencontre(s) :**

On a :

$$Z_A = Z_D' + L p_2 m = Z_A' - Z_A$$

$$Z_D = Z_A' + L p_1 n = Z_D - Z_D'$$

Les deux triangles A'SA et SDD' sont semblables donc:

$$m/n = x/(L-x) \Rightarrow x = m \cdot 3 \cdot L / (n+m)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} XS = X + XA \\ ZS = p_1 X + Z_A \end{array} \right.$$

❖ **Calculs De La Tangente :**

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 **B** et **C**.

L'équation de la parabole est:

$$Y = \frac{X^2}{2R}$$

$$\cos\alpha_1 = \frac{T}{AS} \Rightarrow T = AS \cdot \cos\alpha_1$$

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}\right) = \frac{AS}{R} \Rightarrow AS = R \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}\right)$$

$$\text{D'ou } \alpha_1, \alpha_2 = 0 = p \cdot \cos\alpha_1$$

$$T = R \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}\right)$$

$$\operatorname{tg}\alpha_1 \quad \alpha_1 = p_1, \quad \operatorname{tg}\alpha_2 \quad \alpha_2 = p_2$$

$$T = R \cdot \left(\frac{p_1 + p_2}{2}\right)$$

$$\text{finalement : } T = R \cdot \left|\frac{\Delta p}{2}\right|$$

❖ **Projection Horizontale De La Longueur De Raccordement :**

$$LR = 2T$$



❖ **Calcul De La Flèche :**

$$H = T^2 / 2R$$

❖ **Calcul de la flèche Et de l'altitude d'un Point courant M Sur La courbe :**

$$M \quad \left\{ \begin{array}{l} HX = x^2 / 2R \\ ZM = ZB + X p_1 - X^2 / 2R \end{array} \right.$$

Tableau III.4 : Caractéristique des rayons verticaux.

| Catégorie | C1 | |
|--|----------------------------|-------------|
| Environnement | E2 | |
| Vitesse (km/h) | 80 | |
| Rayon en angle saillant RV  | Route unidirectionnelle : | (2×2 voies) |
| | RVm1 (minimal absolu) en m | 2500 |
| | RVn1 (minimal normal) en m | 6000 |
| Rayon en angle rentrant RV  | Route unidirectionnelle : | (2×2 voies) |
| | RVm1 (minimal absolu) en m | 2400 |
| | RVn1 (minimal normal) en m | 3000 |
| Déclivité maximale I _{max} (%) | 6 | |

1. Calcul des tangentes :

Les positions de T et T' sont données par rapport à l'intersection des pentes :

$$T = T' = \frac{R}{2} |\Delta P|$$

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

$$T = T' = \frac{Rv}{2} |P1 + P2|$$

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

$$T = \frac{Rv}{2} |P1 - P2|$$

III-10- APPLICATION DE PROJET :

1- Calcul de la tangente :

$$T = (R(p1 + p2)) / 2$$

$$T1 = (550(-0,03433 - 0,18153)) / 2 = 59m$$

$$T2 = (200(0,18153 + 0,09241)) / 2 = 27m$$

$$T3 = (450(-0,09241 - 0,00368)) / 2 = 22m$$

$$T4 = (700(0,00368 - 0,11702)) / 2 = 40m$$

$$T5=(1100(0,11702+0,01494))/2=73m$$

$$T6=(1590450(-0,01494+0,01394))/2=795m$$

2- Calcul de la flèche :

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

$$F1= 3,16m$$

$$F 2= 1,82m$$

$$F 3=0,54m$$

$$F 4=1,14m$$

$$F 5= 2,42m$$

$$F 6= 0,20m$$

Le tableau ci-dessus récapitule les résultats des calculs des tangentes, les flèches du projet et La longueur du raccordement verticale (Tableau récapitulatif) :

Tableau III.5: les valeurs de tangente et la flèche.

| Elément Sommet | P1 P2 | Nature du rayon | Sens des pentes | Les rayons (m) | T (m) | F (m) |
|-------------------|------------------|--------------------|--------------------|-------------------|----------|----------|
| S1 | -3,433 18,153 | Rentrant | diff sens | 550 | 59 | 3,16 |
| S2 | 18,153 -9,241 | Saillant | diff sens | 200 | 27 | 1,82 |
| S3 | -9,241 0,368 | Rentrant | diff sens | 450 | 22 | 0,54 |
| S4 | 0,368 11,702 | Rentrant | Mm sens | 700 | 40 | 1,14 |
| S5 | 11,702 -1,494 | Saillant | diff sens | 1100 | 73 | 2,42 |
| S6 | -1,494 -1,394 | Rentrant | Mm sens | 1590450 | 795 | 0,20 |

Chapitre IV
Les Raccordements
Progressif

IV-1- INTRODUCTION :

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.

IV-2- DEFINITION DE LA CLOTHOÏDE :

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

IV-3- Les éléments de la clothoïde :

- A** : Paramètre de la clothoïde.
- M** : Centre de cercle.
- R** : Rayon de cercle.
- K_A** : Origine de la clothoïde.
- K_E** : Extrémité de la clothoïde.
- L** : longueur de la branche de la clothoïde.
- ΔR** : Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage).
- X_m** : Abscisse du centre du cercle.
- τ** : Angle des tangentes.
- X** : Abscisse de K_E.
- Y** : Origine de K_E.
- T_K** : tangente courte.
- T_L** : tangente longue.

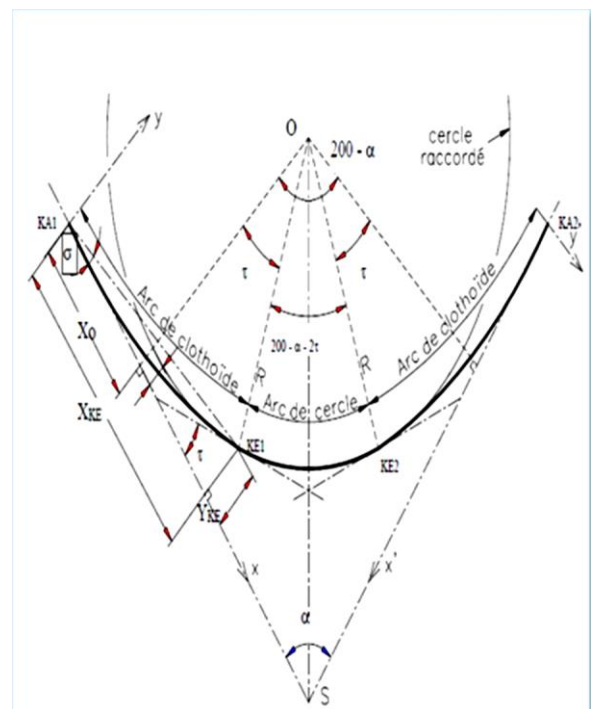


Figure IV.1 : Les éléments de la clothoïde.

S_L : Corde ($K_A - K_E$).

σ : Angle polaire.

IV-4- PROPRIETES DE LA CLOTHOÏDE :

Le rayon de courbure d'une Clothoïde varie progressivement d'une valeur infinie en O, point de tangence avec l'alignement Ox, à une valeur finie r , en un point donné P de la courbe.

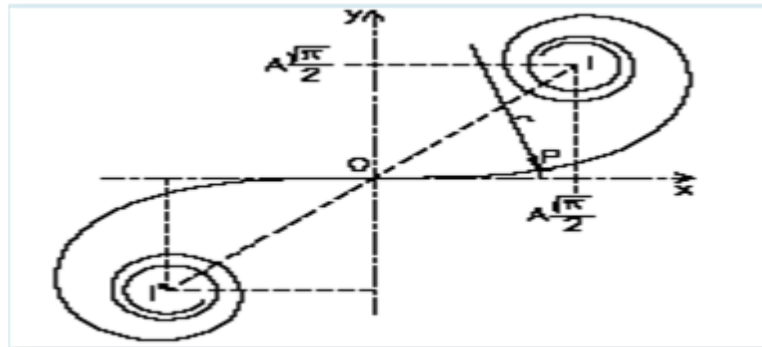


Figure IV.2 : La propriété de clothoïde.

Le rayon de courbure d'une clothoïde varie progressivement d'une valeur infinie en O, point de tangence avec l'alignement Ox, à une valeur finie, r , en un point donné P de la courbe. Un véhicule qui parcourt cette courbe voit donc le rayon de braquage de ses roues diminuer progressivement en passant par toutes les valeurs comprises entre l'infini et r . L'équation caractéristique est donnée par : $A^2 = R.L$

Le calcul des caractéristiques de ces raccords à courbure progressive permet de respecter les conditions de stabilité du véhicule, et de confort dynamique des usagers. Ces conditions tendent à limiter la variation de sollicitation transversale des véhicules. Dans la pratique, ceci revient à fixer une limite à la variation d'accélération tolérée par seconde.

IV-5- LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT :

IV-5-1- Condition de confort optique :

Elle permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels et pour cela la rotation de la tangente doit être supérieure à 3° .

$$\tau \geq 3^\circ \quad \text{soit} \quad \tau \geq 1/18 \text{ rad.}$$

$$\tau = L/2R > 1/18 \text{ rad} \Rightarrow L \geq R/9 \text{ soit } A \geq R/3.$$

$$R/3 \leq A \leq R$$

- Pour $R \leq 1500 \Rightarrow \Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5m) d'où $L = (24.R.\Delta R)^{1/2}$
- Pour $1500 < R \leq 5000\text{m}$, $\tau = 3^\circ$ c'est-à-dire $L = R/9$

- Pour $R > 5000m \Rightarrow \Delta R$ limité à 2.5m soit $L=7,75 (R)^{1/2}$

IV-5-2- Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à éviter la variation trop brutale de l'accélération transversale, est imposé à une variation limitée.

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

V_B : vitesse de base (Km/h).

R : le rayon (m).

Δd : la variation de divers ($\Delta d = d_{final} - d_{init}$)

IV-5-3- Condition de gauchissement :

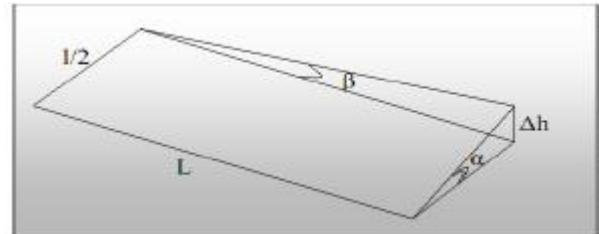
Elle se traduit par la limitation de la pente relative en profil en long du bord de la chaussée déversée.

$$L \geq (l \times \Delta d \times Vr)$$

L : Longueur de raccordement.

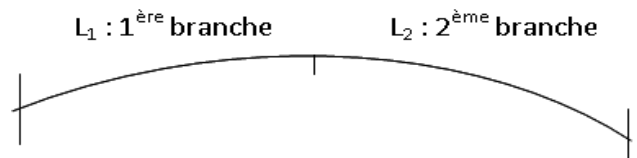
l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.



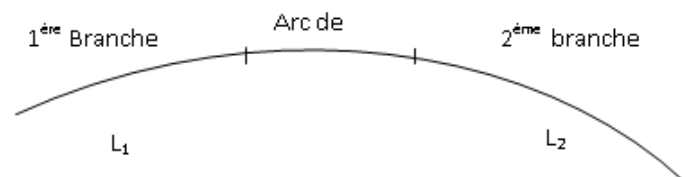
IV-5-4- La Vérification de non chevauchement :

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



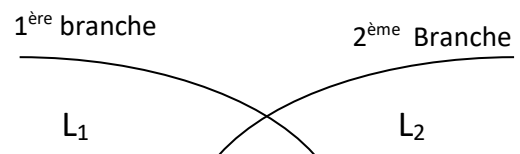
Clothoïde sans arc de cercle.

2^{ème} cas : $\tau < \frac{\beta}{2}$



Clothoïde avec arc de cercle.

3^{ème} cas : $\tau > \frac{\beta}{2}$



Clothoïde impossible.

IV-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.

IV-6 -1- 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: **$d_{min} = 2.5 \%$**

IV-6 -2- 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.

IV-6-3- Rayon de courbure :

Pour assurer une stabilité du véhicule et réduire l'effet de la force centrifuge, on est obligé d'incliner la chaussée transversalement vers l'intérieur d'une pente dite devers, exprimée par sa tangente; d'où le rayon de courbure.

Les valeurs préconisées pour les normes algériennes sont les suivantes :

Tableau IV.1 : Devers.

| | Cat1 | Cat2 | Cat3 | Cat4 | Cat5 |
|-----------|--------|--------|------|------|------|
| d_{min} | -2,50% | -2,50% | -3% | -3% | -4% |
| d_{max} | 7% | 7% | 8% | 8% | 9% |

IV-6 -4- Calcul des devers :

✚ 1er cas :

Le rayon choisi : $R \geq R_{HNd}$ → Le dévers associé « d » est celui de l'alignement droit.

✚ 2ème cas :

Le rayon choisi : $R_{Hd} \leq R \leq R_{HNd}$ → Le dévers associé est le dévers minimal de l'alignement droit.

3ème cas :

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

$$\frac{d(R) - d(RHd)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd}} = \frac{d(RHN) - d(RHd)}{\frac{1}{RHN} - \frac{1}{RHd}}$$

4ème cas :

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

$$\frac{d(R) - d(RHN)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHN}} = \frac{d(RHm) - d(RHN)}{\frac{1}{RHm} - \frac{1}{RHN}}$$

Les rayons compris entre **RHd** et **RHnd** sont au dévers minimal mais des rayons supérieur à **RHnd** peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.

IV-7- APPLICATION DE PROJET :

IV-7-1- Calcul des dévers associés aux rayons de la variante choisie :

| Symboles | Valeurs calculées | Valeurs selon B-40 |
|---------------|-------------------|--------------------|
| RHm (7 %) | 252 | 250 |
| RHN (5 %) | 492 | 450 |
| RHd (2.5 %) | 1008 | 1000 |
| RHnd (-2.5 %) | 1440 | 1400 |

- R2 dans le 2ème cas et 3ème cas : Le dévers associé « d » est celui de l'alignement droit.

| Rayons Choisis (m) | |
|--------------------|-----|
| R1 | 200 |
| R2 | 100 |

| Dévers associé d(R) | |
|-----------------------|-------|
| d(R1) | 2,5 % |
| d(R2) | 2,5 % |

IV-7-2- Calcul de la longueur de Clothilde et la vérification de non chevauchement :

Exemple pour $R_1=200$ m :

a- Condition d'optique :

$$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \text{ Comme } R = 200 \text{ m} \leq 1500 \text{m} \quad \Delta R = 0,5 \text{m}$$

$$L \geq \sqrt{24 \times 200 \times 1} \quad L_1 \geq 69,28$$

b- Condition de gauchissement :

$$L_2 \geq L \cdot \Delta d \cdot V_r \text{ Avec : } \Delta d = df - di \Delta d = 7 - (-2,5) \Delta d = 9,5 \%$$

- $L = 14$ m

- $V_r = 80$ Km/ h

$$L_2 \geq 14 \times 0,095 \times 80 \quad L_2 \geq 106,4 \text{m}$$

c- Condition dynamique :

$$L_3 \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127.200} - 0,095 \right) \quad L_3 \geq 55,81 \text{m}$$

$$L = \text{Max} (L_1, L_2, L_3) = 106,4 \text{m}.$$

Exemple pour $R_2=1000$ m :

b- Condition d'optique :

$$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \text{ Comme } R = 1000 \text{ m} \leq 1500 \text{m} \quad \Delta R = 0,5 \text{m}$$

$$L \geq \sqrt{24 \times 1000 \times 1} \quad L_1 \geq 154,92 \text{m}$$

b- Condition de gauchissement :

$$L_2 \geq L \cdot \Delta d \cdot V_r \text{ Avec : } \Delta d = df - di \quad \Delta d = 7 - (-2,5) \Delta d = 9,5 \%$$

- $L = 14$ m

- $V_r = 80$ Km/ h

$$L_2 \geq 14 \times 0,095 \times 80 \quad L_2 \geq 106,4 \text{m}$$

d- Condition dynamique :

$$L_3 \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127.1000} - 0,095 \right) \quad L_3 \geq 15,86 \text{m}$$

$$L = \text{Max} (L_1, L_2, L_3) = 154,92 \text{ m}.$$

Tableau IV.2: Longueur de la clothoïde.

| N° Virages | Conditions | | | | | Lmax (m) | L choisie (m) | Remarques |
|---------------|------------|---------------|-----------|----------------------|----------------|-------------|------------------|-----------|
| | Optique | gauchissement | dynamique | Non Chevauchement | | | | |
| | L1 | L2 | L3 | τ (g) | $\beta/2$ (gr) | | | |
| 1 | 69,28 | 106,4 | 55,81 | 16,93 | 44,93 | 106,4 | 106 | P.de che |
| 2 | 154,92 | 106,4 | 15,86 | 4,93 | 20,12 | 154,92 | 155 | P.de che |

IV-7-3 : Calcul des paramètres des deux clothoïde :

Tableau IV.3: Paramètres de clothoïde.

| Paramètre de la clothoïde | | Virage 1 | Virage 2 |
|---|--|----------|----------|
| R | Rayon (m) | 200 | 1000 |
| L | Longueur de la clothoïde (m) | 106 | 155 |
| $A = \sqrt{R.L}$ | Paramètre de la clothoïde (m) | 145,60 | 393,70 |
| $\alpha = 200 - \beta$ | Angle au sommet (gr) | 110,13 | 159,76 |
| $\beta = 200 - \alpha$ | Angle au centre (gr) | 89,86 | 40,24 |
| $\tau = L/2.R$ | Angle des tangentes (gr) | 0,265 | 0,0775 |
| $\gamma = 200 - \alpha - 2 \tau$ | Angle au centre Partie circulaire (gr) | 89,34 | 40,085 |
| $X_{KE} = L - (L^3/40.R^2)$ | Abscisse de l'extrémité de la clothoïde. | 105,26 | 156,92 |
| $Y_{KE} = L^2/6.R$ | Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde. | 3,36 | 4,00 |
| $\Theta = \arctg(Y_{KE}/X_{KE})$ | Angle Polaire (gr) | 2,03 | 1,62 |
| $L_{cercle} = \pi.R.\Theta/200$ | Long, de la partie circulaire (m) | 6,38 | 25,45 |
| $SL = \sqrt{(X_{KE}^2 + Y_{KE}^2)}$ | Longueur de la corde KA-KE (m) | 105,31 | 156,97 |
| $X_o = X_{KE} - R.\sin \tau$ | Abscisse du centre (m) | 104,43 | 155,70 |
| $Y_o = Y_{KE} + R.\cos \tau$ | Ordonnées du centre (m) | 203,36 | 1004,00 |
| $\Delta R = L^2/24.R$ | Ripage (m) | 2,34 | 1,00 |
| $D_{cercle} = \pi R \gamma/200$ | Développée de cercle | 280,67 | 629,65 |

| | | | |
|---|-----------------------|--------|---------|
| $DT=2L + D_{\text{cercle}}$ | Développée totale (m) | 492,67 | 939,65 |
| $TK= YKE/ \sin \tau$ | Tangente longue (m) | 807,19 | 3285,78 |
| $TL= XKE-(YKE/\cos\tau)$ | Tangente courte (m) | 101,90 | 152,92 |
| Bissectrice | Bissectrice (m) | 62,78 | 52,11 |

Chapitre V

Etude Du Trafic

V-1- INTRODUCTION :

Une étude de trafic est une étape très importante qui doit intervenir à l'amont de toute réflexion relative à un projet routier. Elle permet de déterminer l'intensité du trafic, caractérisé par le trafic journalier moyen annuel (TJMA), et d'autre part, l'agressivité des véhicules poids lourds définie par le nombre de poids lourds circulant sur le tronçon de route étudié.

En réponse à ces insuffisances une réhabilitation du tronçon étudié est envisagée en vue d'améliorer l'offre de transport et assurer une meilleure sécurité et fluidité de trafic.

Le trafic à prendre en compte pour un projet constitue une des données de base pour la définition des caractéristiques géométriques de la route ainsi que pour le dimensionnement de la chaussée.

Il décrit la méthodologie de l'enquête, les comptages du trafic, l'analyse des résultats et leur projection.

- ✓ P1 : Véhicule particulier.
- ✓ P2 : Taxis.
- ✓ P3 : camionnette.
- ✓ P4 : Camion à 2 essieux.
- ✓ P5 : Camion à 3 essieux.
- ✓ P6 : Autobus.
- ✓ P7 : Tracteur.

V-2- ANALYSE DE TRAFIC :

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

L'analyse de circulation sur les diverses artères des réseaux routiers sont nécessaires pour l'élaboration des plans d'aménagement ou de transformation de l'infrastructure, détermination de dimensions à donner aux routes et appréciation d'utilité des travaux projetés.

V-3- MESURE DES TRAFICS :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires :

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

a) Comptages : (technique n'identifiant pas les véhicules)

- Comptages manuels.

- Comptages automatiques.
- Comptages directionnels.
- Comptage directionnel par numéro de voiture ou film.

b) Compactages manuels :

Ils sont réalisés par les enquêteurs qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports communs.

Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (**T.M.J.A**).

❖ Comptages automatiques :

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

❖ Compactages directionnels :

Le comptage directionnel de trafic se fait aux intersections gérées par priorités, aux carrefours à feux et aux giratoires. Il permet de déterminer les flux en fonction de leur direction.

c) Enquêtes simplifiées :

- ❖ Enquêtes par relève minéralogique
- ❖ Enquêtes par cartes
- ❖ Enquêtes papillons

d) Enquêtes complètes :

- ❖ Enquêtes par interview le long de la route
- ❖ Enquête par interview à domicile ou enquêtes ménages

V-4- DIFFERENTS TYPES DE TRAFIC :

V-4-1- Trafic normal :

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

V-4-2 Trafic dévie :

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes seyant la même destination, la dérivation de trafic n'est qu'un transfert entre le différent moyen d'atteindre la même destination.

V-4-3 Trafic induit :

C'est le trafic des nouveaux déplacements de personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement en tous s'effectuaient vers d'autres destinations.

V-4-4- Trafic total :

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

V-5- CALCUL DE LA CAPACITE :**V-5-1- Définition de la capacité :**

La capacité pratique est le débit horaire moyen à saturation. C'est le trafic horaire au-delà duquel le plus petit incident risque d'entraîner la formation de bouchons.

La capacité dépend:

✓ Des distances de sécurité (en milieu urbain ce facteur est favorable, Il est beaucoup moins en rase campagne, ou la densité de véhicules sera beaucoup plus faible).

✓ Des conditions météorologiques.

✓ Des caractéristiques géométriques de la route.

V-5-2- Calcul de trafic moyen journalier (TJMA) horizon :

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

$$TJMA_h = TJMA_0 (1 + \tau)^n$$

avec :

TJMA₀: le trafic à l'année zéro.

TJMA_h : le trafic à l'année horizon.

τ : le taux de croissance annuel du trafic.

V-5-3- Calcul de trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (uvp), en fonction de type de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (uvp).

Le trafic effectif est donné par la relation :

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

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

Z : pourcentage de poids lourds (%)

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

Tableau V.1 coefficient d'équivalence "p" (selon le B40)

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

V-5-4- débit de point horaire normal :

Le débit de point horaire normal est une fraction du trafic effectif à l'horizon, il est exprimé en (uvp) et donné par formule :

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

Avec :

n : nombre d'heure, (en général **n=8heures**)

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

Q : est exprimé en UVP/h

V-5-5- Débit horaire admissible :

Le débit horaire admissible est le nombre de véhicules toléré pouvant passer en un point donné pendant une heure, il est déterminé par la formule suivante :

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

Avec :

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

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

- Valeur de **K1** :

Tableau V.2 : Coefficient « K1 ».

| Environnement | E1 | E2 | E3 |
|----------------------|------|------|-----------|
| K₁ | 0.75 | 0.85 | 0.90-0.95 |

- Valeurs de **K2**:

Tableau V.3: Coefficient « K2 ».

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

Tableau V.4 : valeurs de **C_{th}** capacité théorique du profil en travers en régime stable.

| | 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 |

V-5-6- Déterminations du nombre des voies :

Le nombre de voies de circulation est variable selon le volume de circulation projeté à terme et les niveaux de services attendus.

- **Cas d'une chaussée bidirectionnelle :**

On compare **Q** a **Q_{adm}** en prend le profil permettant d'avoir :

$$Q \leq Q_{adm}$$

- **Cas d'une chaussée unidirectionnelle :**

On nombre de voie par chaussée est le nombre entier le plus proche du rapport :

$$N = S \cdot Q / Q_{adm}$$

Avec :

n: le nombre de voie.

Q_{adm} : Débit admissible par voie.

S : coefficient dissymétrie, en général=2/3.

V-6- APPLICATION DE PROJET :

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

- Le trafic à l'année de compactage 2016 **TJMA₂₀₁₆ = 7858 v/j**
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté **$\tau = 4 \%$**
- La vitesse de base sur le tracé **V_b = 80 km/h**
- Le pourcentage moyen de poids lourds **Z = 14 %**
- n= 4ans (étude + réalisation)
- L'année de mise en service sera en **2020**
- Environnement E2 – Catégorie **C1**
- La durée de vie estimée de **20 ans**
- Coefficient d'équivalence pour le poids lourd : **p=3**

V-6-1- Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2020)

$$T_n = T_0 (1 + \tau)^n$$

Avec :

T_n : trafic à l'horizon (année de mise en service 2020)

T_0 : trafic à l'année zéro (origine 2016)

$$TMJA_{2016} = 7858(1+0.04)^4 = 9193 \text{ v/j}$$

Donc :

$$T_1 = 9193 \text{ v/j}$$

Trafic à l'année horizon (2040) pour une durée de vie de 20 Ans :

$$TMJA_{2040} = 9193 (1+0,04)^{20} = 20143 \text{ v/j}$$

Donc :

$$T_{2040} = 20143 \text{ v/j}$$

V.6.2 Calcul du trafic effectif :

$$T_{\text{eff}} = [(1-Z) + PZ] \cdot TMJA$$

Avec :

- P : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds pour une route à deux voies et un environnement E2 on a P=3.

- Z: le pourcentage de poids lourds est égal à 14 %.

$$T_{\text{eff}} = [(1-0.25) + (3 \times 0.14)] \times 20143 = 25783 \text{ uvp/j}$$

Donc :

$$T_{\text{eff}} = 25783 \text{ v/j}$$

V-6-3- Débit de pointe horaire normal :

➤ Année de mise en service :

$$Q \text{ (uvp/h)} = 0,12 \times 25783 = 3094 \text{ uvp/j}$$

V-6-4- La capacité admissible :

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

Avec :

$K1$: coefficient correcteur pris égale à 0.85 pour E2 et Cat 1.

$K2$: coefficient correcteur pris égale à 0,99 pour E2.

C_{th} : capacité théorique pris égale à 1800 uvp/h pour route à 2 voies de 3,5 m

$$Q_{\text{adm}} = 0,85 \times 0,99 \times 1800$$

Donc :

$$Q_{\text{adm}} = 1514,7 \text{ v/j}$$

V.6.5 : Le nombre des voies :

$$N = (2/3) \times \left(\frac{Q}{Q_{adm}} \right)$$

$$N = \left(\frac{2}{3} \right) \times \left(\frac{3094}{1514,7} \right) = 2,04 \text{ Donc : } N = 2 \text{ voies /sens}$$

Les résultats de calculs sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau V.5 : résultats du calcul de trafic

| <i>TJMA</i> 2016 (v/j) | <i>TJMA</i> 2020 (v/j) | <i>TJMA</i> ₂₀₄₀ (v/j) <i>Teff</i> | <i>Teff</i> ₂₀₄₀ (uvp/j) | Q (uvp/j) | N |
|---------------------------|---------------------------|--|--|--------------|---|
| 7858 | 9193 | 20143 | 25783 | 3094 | 2 |

V-7- CONCLUSION :

Le profil en travers retenu pour notre projet est défini comme suit :

Deux Chaussée unidirectionnelle à deux voies de 3,50 m de largeur séparée par un terre-plein central de 3 m, des bandes d'urgences de 3,00 m et des accotements de 1,50 m.

Chapitre VI
Paramètres Cinématiques

VI-1- DEFINITION :

Ce sont des paramètres relatifs à la considération du mouvement des véhicules dans le projet de construction de la route. Ces paramètres sont :

VI-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 la condition conventionnelle de la chaussée mouillée. Elle varie suivant la pente longitudinale de la chaussée.

$$d_0 = 0.04 \times \frac{V_r^2}{g(f_{rl} \pm i)}$$

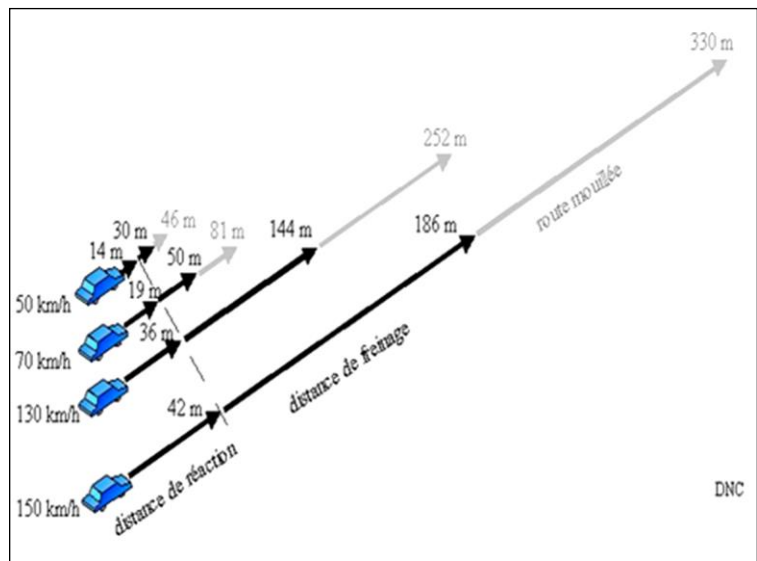


Figure VI.1. Distance de freinage.

Avec :

V_r : vitesse de référence $V_r=80 \text{ Km/h}$.

i : déclivité.

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

Tableau VI.1 : coefficient de frottement longitudinal f_l en fonction de la vitesse (B40).

| | V(Km/h) | 40 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 |
|-----------|----------|------|------|------|------|------|------|
| CAT 1-2 | f_l | 0.45 | 0.42 | 0.39 | 0.36 | 0.33 | 0.30 |
| | d_0 | 14 | 34 | 65 | 111 | 175 | 269 |
| CAT 3-4-5 | f_{l2} | 0.49 | 0.46 | 0.43 | 0.40 | 0.36 | / |
| | d_0 | 13 | 31 | 59 | 100 | 160 | / |

Pour notre projet on a :

$$\left[\begin{array}{l} \text{Catégorie 1} \\ V_r=80 \text{ km/} \end{array} \right. \quad fl=0,39$$

❖ En alignement droit :

$$d_0 = 0.04 \times \frac{V_r^2}{g(fl)}$$

❖ En rampe :

$$d_0 = 0.04 \times \frac{V_r^2}{g(fl+i)}$$

❖ En pente :

$$d_0 = 0.04 \times \frac{V_r^2}{g(fl-i)}$$

VI-2-1 Application :

❖ En alignement droit : $i = 0$;

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0,39)} \longrightarrow d_0=66\text{m}$$

❖ En Pente avec: $i=-3,433 \%$

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0,39 - 0,03433)} \longrightarrow d_0=72\text{m}$$

❖ En Rampe avec : $i = 18,153\%$

$$d_0 = 0.04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0.04 \times \frac{80^2}{10(0.39 + 0,18153)} \longrightarrow d_0=45\text{m}$$

❖ En Pente avec $i= -9,241 \%$

$$d_0 = 0.04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0.04 \times \frac{80^2}{10(0.39 - 0,09241)} \longrightarrow d_0=86\text{m}$$

❖ En Rampe avec : $i=0,368 \%$

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0,39 + 0,00368)} \longrightarrow d_0=65\text{m}$$

❖ **En Rampe avec : i =11,702 %**

$$d_0 = 0,04 \times \frac{Vr^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0.39 + 0,11702)} \longrightarrow d_0=50m$$

❖ **En Pente avec : i =-1,494 %**

$$d_0 = 0,04 \times \frac{Vr^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0.39 + 0,01494)} \longrightarrow d_0=68m$$

❖ **En Pente avec : i =-1,394 %**

$$d_0 = 0,04 \times \frac{Vr^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0.39 - 0,01394)} \longrightarrow d_0=68m$$

VI-3- TEMPS DE PERCEPTION ET DE REACTION :

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 apparait.

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.

Sa durée conditionnée par des caractéristiques de conducteur et le véhicule. Il intervient pour :

- ❖ Le freinage.
- ❖ Le dépassement.
- ❖ L'observation de signalisation.

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

- Dans une attention concentrée :

- **t = 1.2 s** pour un obstacle imprévisible.
- **t = 0.6 s** pour un obstacle prévisible.

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

- **t =1.8 s** pour des vitesses > 80 Km/h.
- **t = 2 s** pour des vitesses ≤ 80 Km/h.

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

$$d_1 = v \times t \text{ Avec } V= 80 \text{ Km/h } t=2 \text{ s}$$

VI-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**

$$(d) : d = d_1 + d_0$$

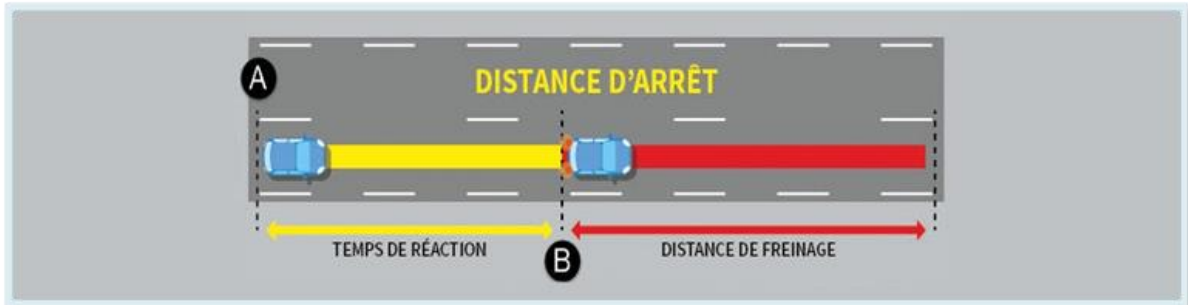


Figure VI.2: Temps de perception-réaction.

a- En alignement droit :

$$\text{Si } \begin{cases} t = 1.8 \text{ s} : & d = d_0 + 0.50 \times Vr \\ t = 2 \text{ s} : & d = d_0 + 0.55 \times Vr \end{cases}$$

b- En courbe :

On doit majorer la distance de freinage de 25% car le freinage est moins énergétique afin de ne pas perdre le contrôle du véhicule.

$$\text{Si } \begin{cases} t = 1.8 \text{ s} : & d = 1.25 \times d_0 + 0.50 \times Vr \\ t = 2 \text{ s} : & d = 1.25 \times d_0 + 0.55 \times Vr \end{cases}$$

VI.4.1 Application

a-En alignement droit :

$$Vr = 80 \text{ Km/h} \quad t = 2 \text{ s} \Rightarrow d = d_0 + 0.55Vr$$

❖ En palier avec : $i = 0$

$$d = 66 + (0.55 \times 80) = 110 \text{ m}$$

❖ En pente avec : $i = -3,433 \%$:

$$d = 72 + (0.55 \times 80) = 116 \text{ m}$$

❖ En Rampe avec : $i = 18,153\%$:

$$d = 45 + (0.55 \times 80) = 89 \text{ m}$$

❖ **En pente avec $i = -9,241\%$:**

$$d = 86 + (0.55 \times 80) = 130\text{m}$$

❖ **En rampe avec : $i = 0,368\%$**

$$d = 65 + (0.55 \times 80) = 109\text{m}$$

❖ **En rampe avec : $i = 11,702\%$**

$$d = 50 + (0.55 \times 80) = 94\text{m}$$

❖ **En pente avec : $i = -1,494\%$**

$$d = 68 + (0.55 \times 80) = 112\text{m}$$

❖ **En pente avec : $i = -1,394\%$**

$$d = 68 + (0.55 \times 80) = 112\text{m}$$

b- En courbe:

$$Vr = 80 \text{ Km/h} \quad t = 2 \text{ s} \Rightarrow d = 1.25 \times d_0 + 0.55 \times Vr$$

❖ **En palier : $i = 0$:**

$$d = (1,25 \times 66) + (0.55 \times 80) = 127 \text{ m}$$

❖ **En pente avec $i = -3,433\%$:**

$$d = (1,25 \times 72) + (0.55 \times 80) = 134 \text{ m}$$

❖ **En rampe avec : $i = 18,153\%$:**

$$d = (1,25 \times 45) + (0.55 \times 80) = 100 \text{ m}$$

❖ **En pente avec $i = -9,241\%$:**

$$d = (1,25 \times 86) + (0.55 \times 80) = 152 \text{ m}$$

❖ **En rampe avec : $i = 0,368\%$:**

$$d = (1,25 \times 65) + (0.55 \times 80) = 125 \text{ m}$$

❖ **En rampe avec : $i = 11,702\%$:**

$$d = (1,25 \times 50) + (0.55 \times 80) = 107 \text{ m}$$

❖ **En pente avec : $i = -1,494\%$:**

$$d = (1,25 \times 68) + (0.55 \times 80) = 129 \text{ m}$$

❖ **En pente avec : $i = -1,394\%$:**

$$d = (1,25 \times 68) + (0.55 \times 80) = 129 \text{ m}$$

VI-5- DISTANCE DE PERCEPTION :

Le temps nécessaire pour effectuer une manœuvre d'arrêt, une manœuvre de changement de file ou une manœuvre d'insertion est de 6 s.

On appelle distance de perception d_p , la somme de la distance d'arrêt d et la distance parcourue en $6s$.

$$d_p = d + \frac{6}{3.6} V_r \quad V_r \text{ est en Km/h}$$

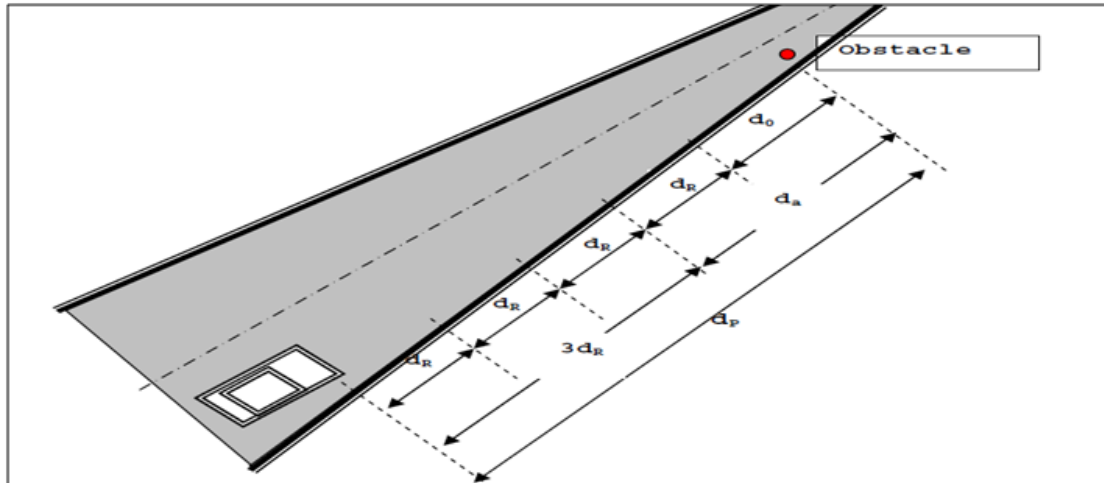


Figure VI.3 : Distance de perception.

VI-5-1- Application :

a- En alignement droit :

En palier: $d_p = 110 + (6/3,6) \times 80 = 243 \text{ m}$

En pente: $d_p = 116 + (6/3,6) \times 80 = 249 \text{ m}$

En rampe: $d_p = 89 + (6/3,6) \times 80 = 222 \text{ m}$

En pente: $d_p = 130 + (6/3,6) \times 80 = 263 \text{ m}$

En rampe: $d_p = 109 + (6/3,6) \times 80 = 242 \text{ m}$

En rampe: $d_p = 94 + (6/3,6) \times 80 = 227 \text{ m}$

En pente: $d_p = 112 + (6/3,6) \times 80 = 245 \text{ m}$

En pente: $d_p = 112 + (6/3,6) \times 80 = 245 \text{ m}$

b- En courbe :

En palier $i=0$: $d_p = 127 + (6/3,6) \times 80 = 260 \text{ m}$

En pente $i=-3,433$: $d_p = 134 + (6/3,6) \times 80 = 267 \text{ m}$

En rampe $i=18,153$: $d_p = 100 + (6/3,6) \times 80 = 233 \text{ m}$

En pente $i=-9,241$: $d_p = 152 + (6/3,6) \times 80 = 285 \text{ m}$

En rampe $i=0,368$: $d_p = 125 + (6/3,6) \times 80 = 258 \text{ m}$

En rampe $i=11,702$: $d_p = 107 + (6/3,6) \times 80 = 240 \text{ m}$

En pente $i=-1,494$: $d_p = 129 + (6/3,6) \times 80 = 262 \text{ m}$

En pente $i=-1,394$: $dp = 129 + (6/3,6) \times 80 = 262 \text{ m}$

| | dp: En alignement droit | dp: En courbe |
|---------------------------------|-------------------------|---------------|
| En palier : | 243 | 260 |
| En pente avec : $i= -3,433 \%$ | 249 | 267 |
| En Rampe avec : $i = 18,153\%$ | 222 | 233 |
| En pente avec : $i = -9,241 \%$ | 263 | 285 |
| En rampe avec : $i= 0,368 \%$ | 242 | 258 |
| En rampe avec: $i= 11,702 \%$ | 227 | 240 |
| En pente avec: $i= -1,494 \%$ | 245 | 262 |
| En pente avec: $i= -1,394 \%$ | 245 | 262 |

VI-6- ESPACEMENT ENTRE DEUX VEHICULES :

Supposons que deux véhicules circulent dans le même sens sur la même voie et la même vitesse. Et nous recherchons l'espacement entre les deux véhicules de telle façon que si le premier véhicule est obligé d'amorcer un freinage au maximum pour éviter un obstacle quelconque, cet espacement doit permettre au second véhicule de s'arrêter sans risque de collision.

La distance de freinage ne change pas et reste d_0 , mais par contre la distance parcourue pendant le temps de perception et de réaction du second véhicule un feu arrière de stop de premier véhicule.

L'espacement sera donc théoriquement :

$$d'_2 = d_2 + v \times t' + l$$

d_2 : distance parcourue pendant temps de perception et de réaction du premier véhicule

L : longueur moyenne d'un véhicule

En général, on prend $t' = 0.75 \text{ s}$

En pratique, on prend $t = 3 \text{ s}$

Distance de sécurité sera donc :

$$d'_2 = d_2 + v \times (t + t') + l \quad (t \text{ en s et } v \text{ en m/s})$$

Soit E l'espacement supplémentaire de sécurité :

$$E = v \times t' + l$$

Sachons que $V = \frac{v \text{ (km/h)}}{3.6}$ et $t' = 0.75 \text{ s}$ $\Rightarrow Es = \frac{V}{5} + 1$

Avec :

V : la vitesse en km/h

L : la longueur de véhicule on prend généralement 5m.

Pour plus de sécurité on est souvent amené à augmenter la distance « Es », en prenant un créneau temps de sécurité entre deux véhicules T_s égale à 1,2 secondes.

$$Es = 1,2.v \text{ ou } Es = \frac{V}{3}$$

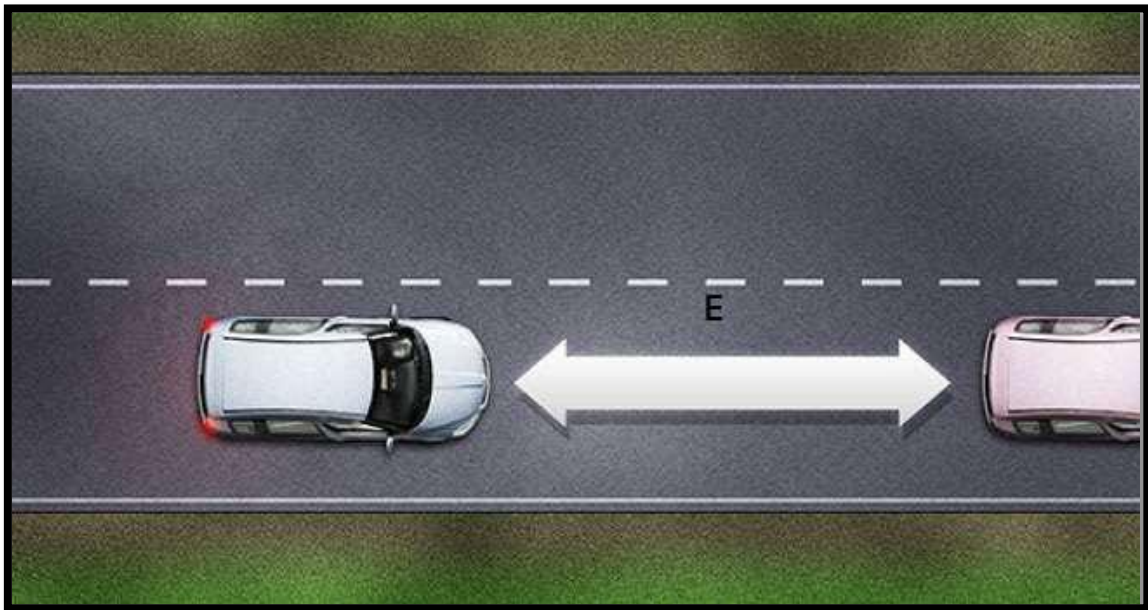


Figure VI.4 : L'espace entre deux véhicules.

Exemple : si deux véhicules se suivent à une vitesse de $V = 80 \text{ Km/h}$.La distance de sécurité sera

➤ **1^{er} Cas :** $Es = \frac{V}{5} + 1 = \frac{80}{5} + 5 = 21 \text{ m}$

➤ **2^{ème} Cas :** $Es = \frac{V}{3} = \frac{80}{3} = 26,67 \text{ m}$

VI-7- DISTANCE DE VISIBILITES DE DEPASSANT ET DE MANŒUVRE:

Cette dernière représente la distance nécessaire telle que si un véhicule rapide apparaît en sens inverse du véhicule effectuant le dépassement à l'instant où celui-ci amorce sa manœuvre il ne croise le véhicule inverse qu'après l'exécution de la manœuvre.

Le tableau suivant résume selon les normes B40 les distances de visibilité de la manœuvre et de dépassement et d'arrêt :

- **dvdm** : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement moyenne.
- **dvdn** : Distance de visibilité et de manœuvre de dépassement normale.
- **dmd** : Distance de visibilité de manœuvre et de dépassement.

Tableau VI.2 : les différentes distances selon les normes B40

| Vr(Km/h) | 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 B40, on tire les valeurs de **dvdm**, **dvdn** et **dmd** en fonction de la vitesse.

Application : $V_r = 80 \text{ Km/h}$

$$\mathbf{dvdm} = 320\text{m}$$

$$\mathbf{dvdn} = 480 \text{ m}$$

$$\mathbf{dmd} = 200\text{m}$$

Chapitre VII
Dimensionnement du
corps de chaussée

VII-1- INTRODUCTION :

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

Et aussi des gradients thermiques, pluie, neige, verglasetc. Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

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

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

Tout cela en fonction de paramètres très fondamentaux suivants :

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

VII-2- LA CHAUSSEE :

VII-2-1 Définition :

D'après l'exécution des terrassements, y'compris la forme ; la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate-forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet.

A la suite, la chaussée est appelée à :

- Supporter la circulation des véhicules de toute nature.
- reporter le poids sur le terrain de fondation.

Pour accomplir son devoir, c'est-à-dire assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière.

Au sens structurel, la chaussée est définie comme un ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic.

VII-2-2 Différents types de chaussées:

Du point de vue constructif les chaussées peuvent être groupées en trois grandes catégories :

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

VII-2-2-1- Chaussée souple :

Les chaussées souples constituées par des couches superposées des matériaux non susceptibles de résistance notable à la traction.

Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformable que les couches inférieures.

Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini.

En principe une chaussée peut avoir en ordre les 03 couches suivantes :

a)- Couche de roulement (surface) :

La couche de surface constituant la chape (couche de surface) de protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagés.

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.

La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides.

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

b)- Couche de base:

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic, elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

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

c)- Couche de fondation:

Complètement en matériaux non traités (en Algérie), elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic.

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

d)- Couche de forme:

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée.

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm.

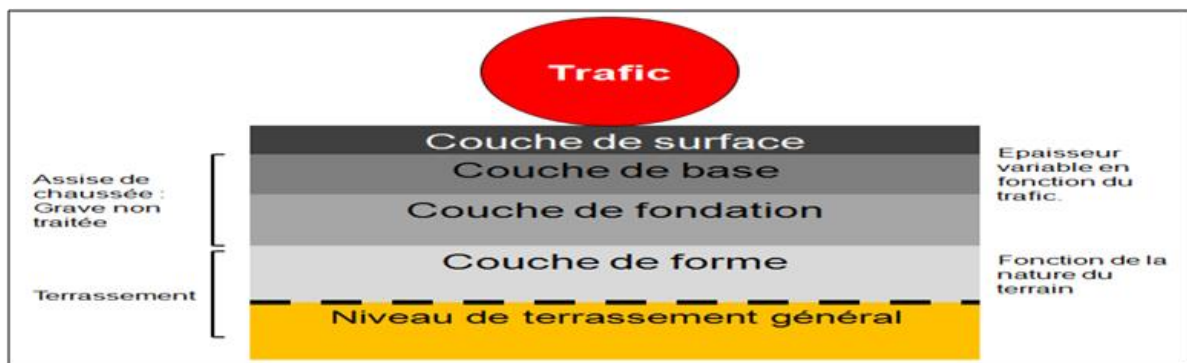


Figure VII.1 : Structure type d'une chaussée souple.

VIII-2-2-2- Chaussée semi-rigide :

On distingue :

- Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,...).
- La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 mm.
- Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.
- Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

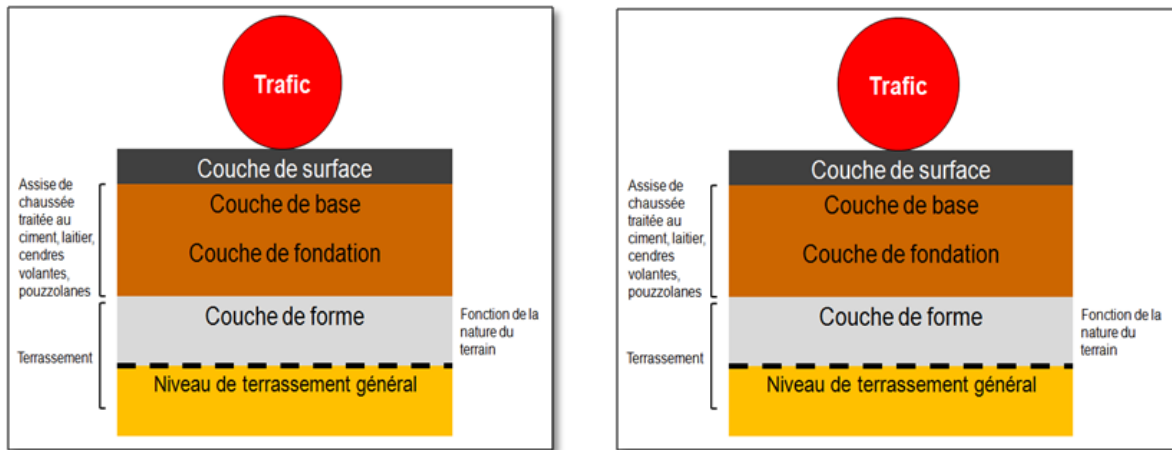


Figure VII.2 : Structure type d'une chaussée semi-rigide.

VII-2-2-3 - Chaussée rigide :

Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de la chaussée souple) qui, en fléchissant élastiquement sous les charges, transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisé mécaniquement : elle peut être traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.

Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie (sauf pour les chaussées aéronautiques).



Figure VII.3 : Structure type d'une chaussée rigide.

VII-3- LES DIFFERENTS FACTEURS A PRENDRE EN COMPTE POUR LE DIMENSIONNEMENT:

Le nombre des couches, leurs épaisseurs et les matériaux d'exécution, sont conditionnées par plusieurs facteurs parmi les plus importants sont :

VII-3-1 - Trafic :

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur a 3.5 tonnes) .il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée.

Il est apparu nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :

De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptages sur les voies existantes.

VII-3-2 - Environnement :

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations, ainsi :

La variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné, et aussi les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support. Donc, l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, propriétés des matériaux bitumineux et conditionne.

VII-3-3 - Le Sol Support :

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée» constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme.

Les plates formes sont définies à partir :

- De la nature et de l'état du sol ;
- De la nature et de l'épaisseur de la couche de forme.

Les sols support sont, en général, classés selon leur portance, elle même fonction de l'indice CBR.

Tableau VII. 1 : la portance de sol en fonction de l'indice de CBR.

| Portance | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|
| CBR | <3 | 3 à 6 | 6 à 10 | 10 à 20 |

Détermination de la classe du sol:

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante.

Après immersion de quatre jours, le classement sera fait en respectant les seuils suivants:

Tableau VII. 2 : Les classes de portance des sols.

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

VII-3-4 - Matériaux :

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds).

VII-4- METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

Nous avons deux grandes familles de méthodes :

- Celle qui utilise la structure de la chaussée à travers un modèle mécanique pour la détermination des contraintes et déformations, cette méthode est dite rationnelle.
- L'autre qui consiste à observer le comportement sous trafic des chaussées (réelles ou expérimentales) et d'en déduire les règles pratiques du dimensionnement, et c'est la méthode empirique.

Cette dernière contient elle-même les méthodes suivantes :

VII-4-1- Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):

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

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

$$e = \frac{100 + (\sqrt{P}) (75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{\text{CBR}} + 5}$$

Avec:

e: épaisseur équivalente

I: indice CBR (sol support)

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

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

Log: logarithme décimal

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e_{eq} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

a1× e1 : couche de roulement

a2× e2 : couche de base

a3× e3 : couche de fondation

Où: c1, c2, c3 : coefficients d'équivalence.

e1, e2, e3 : épaisseurs réelles des couches.

Coefficient d'équivalence :

Tableau VII.3: Coefficient d'équivalence.

| Matériaux utilisés | Coefficient d'équivalence |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Béton bitumineux ou enrobe dense | 2.0 |
| 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 | 0.5 à 0.75 |

VII-4-2- Méthode A.A.S.H.O (American Association of State Highway Officials):

Cette méthode empirique est basée sur des observations du comportement, sous trafic des chaussées réelles ou expérimentales.

Chaque section reçoit environ un million des charges roulantes qui permet de préciser les différents facteurs :

- L'état de la chaussée et l'évolution de son comportement dans le temps.
- L'équivalence entre les différentes couches de matériaux.
- L'équivalence entre les différents types de charge par essai.
- L'influence des charges et de leur répétition.

VII-4-3- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

Le dimensionnement par la méthode du catalogue de dimensionnement (méthode rationnelle) passe par la détermination des contraintes et déformations admissibles des matériaux sous l'effet du trafic considéré et la durée de vie escomptée.

Les sollicitations subies par les matériaux sous l'effet du trafic seront ensuite calculées et comparées aux sollicitations admissibles. Le développement de l'outil informatique a fait que les méthodes de dimensionnement rationnelles sont devenues plus accessibles. Avec la facilité de résolution des équations multiples à dérivées partielles, des logiciels comme Alizé.

C'est un logiciel qui modélise les structures multicouches et calcule les contraintes transversales et radiales ainsi que les déformations à travers les couches de chaussées. Pour cela, il faut :

- Le type de poids lourd et la charge standard.
- Le nombre de couches composant la chaussée, leur épaisseur et le mode de liaison entre ces différentes couches.
- Les caractéristiques pour chaque matériau composant la chaussée : le module de Young E et le coefficient de Poisson.

VII-5- APPLICATION AU PROJET :

VII-5- 1- Données de l'étude :

Chaussée unidirectionnelle à trois voies,

Le trafic à l'année 2020 : $TJMA_{2020} = 9193 \text{ v/j}$.

- ✚ Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4 \%$
- ✚ Le pourcentage moyen de poids lourds $Z = 14 \%$
- ✚ La durée de vie estimée de 20 ans
- ✚ ICBR = 15 (ce sol appartient à la classe (S2))

VII-5- 2- Répartition de trafic :

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

$$TPL_{2016} = TMJA\ 2020^* \% PL$$

$$TPL_{2016} = 9193 \times 0.14 = 1287\ V/j$$

- Calcul du trafic du VPL a l'année horizon :

$$TPL_{2036} = TPL_{2020} \times (1 + \tau)^{20}$$

$$TPL_{2036} = 1287 \times (1 + 0.04)^{20}$$

$$TPL_{2036} = 2820\ VPL/j$$

VII-5- 3- Calcul d'épaisseur:

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log \frac{2820}{10})}{10 + 5}$$

$$e = 40\ cm$$

VII-5- 4- Epaisseur équivalente :

$$e\ \text{équivalente} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3 + a_4 \times e_4$$

- e1: épaisseur réelle de la couche de surface.
- e2: épaisseur réelle de la couche de base.
- e3: épaisseur réelle de la couche de fondation
- e4: épaisseur réelle de la couche d'assise (support)

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche :

- ✓ Couche de roulement en béton bitumineux à module élevé (BB) : $a_1 \times e_1 = 2 \times 6 = 12\ cm$
- ✓ Couche de base en Grave bitumineux (GB) : $a_2 \times e_2 = 8 \times 1,7 = 13,6$
- ✓ Couche de fondation en TUF: $a_3 \times e_3 = 26 \times 0,6 = 15,6\ cm$

Après la vérification, la structure proposée est comme suit :

Tableau VII.4: épaisseurs du corps de chaussée

| Les couches | Matériaux utilisés | Epaisseur réelle (cm) | Epaisseur équivalente (cm) |
|----------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------------|
| Couche de roulement | BB | 6 | 12 |
| Couche de base | GB | 8 | 13,6 |
| Couche de fondation | TUF | 26 | 15,6 |
| | Somme | 40 | 41,2 |

Notre structure comporte : **6 BB + 8 GB + + 26 TUF**

La figure suivante récapitule les résultats de la méthode CBR que nous avons utilisée :

| | |
|----------------------------|---------------|
| Couche de roulement | 6 BB |
| Couche de roulement | 8 GB |
| Couche de fondation | 26 TUF |

Figure VII.4 : La structure de chaussée.

Chapitre VIII
Profile En Travers

VIII-1- DEFINITION:

Le profil en travers d'une chaussée est une coupe perpendiculaire à l'axe de la route de l'ensemble des points définissant sa surface sur un plan vertical.

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 » 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...).

VIII-2- TYPES DE PROFIL EN TRAVERS:

Dans une étude d'un projet de route l'ingénieur doit dessiner deux types de profil en travers :

VIII-2-1- profil en travers type :

Il contient tous les éléments constructifs de la future route dans toutes les situations (en remblai, en déblai, en alignement et en courbe).

VIII-2-2- profil en travers courants :

Se sont des profils dessinés à des distances régulières qui dépendent du terrain naturel (Accidenté ou plat).

VIII-3- Les éléments de composition du profil en travers:

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

a) - La chaussée :

C'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent normalement les véhicules. La route peut être à chaussée unique ou à chaussée séparée par un terre-plein central.

b) - La largeur roulable:

Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt. Sur largeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

c) - La plate forme :

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

d) - Assiette :

Surface de terrain réellement occupé par la route, ses limites sont les pieds de talus en remblai et crête de talus en déblai.

e) - L'emprise :

C'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances elle coïncidant généralement avec le domaine public.

f) - Les accotements :

Les accotements sont les zones latérales de la plate forme qui bordent extérieurement la chaussée, ils peuvent être dérasés ou surélevés.

Ils comportent généralement les éléments suivants :

- Une bande de guidage.
- Une bande d'arrêt.
- Une berme extérieure.

g) - Le terre-plein central :

Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend : Les sur largeurs de chaussée (bande de guidage). Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

h) - Le fossé :

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

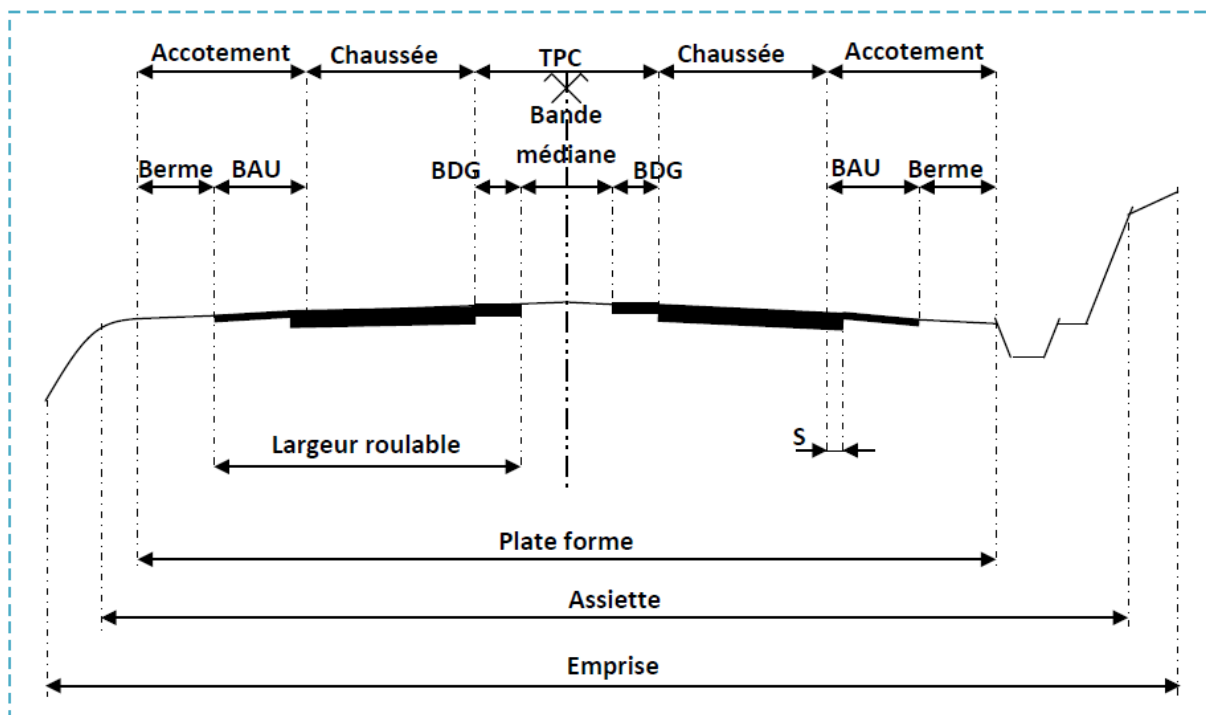


Figure VIII.1: Les éléments constitutifs du profil en travers.

VIII-4- Application au projet :

Après l'étude du trafic, le profil en travers type retenu pour notre route sera composé de Deux Chaussée unidirectionnelle à trois voies.

- Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- ✚ Chaussée : $7 \times 2 = 14$ m
- ✚ Terre-plein central : 3 m
- ✚ BAU : $1 \times 2 = 2$ m
- ✚ Accotement : $1.5 \times 2 = 3$ m.
- ✚ Plate-forme : 22 m.

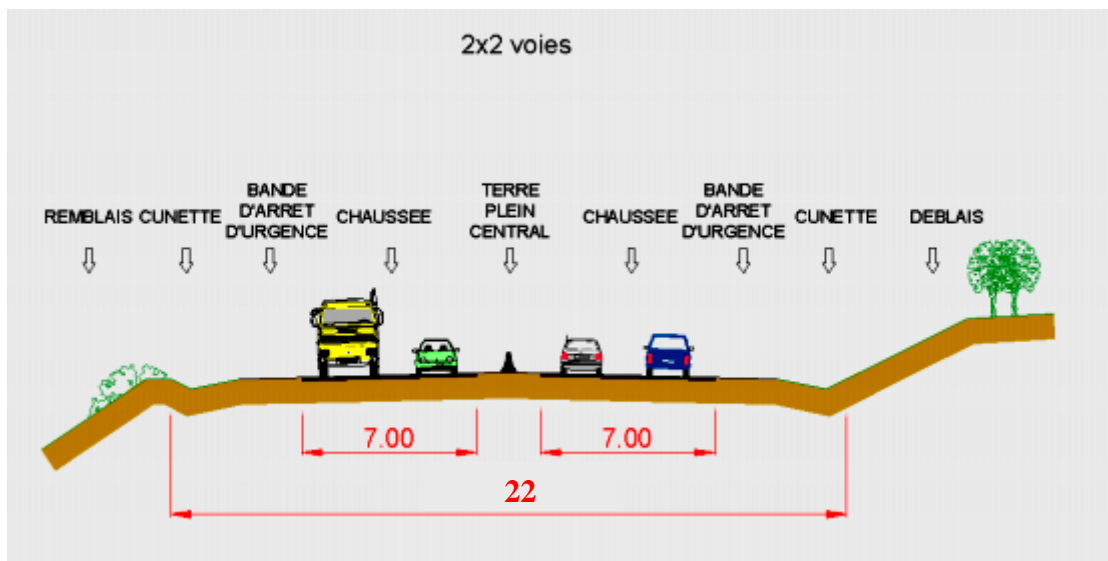


Figure VIII.2: Le profil en travers.

Fossés bétonnés sur toute la longueur. La figure suivante montre le fossé avec les dimensions:

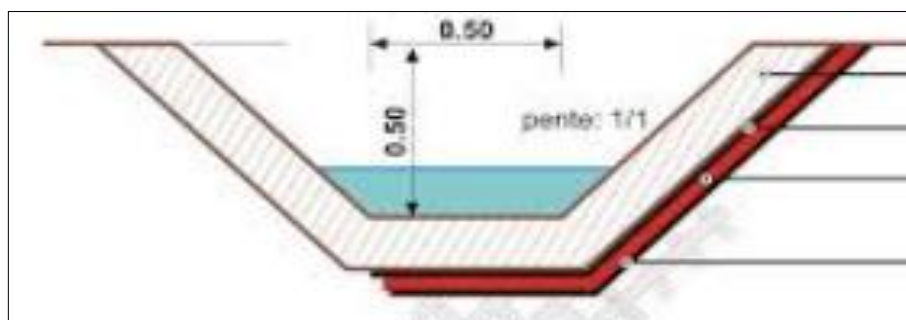


Figure VIII.3 : Dimensions du fossé.

Chapitre IX
Cubatures Et Mouvements
Des Terres

IX-1- INTRODUCTION:

Les cubatures de terrassement, c'est l'évolution des cubes de déblais que comporte le projet afin d'obtenir une surface uniforme et parallèlement sous adjacente à la ligne projet Les éléments qui permettent cette évolution sont :

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

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

IX-2- CUBATURES TERRASSEMENTS :

On entend par cubature le calcul des volumes déblais remblais à déplacer pour respecter les profils en long et travers fixés auparavant et d'établir ainsi le mètre des travaux.

Comme notre est réutilisable, on cherche un équilibre entre les volumes déblais remblais. Le calcul exact est pratiquement impossible vu l'irrégularité des surfaces.

IX-3- Méthode utilisée :

Pour calculer un volume, il y a plusieurs méthodes parmi lesquelles il y a celle de la moyenne des aires que nous utilisons et qui est une méthode très simple mais elle présente un inconvénient c'est de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par le coefficient de 10 % et ceci dans le but d'être en sécurité.

IX-3-1- Description de la Méthode:

En utilisant la formule qui calcul le volume compris entre deux profils successifs

Où h , S_1 , S_2 et S_0 désignant respectivement :

- Hauteur entre deux profils.
- Hauteur des deux profils.

Surface limitée à mi-distances des profils ; ici à la figure ci-dessous on adopte pour des profils en long d'un tracé donnés.

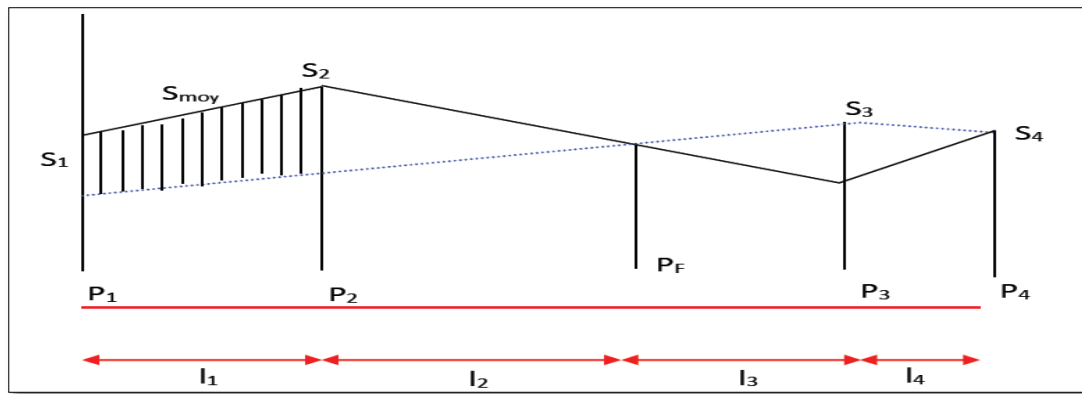


Figure IX.1: Schéma représentant la surface entre profil.

Le volume compris entre les deux profils en travers P1 et P2 de section S1 et S2 sera

$$\text{égale à : } V = \frac{L_1}{6} \times (S_1 + S_2 + 4S_{\text{moy}})$$

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant comme très

voisines les deux expressions **Smoy** et $\frac{S_1 + S_2}{2}$

$$\text{Ceci donne : } V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$$

Donc les volumes seront :

$$\text{❖ Entre P1 et P2} \quad V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$$

$$\text{❖ Entre P2 et PF} \quad V_2 = \frac{l_2}{2} \times (S_2 + 0)$$

$$\text{❖ Entre PF et P3} \quad V_3 = \frac{l_3}{2} \times (0 + S_3)$$

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

$$V = \frac{l_1}{2} S_1 + \frac{l_1 + l_2}{2} S_2 + \frac{l_2 + l_3}{2} 0 + \frac{l_3 + l_4}{2} S_3 + \frac{l_4}{2} S_4$$

On voit l'utilité de placer les profils PF puisqu'ils neutralisent en quelque sorte une certaine longueur du profil en long, en y produisant un volume nul.

IX-4- MOUVEMENT DES TERRES :

IX-4-1- Métré de terrassement :

C'est une méthode quantitative qui consiste à évaluer les cubes du déblai et du remblai existant dans un projet, l'opération qui consiste à transporter les terres de déblais ou d'emprunt en remblai ou en dépôt dite mouvement des terres.

A cette opération deux facteurs interviennent :

- Les cubes des terres à transporter.
- Distance de transport.

A cet effet, on cherche toujours la distance minimale de transport :

- En évacuant l'excès de déblai aux dépôts les plus proches.
- En ramenant les terres des emprunts les plus proche.

IX-4-2- Foisonnement :

On appelle la propriété que présente les sols d'augmenter le volume lorsqu'on les manipule, il se produit à ce moment par suite de la décompression de matériaux de vides partiels, entre les particules plus ou moins grosses et les cailloux.

Lorsqu'on remet en place les sols remaniés, ils ne représentent pas le volume qu'ils occupaient précédemment dans la majorité des cas.

Le foisonnement des matériaux est très variable. Suivant la nature du sol, on a pris le coefficient de foisonnement pour les terres qui seront transportées égale à 20%.

IX-4-3- Moment de transport :

C'est le produit du volume transporté par la distance de transport $M = v \times d$

Avec :

v : volume transporté

d : distance de transport

Le but de l'étude des mouvements des terres est de trouver la distance moyenne minimale de transport pour minimiser le prix de ce dernier.

IX-4-4- Distance moyenne de transport :

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n v_i \cdot d_i}{\sum_{i=1}^n v_i}$$

IX-4-5- Epure de LALANNE :

Elle consiste à rechercher les transports des terres des plus économiques entre les déblais réutilisables, les dépôts, le remblai et les emprunts.

Dans le cas de profil mixtes (remblai et déblai), on ne prendra en compte que la cube de terre restant après compensation dans les profils.

Le but de l'épure consiste à obtenir la somme minimum des moments de transports qui dépend de la ligne horizontale dite de répartition choisie.

IX-4-6- Principe de l'épure de LALANNE :

Il s'agit maintenant de déterminer le détail des transports des terres d'un profil à un autre et d'un ou plusieurs lieux d'emprunts à des profils ou depuis des profils vers des emprunts dans le cas d'un excès de remblai.

C'est pour cela qu'on établit l'épure de LALANNE.

IX-4-7- Etablissement de l'épure de LALANNE :

L'épure de LALANNE est un moyen de représentation graphique des terrassements effectués, et s'établit de la façon suivante :

- On représente les volumes par des lignes verticales dont la longueur est proportionnelle aux cubes représentés
- On trace une ligne horizontale initiale appelé ligne des terres sur laquelle on porte l'échelle choisie l'emplacement des profils en travers.
- On porte les déblais de bas en haut et les remblais de haut en bas sautant d'un profil à un autre par un échelon horizontal en cumulant les cubes à chaque profil et comptant les déblais comme positif et les remblais comme négatif.

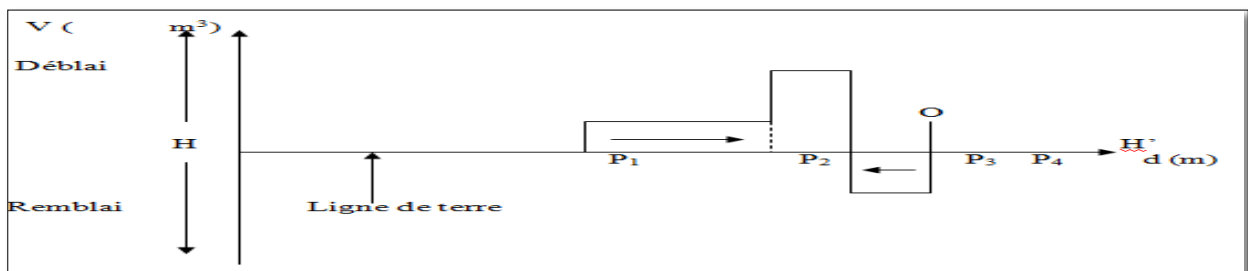


Figure IX.2 :L'épure de LALANNE.

IX-4-8- Ligne de répartition des sens de transport:

On cherche à partager cette épure dans sa hauteur par une ligne horizontale qui pourra être différente ou non de l'horizontal (H, H'), et qui suivra la ligne de répartition, (LR) de la direction des transports ; ce ci devra se faire de gauche à droite pour les volumes situés au-dessus de cette ligne et de droite à gauche pour les volumes situés au-dessous de cette ligne.

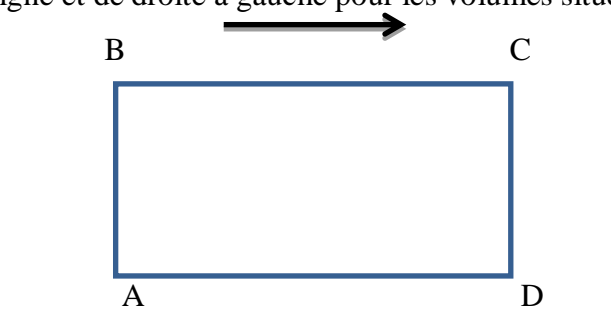


Figure IX.3 : Sens de transport.

La flèche indique qu'il conviendra de transporter le déblai AB pour combler le remblai CD, situé à la distance AD, le rectangle ABCD a pour surface le produit AB par la distance AD ; cette sur face est appelée moment de transport.

IX-5- Calculs des cubatures :

Le tableau ci-après représente le calcul des cubatures détaillées :

Tableau IX.1: cubatures détaillées

| Profil n° | Abscisse | Longueur d'application | Déblais (dans l'emprise de la ligne Projet) | | | | | Remblais (dans l'emprise de la ligne Projet) | | | | |
|-----------|----------|------------------------|---|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|--|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------------|
| | | | Surf. G (m ²) | Surf. D (m ²) | Surf. Tot (m ²) | Volume (m ³) | Cumul Vol. (m ³) | Surf. G (m ²) | Surf. D (m ²) | Surf. Tot (m ²) | Volume (m ³) | Cumul Vol. (m ³) |
| P1 | 0,000 | 12,500 | 0,02 | 38,39 | 38,41 | 480,150 | 480,150 | 18,52 | 0,00 | 18,52 | 231,560 | 231,560 |
| P2 | 25,000 | 25,000 | 0,43 | 36,49 | 36,92 | 923,032 | 1403,182 | 13,48 | 0,00 | 13,48 | 336,957 | 568,516 |
| P3 | 50,000 | 25,000 | 0,00 | 40,00 | 40,00 | 1000,047 | 2403,229 | 11,96 | 0,00 | 11,96 | 299,015 | 867,531 |
| P4 | 75,000 | 25,000 | 0,71 | 32,12 | 32,84 | 820,957 | 3224,186 | 6,49 | 0,00 | 6,49 | 162,341 | 1029,872 |
| P5 | 100,000 | 25,000 | 0,00 | 17,92 | 17,92 | 448,105 | 3672,291 | 13,69 | 0,78 | 14,47 | 361,742 | 1391,614 |
| P6 | 125,000 | 25,000 | 0,00 | 16,14 | 16,14 | 403,563 | 4075,853 | 15,01 | 0,49 | 15,50 | 387,597 | 1779,211 |
| P7 | 150,000 | 25,000 | 0,54 | 44,57 | 45,10 | 1127,609 | 5203,463 | 17,70 | 0,00 | 17,70 | 442,416 | 2221,627 |
| P8 | 175,000 | 25,000 | 0,78 | 44,92 | 45,70 | 1142,573 | 6346,036 | 16,39 | 0,00 | 16,39 | 409,700 | 2631,327 |
| P9 | 200,000 | 25,000 | 0,38 | 27,66 | 28,04 | 701,074 | 7047,110 | 24,96 | 0,00 | 24,96 | 624,072 | 3255,399 |
| P10 | 225,000 | 25,000 | 0,00 | 31,62 | 31,62 | 790,497 | 7837,607 | 33,59 | 0,02 | 33,60 | 840,061 | 4095,459 |
| P11 | 250,000 | 25,000 | 0,02 | 31,74 | 31,76 | 794,099 | 8631,706 | 18,35 | 0,02 | 18,37 | 459,337 | 4554,797 |
| P12 | 275,000 | 25,000 | 0,00 | 27,98 | 27,98 | 699,586 | 9331,292 | 18,51 | 0,20 | 18,71 | 467,731 | 5022,528 |
| P13 | 300,000 | 25,000 | 0,02 | 27,82 | 27,84 | 696,047 | 10027,339 | 16,57 | 0,05 | 16,63 | 415,626 | 5438,154 |
| P14 | 325,000 | 25,000 | 0,09 | 30,22 | 30,31 | 757,787 | 10785,126 | 11,80 | 0,00 | 11,80 | 295,007 | 5733,161 |
| P15 | 350,000 | 25,000 | 4,13 | 32,19 | 36,32 | 908,033 | 11693,159 | 0,77 | 0,00 | 0,77 | 19,260 | 5752,422 |
| P16 | 375,000 | 25,000 | 6,96 | 32,62 | 39,58 | 989,614 | 12682,773 | 4,50 | 0,00 | 4,50 | 112,442 | 5864,863 |
| P17 | 400,000 | 25,000 | 0,03 | 27,72 | 27,76 | 693,956 | 13376,730 | 14,24 | 0,02 | 14,26 | 356,456 | 6221,319 |
| P18 | 425,000 | 25,000 | 4,03 | 27,26 | 31,29 | 782,273 | 14159,002 | 1,44 | 0,00 | 1,44 | 35,958 | 6257,277 |
| P19 | 450,000 | 25,000 | 0,25 | 17,35 | 17,60 | 440,061 | 14599,063 | 2,59 | 0,10 | 2,69 | 67,217 | 6324,495 |
| P20 | 475,000 | 25,000 | 0,39 | 24,16 | 24,56 | 613,926 | 15212,990 | 5,84 | 0,00 | 5,84 | 146,068 | 6470,563 |
| P21 | 500,000 | 25,000 | 0,75 | 26,39 | 27,15 | 678,635 | 15891,625 | 11,12 | 0,00 | 11,12 | 278,088 | 6748,650 |
| P22 | 525,000 | 25,000 | 3,36 | 31,17 | 34,53 | 863,206 | 16754,830 | 3,39 | 0,00 | 3,39 | 84,662 | 6833,313 |
| P23 | 550,000 | 25,000 | 0,92 | 30,72 | 31,63 | 790,752 | 17545,582 | 7,97 | 0,00 | 7,97 | 199,319 | 7032,632 |
| P24 | 575,000 | 25,000 | 4,05 | 42,31 | 46,36 | 1159,019 | 18704,602 | 4,16 | 0,00 | 4,16 | 104,123 | 7136,755 |
| P25 | 600,000 | 25,000 | 8,90 | 62,97 | 71,87 | 1796,627 | 20501,229 | 4,97 | 0,00 | 4,97 | 124,374 | 7261,129 |
| P26 | 625,000 | 25,000 | 5,24 | 55,54 | 60,78 | 1519,469 | 22020,698 | 9,09 | 0,00 | 9,09 | 227,302 | 7488,431 |
| P27 | 650,000 | 25,000 | 1,72 | 42,23 | 43,96 | 1098,892 | 23119,589 | 12,39 | 0,00 | 12,39 | 309,859 | 7798,290 |
| P28 | 675,000 | 25,000 | 0,01 | 28,71 | 28,72 | 718,088 | 23837,677 | 18,89 | 0,04 | 18,92 | 473,066 | 8271,356 |
| P29 | 700,000 | 21,141 | 0,00 | 23,66 | 23,66 | 500,284 | 24337,962 | 23,43 | 0,53 | 23,96 | 506,596 | 8777,952 |
| P30 | 717,282 | 12,500 | 0,05 | 27,20 | 27,25 | 340,585 | 24678,547 | 17,16 | 0,01 | 17,17 | 214,664 | 8992,616 |
| P31 | 725,000 | 16,359 | 0,43 | 27,41 | 27,84 | 455,368 | 25133,915 | 13,72 | 0,00 | 13,72 | 224,432 | 9217,047 |
| P32 | 750,000 | 25,000 | 7,38 | 25,01 | 32,39 | 809,726 | 25943,641 | 3,97 | 0,00 | 3,97 | 99,308 | 9316,355 |
| P33 | 775,000 | 25,000 | 18,23 | 25,85 | 44,08 | 1101,912 | 27045,553 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P34 | 800,000 | 25,000 | 26,38 | 25,96 | 52,34 | 1308,544 | 28354,097 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P35 | 825,000 | 25,000 | 28,15 | 26,75 | 54,89 | 1372,278 | 29726,375 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P36 | 850,000 | 25,000 | 29,16 | 27,68 | 56,84 | 1420,938 | 31147,313 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P37 | 875,000 | 25,000 | 29,70 | 28,37 | 58,07 | 1451,766 | 32599,079 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P38 | 900,000 | 25,000 | 29,56 | 28,73 | 58,29 | 1457,208 | 34056,287 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P39 | 925,000 | 25,000 | 28,39 | 29,02 | 57,41 | 1435,349 | 35491,636 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-----|----------|--------|-------|-------|-------|----------|-----------|-------|-------|-------|--------------|-----------|
| P40 | 950,000 | 25,000 | 27,25 | 29,43 | 56,67 | 1416,874 | 36908,510 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P41 | 975,000 | 25,000 | 26,65 | 29,61 | 56,26 | 1406,473 | 38314,983 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P42 | 1000,000 | 25,000 | 22,05 | 24,87 | 46,91 | 1172,843 | 39487,826 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P43 | 1025,000 | 25,000 | 19,52 | 20,80 | 40,32 | 1008,046 | 40495,872 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P44 | 1050,000 | 16,108 | 16,38 | 17,27 | 33,65 | 542,005 | 41037,877 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P45 | 1057,215 | 12,500 | 15,97 | 16,05 | 32,02 | 400,249 | 41438,126 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P46 | 1075,000 | 21,392 | 12,52 | 16,57 | 29,09 | 622,342 | 42060,468 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P47 | 1100,000 | 25,000 | 9,03 | 11,68 | 20,72 | 517,908 | 42578,376 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 9316,355 |
| P48 | 1125,000 | 25,000 | 4,84 | 10,06 | 14,89 | 372,328 | 42950,704 | 0,08 | 0,02 | 0,10 | 2,404 | 9318,758 |
| P49 | 1150,000 | 25,000 | 4,52 | 8,41 | 12,92 | 323,029 | 43273,733 | 0,19 | 0,16 | 0,34 | 8,573 | 9327,331 |
| P50 | 1175,000 | 25,000 | 3,98 | 7,58 | 11,56 | 289,062 | 43562,795 | 0,26 | 0,22 | 0,48 | 11,966 | 9339,297 |
| P51 | 1200,000 | 25,000 | 2,45 | 4,19 | 6,65 | 166,161 | 43728,956 | 0,50 | 0,48 | 0,98 | 24,589 | 9363,886 |
| P52 | 1225,000 | 25,000 | 0,00 | 0,95 | 0,95 | 23,707 | 43752,663 | 3,82 | 1,32 | 5,14 | 128,533 | 9492,419 |
| P53 | 1250,000 | 25,000 | 0,00 | 0,42 | 0,42 | 10,429 | 43763,092 | 5,65 | 2,19 | 7,84 | 195,971 | 9688,391 |
| P54 | 1275,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43763,092 | 7,12 | 5,65 | 12,76 | 319,116 | 10007,506 |
| P55 | 1300,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43763,092 | 6,13 | 4,06 | 10,20 | 254,921 | 10262,428 |
| P56 | 1325,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43763,092 | 9,19 | 6,30 | 15,49 | 387,141 | 10649,568 |
| P57 | 1350,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43763,092 | 5,18 | 4,74 | 9,93 | 248,157 | 10897,725 |
| P58 | 1375,000 | 17,138 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43763,092 | 2,83 | 4,59 | 7,42 | 127,179 | 11024,904 |
| P59 | 1384,276 | 12,500 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43763,092 | 4,22 | 6,32 | 10,53 | 131,678 | 11156,582 |
| P60 | 1400,000 | 20,362 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43763,092 | 5,87 | 6,30 | 12,17 | 247,838 | 11404,420 |
| P61 | 1425,000 | 25,000 | 1,11 | 0,00 | 1,11 | 27,635 | 43790,727 | 1,08 | 2,52 | 3,60 | 89,980 | 11494,400 |
| P62 | 1450,000 | 25,000 | 0,04 | 0,37 | 0,41 | 10,229 | 43800,956 | 1,07 | 1,17 | 2,24 | 56,017 | 11550,417 |
| P63 | 1475,000 | 25,000 | 0,00 | 0,32 | 0,32 | 8,109 | 43809,065 | 4,79 | 1,98 | 6,76 | 169,074 | 11719,491 |
| P64 | 1500,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43809,065 | 3,87 | 2,01 | 5,88 | 147,068 | 11866,559 |
| P65 | 1525,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43809,065 | 4,41 | 3,58 | 7,99 | 199,836 | 12066,395 |
| P66 | 1550,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 43809,065 | 3,43 | 3,27 | 6,70 | 167,505 | 12233,899 |
| P67 | 1575,000 | 25,000 | 0,16 | 0,46 | 0,62 | 15,525 | 43824,590 | 0,93 | 0,97 | 1,90 | 47,415 | 12281,314 |
| P68 | 1600,000 | 25,000 | 1,82 | 2,18 | 4,00 | 100,029 | 43924,620 | 0,63 | 0,63 | 1,26 | 31,521 | 12312,835 |
| P69 | 1625,000 | 25,000 | 4,59 | 5,43 | 10,02 | 250,592 | 44175,212 | 0,23 | 0,21 | 0,44 | 11,047 | 12323,882 |
| P70 | 1650,000 | 25,000 | 0,33 | 2,84 | 3,17 | 79,234 | 44254,446 | 0,66 | 0,63 | 1,30 | 32,437 | 12356,319 |
| P71 | 1675,000 | 25,000 | 1,62 | 2,68 | 4,30 | 107,426 | 44361,872 | 0,61 | 0,60 | 1,20 | 30,066 | 12386,385 |
| P72 | 1700,000 | 25,000 | 0,38 | 2,60 | 2,98 | 74,434 | 44436,305 | 0,69 | 0,66 | 1,35 | 33,758 | 12420,142 |
| P73 | 1725,000 | 25,000 | 0,00 | 0,02 | 0,02 | 0,402 | 44436,707 | 4,46 | 2,65 | 7,11 | 177,805 | 12597,947 |
| P74 | 1750,000 | 25,000 | 0,00 | 0,14 | 0,14 | 3,460 | 44440,167 | 3,03 | 1,47 | 4,50 | 112,506 | 12710,454 |
| P75 | 1775,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 7,68 | 4,61 | 12,29 | 307,258 | 13017,712 |
| P76 | 1800,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 11,29 | 8,85 | 20,14 | 503,464 | 13521,175 |
| P77 | 1825,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 14,49 | 10,47 | 24,96 | 623,958 | 14145,133 |
| P78 | 1850,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 16,07 | 11,20 | 27,27 | 681,858 | 14826,991 |
| P79 | 1875,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 16,07 | 14,00 | 30,07 | 751,871 | 15578,862 |
| P80 | 1900,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 18,49 | 17,91 | 36,40 | 910,075 | 16488,938 |
| P81 | 1925,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 19,82 | 19,95 | 39,78 | 994,416 | 17483,354 |
| P82 | 1950,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 20,24 | 20,70 | 40,94 | 1023,55 3 | 18506,907 |
| P83 | 1975,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 21,49 | 21,90 | 43,39 | 1084,71 4 | 19591,621 |
| P84 | 2000,000 | 20,715 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 22,79 | 22,52 | 45,30 | 938,432 | 20530,053 |
| P85 | 2016,430 | 12,500 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 23,22 | 21,60 | 44,82 | 560,243 | 21090,296 |
| P86 | 2025,000 | 16,785 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 24,42 | 22,25 | 46,67 | 783,307 | 21873,603 |
| P87 | 2050,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 29,77 | 27,03 | 56,80 | 1420,12 4 | 23293,727 |
| P88 | 2075,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 30,31 | 27,86 | 58,17 | 1454,30 7 | 24748,034 |
| P89 | 2100,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 30,43 | 27,74 | 58,17 | 1454,33 2 | 26202,366 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------|----------|--------|------|------|-------|---------|-----------|-------|-------|-------|--------------|-----------|
| P90 | 2125,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 30,02 | 26,97 | 56,99 | 1424,74 1 | 27627,107 |
| P91 | 2150,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 29,12 | 26,38 | 55,50 | 1387,43 3 | 29014,540 |
| P92 | 2175,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 28,83 | 25,91 | 54,73 | 1368,35 2 | 30382,892 |
| P93 | 2200,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 28,85 | 27,28 | 56,13 | 1403,32 4 | 31786,216 |
| P94 | 2225,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 26,90 | 25,48 | 52,38 | 1309,43 5 | 33095,651 |
| P95 | 2250,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 26,48 | 24,60 | 51,09 | 1277,19 6 | 34372,848 |
| P96 | 2275,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 23,79 | 22,21 | 46,00 | 1149,92 9 | 35522,777 |
| P97 | 2300,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 16,90 | 17,37 | 34,27 | 856,796 | 36379,573 |
| P98 | 2325,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 14,73 | 14,86 | 29,59 | 739,773 | 37119,346 |
| P99 | 2350,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 8,85 | 11,41 | 20,26 | 506,478 | 37625,825 |
| P100 | 2375,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 10,04 | 10,16 | 20,20 | 505,069 | 38130,894 |
| P101 | 2400,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 9,27 | 8,23 | 17,50 | 437,515 | 38568,409 |
| P102 | 2425,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 13,60 | 12,74 | 26,34 | 658,510 | 39226,919 |
| P103 | 2450,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 16,96 | 15,93 | 32,89 | 822,256 | 40049,175 |
| P104 | 2475,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 17,90 | 16,77 | 34,67 | 866,800 | 40915,975 |
| P105 | 2500,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 19,16 | 17,57 | 36,73 | 918,139 | 41834,113 |
| P106 | 2525,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 20,45 | 18,67 | 39,12 | 977,980 | 42812,093 |
| P107 | 2550,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 21,73 | 20,34 | 42,07 | 1051,82 1 | 43863,914 |
| P108 | 2575,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 20,62 | 18,79 | 39,42 | 985,431 | 44849,345 |
| P109 | 2600,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 19,57 | 17,25 | 36,82 | 920,579 | 45769,925 |
| P110 | 2625,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 18,89 | 16,23 | 35,12 | 878,007 | 46647,932 |
| P111 | 2650,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 17,05 | 16,03 | 33,08 | 826,986 | 47474,917 |
| P112 | 2675,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 15,85 | 13,88 | 29,73 | 743,192 | 48218,110 |
| P113 | 2700,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 14,22 | 12,11 | 26,33 | 658,249 | 48876,358 |
| P114 | 2725,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 12,86 | 11,24 | 24,10 | 602,534 | 49478,892 |
| P115 | 2750,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 10,26 | 8,19 | 18,45 | 461,361 | 49940,253 |
| P116 | 2775,000 | 25,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,000 | 44440,167 | 8,07 | 4,57 | 12,64 | 316,103 | 50256,356 |
| P117 | 2800,000 | 25,000 | 0,00 | 0,12 | 0,12 | 2,913 | 44443,080 | 3,80 | 1,95 | 5,76 | 143,928 | 50400,284 |
| P118 | 2825,000 | 25,000 | 2,14 | 4,25 | 6,40 | 159,915 | 44602,995 | 0,52 | 0,50 | 1,01 | 25,314 | 50425,598 |
| P119 | 2850,000 | 25,000 | 5,52 | 8,42 | 13,94 | 348,601 | 44951,596 | 0,12 | 0,10 | 0,22 | 5,478 | 50431,076 |
| P120 | 2875,000 | 25,000 | 6,44 | 7,82 | 14,26 | 356,405 | 45308,001 | 0,05 | 0,05 | 0,10 | 2,519 | 50433,594 |
| P121 | 2900,000 | 25,000 | 6,69 | 7,40 | 14,09 | 352,231 | 45660,232 | 0,07 | 0,06 | 0,14 | 3,380 | 50436,974 |
| P122 | 2925,000 | 21,048 | 5,80 | 7,47 | 13,27 | 279,292 | 45939,523 | 0,17 | 0,15 | 0,32 | 6,807 | 50443,781 |
| P123 | 2942,095 | 8,548 | 7,40 | 8,45 | 15,85 | 135,476 | 46075,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,042 | 50443,823 |

Volume de déblai total : 46075,000 m³

Volume de remblai : 50443,823 m³

Excès de déblai : 4368,823 m³

Chapitre X

Signalisation Routière

X -1- INTRODUCTION :

La signalisation routière désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier et destinés à assurer la sécurité des usagers de la route, soit en les informant des dangers et des prescriptions relatifs à la circulation ainsi que des éléments utiles à la prise de décisions, soit en leur indiquant les repères et équipements utiles à leurs déplacements. Elle comprend deux grands ensembles :

La signalisation routière verticale, qui comprend les panneaux, et la signalisation routière horizontale, constituée des marquages.

X-2- L'OBJECTIF DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :

La signalisation routière a pour objet :

- De rendre plus sûre la circulation routière.
- De faciliter cette circulation.
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police.
- De donner des informations relatives à l'usage de la route.

XI-3- REGLES A 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 entre la signalisation verticale et horizontale.
- Eviter la publicité irrégulière.
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

X-4- TYPES DE SIGNALISATIONS :

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

a- Signalisation Verticale :

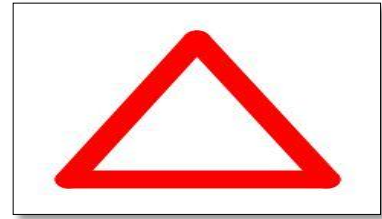
Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

- Signalisation avancée.
- Signalisation de position.
- Signalisation de direction.

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

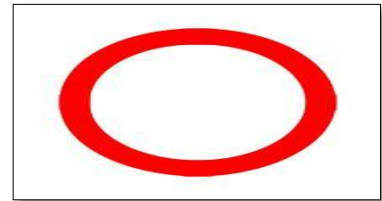
❖ **Signaux de danger :**

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

❖ **Signaux comportant une prescription absolue :**

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

❖ **Signaux à simple indication :**

Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :

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

❖ **Signaux de position des dangers :**

Toujours implantés en pré signalisation, ils sont un emploi peu fréquent en milieu urbain.

b- Signalisation Horizontale :

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation. Elle se divise en trois types :

✚ **Marquage longitudinal :**• **Lignes continue :**

Les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs auxquels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue éventuellement complétée par des flèches de rabattement.

• **Lignes discontinue :**

Les lignes discontinues sont destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir, elles se différencient par leur module, qui est le rapport de la longueur des traits sur celle de leur intervalle.

Lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour lesquelles la longueur des traits est environ égale ou tiers de leur intervalles.

Lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour les quelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalles.

Ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont la largeur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

• **Modulation des lignes discontinues :**

Elles sont basées sur une longueur parodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

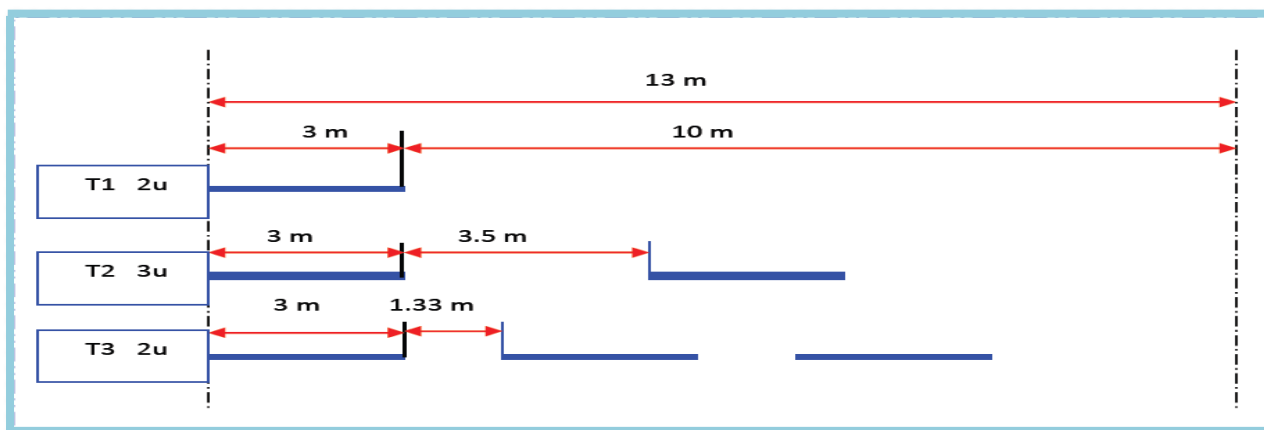


Figure XI.1 : Types de modulation.

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

Tableau. X.1 : Caractéristiques des lignes discontinues.

| Type de modulation | Longueur du trait (m) | Intervalle entre trait (m) | Rapport Plein/ vide |
|--------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------|
| T1 | 3.00 | 10.00 | ~ 1/3 |
| T2 | 3.00 | 3.5 | ~1 |
| T3 | 3.00 | 1.33 | ~3 |

✚ **Marquage transversal :**

• **Lignes transversales continue :**

Éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

• **Lignes transversales discontinue :**

Éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

➤ **Autre mmarquage :**

- **Flèche de rabattement :** Une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.
- **Flèches de sélection :** Flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.



Figure X.2 : Flèche de signalisation.

X -5- CARACTERISTIQUES GENERALES DES MARQUES :

- Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'orange pour les marques provisoires.
- La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route, à savoir :

U = 7.5cm sur les autoroutes et voies rapides urbaines.

U = 6cm sur les routes et voies urbaines.

U = 5cm pour les autres routes.

X-6 - APPLICATION AU PROJET :

Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

 **Signalisation Verticale :**




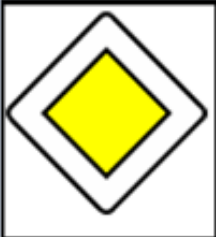


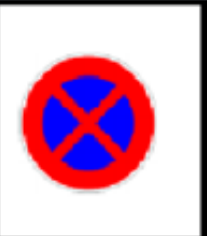








| | | | |
|---|---|--|---|
|  |  |  | |
| A1b Virage à gauche | A1a Virage à droite | AB3a Céder le passage à l'intersection. Signal de position | |
|  |  |  |  |
| AB6 Indication du caractère prioritaire d'une route | Passage piéton | AB25 Carrefour à sens giratoire | B6d Arrêt et stationnement interdits |

Tableau X.3 : signalisation verticale.

✚ Signalisation horizontale :

| | |
|---|---|
|  | Ligne continue : Infranchissable, dépassement et changement de voie interdits. Il est également interdit de la traverser perpendiculairement (pour sortir ou rentrer dans une rue, une cour, un garage). |
|  | Ligne discontinue : Dépassement et changement de voie autorisés. |
|  | Ligne de dissuasion : Sur des routes étroites ou sinueuses, la ligne de dissuasion remplace une ligne continue, seul le dépassement de véhicules roulant très lentement est autorisé (tracteur agricole, voiturette, cycle...). |

| | |
|---|---|
|  | <p>Ligne d'avertissement : Annonce une ligne continue. Des flèches de rabattement avertissent le conducteur qu'il va rencontrer une ligne continue.</p> |
|  | <p>Flèches de rabattement : Indiquent la voie dans laquelle il faut se rabattre.</p> |
|  | <p>Ligne mixte : Peut être franchie par le conducteur situé du côté de la ligne discontinue.</p> |
|  | <p>Ligne de rive trait : Sépare la chaussée et l'accotement, peut être franchi pour s'arrêter ou stationner. Dans les sens uniques, la ligne de rive à gauche est continue.</p> |
|  | <p>Hachurage : Sur le nez d'îlot.</p> |

X-7- ECLAIRAGE:

X-7-1 INTRODUCTION :

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 est de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible.

X-7-2 CATEGORIES D'ECLAIRAGE:

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

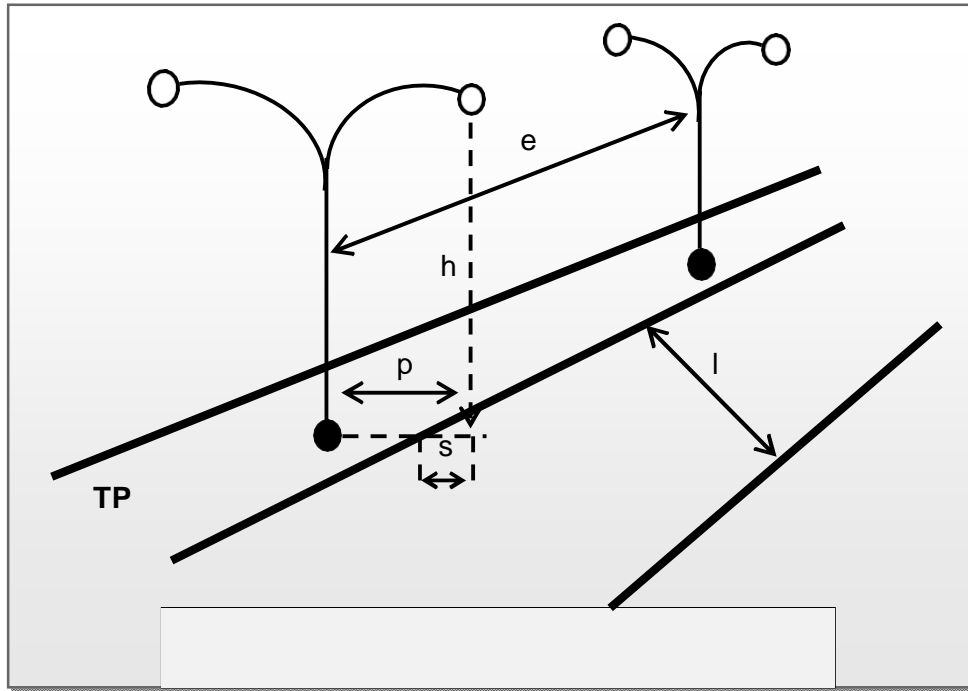
- Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.
- Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- Eclairage des voies de cercle, catégorie C.
- Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

X-7-3 PARAMETRES DE L'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 par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.

- 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 X.4 : Paramètres de l'implantation des luminaires



X-7-4 APPLICATION AU PROJET:

Eclairage de la voie (le long de la Pénétrante) :

La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place. Ensuite, les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairage se raccordent sans discontinuité. La hauteur des foyers est en général de 8 à 12m, ainsi l'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré.

X-8- CONCLUSION :

La signalisation routière acquiert une grande importance dans un notre projet suivant tous le long de l'itinéraire qui rend la circulation plus faciles sure aux usagers.

L'éclairage serve à garantir aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible car la situation de projet.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce présent travail de fin d'étude nous a permis d'agrandir nos connaissances techniques, scientifiques afin de perfectionner nos modestes connaissances dans le domaine des routes.

C'est un travail de base qu'on vient de réaliser, il est d'une utilité incontestable parce qu'il nous a confrontés à certains problèmes et nous a permis entre autre de tirer profit des expériences des personnes qualifiées dans le domaine.

Dans notre projet de bretelle autoroutière, nous avons introduit le long des deux tracés des courbes de raccordement, respectant les normes imposées par le B40 pour assurer le confort et la sécurité de l'utilisateur car toute négligence peut être fatale. D'autre part nous avons évité au maximum les détails existants à savoir la fibre optique, les arbres, les propriétés privées..... Ceci en tenant compte de l'aspect économique du projet.

Cette étude nous a poussé d'appliquer les connaissances théoriques acquises à l'université pendant notre étude de cerner les problèmes réels existants concernant l'étude d'exécution des projets routiers de même c'est une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et surtout de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels AutoCad et Covadis.

Nous espérons acquérir plus dans notre vie professionnelle future et toucher les grands projets.