



Faculty of Sciences and Technology

Civil Engineering Department

N° d'ordre : M2... /GC/2024

كلية العلوم والتكنولوجيا

قسم الهندسة المدنية

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Travaux Publics

Option : Voies et Ouvrages d'art

Thème

Etude d'un tracé routier vers Kharouba de la wilaya de
Mostaganem de 2.400 km

Présenté par :

Mr Mehdi Mohamed

Mr Beddani Hassen

Soutenu le 26/06/2024 devant le jury composé de :

Mr Keraouti Rabah

Président :

Université de Mostaganem

Mr Belguesmia Noureddine

Encadrant :

Université de Mostaganem

Mr Rouam Serrik Mohamed

Examineur:

Université de Mostaganem

Mr Cherif Mourad

Invité :

Université de Mostaganem

Année Universitaire 2023/2024

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 jour sà 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 nos encadrant **MR BELGUESMIA NOUREDDINE** pour nous avoir guidés dans la réalisation de cette étude et le soutien scientifique et moral qu'il nous a apporté.*

Nous tenons également à remercier les membres du jury

- *Mr KERAOUTI RABEH*
- *Mr ROUAM SERRIK MOHAMED*
- *Mr CHERIF MOURAD*

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

Nos plus grands remerciements vont:

- *Au D.T.P de Mostaganem.*

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

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 ligne 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	51
IV-2- Définition de la Clothoïde	51
IV-3- Les éléments de la clothoïde	51
IV-4- Propriétés de la clothoïde	52
IV-5- Les conditions de raccordement	52
IV-5-1- Condition de confort optique	53
IV-5-2- Condition de confort dynamique	53
IV-5-3- Condition de gauchissement.....	53
IV-5-4- La Vérification de non chevauchement	53
IV-6- Notion de devers	54
IV-6 -1- Devers en alignement	54
IV-6 -2- Devers en courbe	54
IV-6-3- Rayon de courbure	54
IV-6 -4- Calcul des devers	54
IV-7- Application de projet	55
IV-7-1- Calcul des dévers associés aux rayons de la variante choisie	55
IV-7-2- Calcul de la longueur de Clothoïde et la vérification de non chevauchement	56
IV-7-3 : Calcul des paramètres des deux clothoïde	57

Chapitre V : Etude du trafic

V-1- Introduction	60
V-2- Analyse de trafic	60
V-3- Mesure des trafics	60
V-4- Différents types de trafic	61
V-4-1- Trafic normal.....	61
V-4-2 Trafic dévie	61
V-4-3 Trafic induit	62
V-4-4- Trafic total	62
V-5- Calcul de la capacité	62

V-5-1- Définition de la capacité	62
V-5-2- Calcul de trafic moyen journalier (TJMA) horizon	62
V-5-3- Calcul de trafic effectif	62
V-5-4- débit de point horaire normal	63
V-5-5- Débit horaire admissible	63
V-5-6- Déterminations du nombre des voies	64
V-6- Application de projet	64
V-6-1- Projection future de trafic	64
V.6.2 Calcul du trafic effectif	65
V-6-3- Débit de pointe horaire normal	65
V-6-4- La capacité admissible	65
V.6.5 : Le nombre des voies	66
V-7- Conclusion	66

Chapitre VI : Paramètres cinématiques

VI-1- Définition	68
VI-2- Distance de freinage	68
VI-2-1 Application	69
VI-3- Temps de perception et de réaction	70
VI-4- Distance d'arrêt	71
VI.4.1 Application	71
VI-5- Distance de perception	72
VI-5-1- Application	73
VI-6- Espacement entre deux véhicules	74
VI-7- Distance de visibilité de dépassant et de manœuvre	76

Chapitre VII : Dimensionnement du corps de chaussée

VII-1- Introduction	78
VII-2- La chaussée	78
VII-2-1 Définition	78
VII-2-2 Différents types de chaussées	79
VII-2-2-1- Chaussée souple	79
VIII-2-2-2- Chaussée semi-rigide	80
VII-2-2-3 - Chaussée rigide	81

VII-3- Les Différents Facteurs à prendre en compte pour le dimensionnement	81
VII-3-1 - Trafic	82
VII-3-2 – Environnement	82
VII-3-3 - Le Sol Support	82
VII-3-4 – Matériaux	83
VII-4- Méthodes De Dimensionnement	83
VII-4-1- Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio)	83
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	85
VII-5- Application au Projet	85
VII-5- 1- Données de l'étude	85
VII-5- 2- Répartition de trafic	86
VII-5- 3- Calcul d'épaisseur	86
VII-5- 4- Epaisseur équivalente	86

Chapitre VIII : Profil en travers

VIII-1- Définition	89
VIII-2- Types De Profil En Travers	89
VIII-2-1- profil en travers type	89
VIII-2-2- profil en travers courants	89
VIII-3- Les éléments de composition du profil en travers	89
VIII-4- Application au projet	91

Chapitre IX : Cubatures et mouvements des terres

IX-1- Introduction	93
IX-2- Cubatures terrassements	93
IX-3- Méthode utilisée	93
IX-3-1- Description de la Méthode	93
IX-4- Mouvement des terres	94
IX-4-1- Métré de terrassement	94
IX-4-2- Foisonnement	95
IX-4-3- Moment de transport	95
IX-4-4- Distance moyenne de transport	95
IX-4-5- Epure de LALANNE	95

IX-4-6- Principe de l'épure de LALANNE	96
IX-4-7- Etablissement de l'épure de LALANNE	96
IX-4-8- Ligne de répartition des sens de transport	96
IX-5- Calculs des cubatures	97

Chapitre XI : Signalisation routière

XI -1- Introduction	101
XI-2- L'objectif de la signalisation routière	101
XI-3- Règles à respecter pour la signalisation	101
XI-4- Types de signalisations	101
XI -5- Caractéristiques générales des marques	104
XI-6- Application au projet	104
XI-7- Eclairage	106
XI-7-1- Introduction.....	106
XI-7-2- Catégorie d'éclairage.....	106
XI-7-3- Paramètre de l'implantation des luminaires.....	106
XI-7-4- Application au projet.....	107
XI-7- Conclusion	107
Devis	109
Conclusion générale	110

ANNEXE

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	18
Figure III.1	Eléments du profil en long	41
Figure III.2	Pratiques du profil en long	43
Figure IV.1	Les éléments de la clothoïde	50
Figure IV.2	La propriété de clothoïde	51
Figure VI.1	Distance de freinage	68
Figure VI.2	Temps de perception-réaction	71
Figure VI.3	Distance de perception	73
Figure VI.4	L'espacement entre deux véhicules	75
Figure VII.1	Structure type d'une chaussée souple	80
Figure VII.2	Structure type d'une chaussée semi-rigide	81
Figure VII.3	Structure type d'une chaussée rigide	81
Figure VII.4	La structure de chaussée	87
Figure VIII.1	Les éléments constitutifs du profil en travers	90
Figure VIII.2	Le profil en travers	91
Figure VIII.3	Dimensions du fossé	91
Figure IX.1	Schéma représentant la surface entre profil	94
Figure IX.2	L'épure de LALANNE	96
Figure IX.3	Sens de transport	96
Figure X.1	Types de modulation	103
Figure X.2	Flèche de signalisations.....	104
Figure X.3	Signalisations Verticales.....	105
Figure X.4	Paramètres de l'implantation des luminaires.....	107

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"	19
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 ".....	20
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"»	21
Tableau II.11: Eléments des raccordements circulaires "variante 1"	23
Tableau II.12: Cubatures approchées de la 'variante 01'.....	23
Tableau II.13 : les coordonnées des sommets de l'axe de "variante 2"	26
Tableau II.14 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante 02 ".....	26
Tableau II.15 : dénivelé de profil 'variante 02'.....	26
Tableau II.16: Classification de terrain et Dénivelée cumulée 'variante 02'	29
Tableau II.17 : Sinuosité 'variante 02'.....	30
Tableau II.18 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité 'variante 02'.....	30
Tableau II.19 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40' variante 02'	31
Tableau II.20 : Eléments des raccordements circulaires "variante 2 ".....	32
Tableau II.21 : Cubatures approchées de la 'variante 02 '.....	33
Tableau II.22 : Comparaison entre les deux variantes	36
Tableau III.1: Valeur de déclivité maximal	40
Tableau III.2 : Rayons convexes	42
Tableau- III.3 : Rayons concaves (angle rentrant). Cat2, V80	43
Tableau III.4 : Caractéristique des rayons verticaux	46
Tableau III.5: les valeurs de tangente et la flèche	48
Tableau IV.1 : Devers	53
Tableau IV.2: Longueur de la clothoïde	57
Tableau IV.3: Paramètres de clothoïde	57

Tableau V.1 coefficient d'équivalence "p" (selon le B40)	63
Tableau V.2 : Coefficient « K1 »	63
Tableau V.3: Coefficient « K2»	63
Tableau V.4 : valeurs de C_{th} capacité théorique du profil en travers en régime stable	64
Tableau V.5 : résultats du calcul de trafic	66
Tableau VI.1 : coefficient de frottement longitudinal fl en fonction de la vitesse (B40)	68
Tableau VI.2 : les différentes distances selon les normes B40	76
Tableau VII. 1 : la portance de sol en fonction de l'indice de CBR	82
Tableau VII. 2 : Les classes de portance des sols	83
Tableau VII.3: Coefficient d'équivalence	84
Tableau VII.4: épaisseurs du corps de chaussée	87
Tableau IX.1: cubatures détaillées	97
Tableau. X.1 : Caractéristiques des lignes discontinues	103

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 tracé routier vers Kharouba de la wilaya de Mostaganem de 2,400 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 02. Et

- Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA (2023)) = 5000 V/j
- Pourcentage de poids lourds : 11%
- Taux d'accroissement = 5 %
- Durée d'étude et d'exécution : n= 2 ans
- Durée de vie : 20 ans

Les calculs sont faits manuellement et modélisé 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 design of a road route towards kharouba in the wilaya of Mostaganem of 2.400 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 long 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 02. And

- Average Annual Daily Traffic TJMA (2023) = 5000V / d
- The percentage (%) of heavy vehicles Z = 11%
- Annual traffic growth ratio τ = 5%
- Study and execution time: n = 2 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 نحو خروية بولاية مستغانم بطول 2,4 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 02. و

- متوسط الحركة اليومية $5000 = TJMA (2023)$ س.ح.ث / يوم
- النسبة المئوية (%) من مركبات البضائع الثقيلة = 11%
- معدل نمو الحركة السنوية $\tau = 11\%$
- وقت الدراسة و التنفيذ: ن = 2 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 d'un tracé routier vers Kharouba de la wilaya de Mostaganem de 2,400 km 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 tracé routier vers Kharouba de la wilaya de Mostaganem de 2,400 km.

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

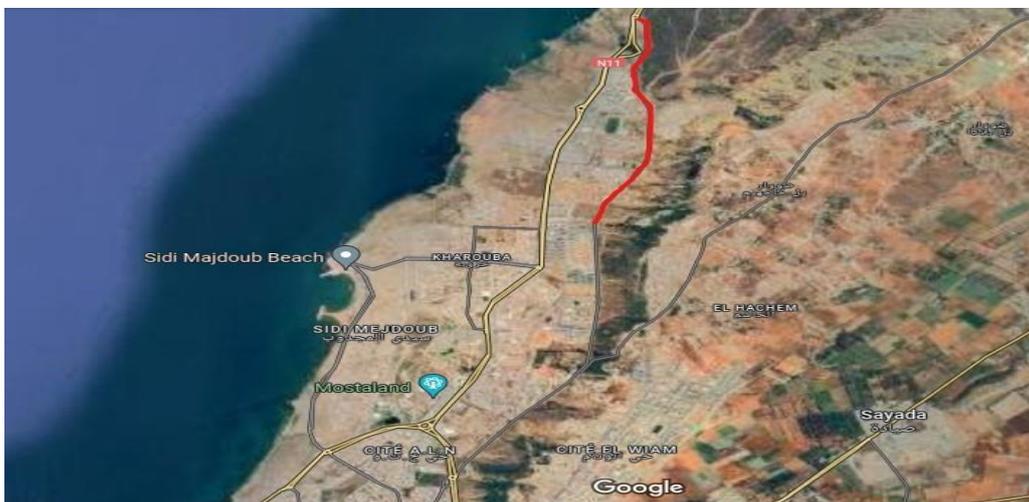


Figure I.1 : Tronçon de notre projet.

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 légers 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 02.

I-5-3-Trafic :

- Trafic Moyen Journalier Annuel TJMA (2023) =5000 V/j
- Le pourcentage (%) des poids lourds $Z = 11\%$
- Taux de croissance annuel du trafic $\tau = 5\%$
- Durée d'étude et d'exécution : $n= 2$ 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 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:

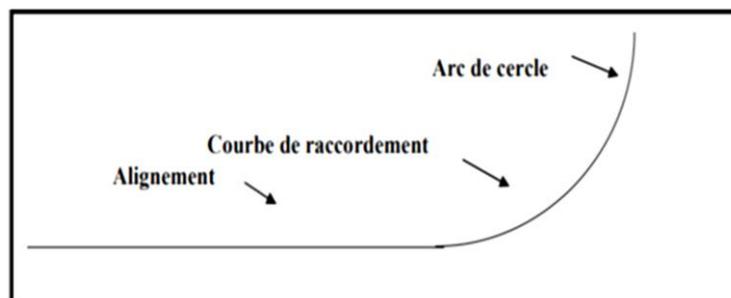


Figure II.1 : Les éléments de tracé en plan.

II-1-3-1- Alignement droit:

Bien qu'au principe 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 RHm, RHN, Rhd et RHnd.
- 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.

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

• 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 :

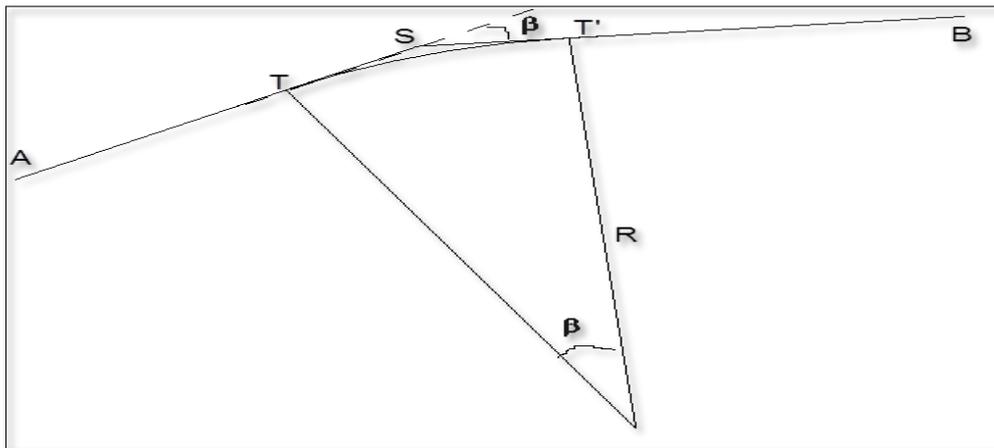


Figure II.2 : Détermination de l'angle au centre.

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 :

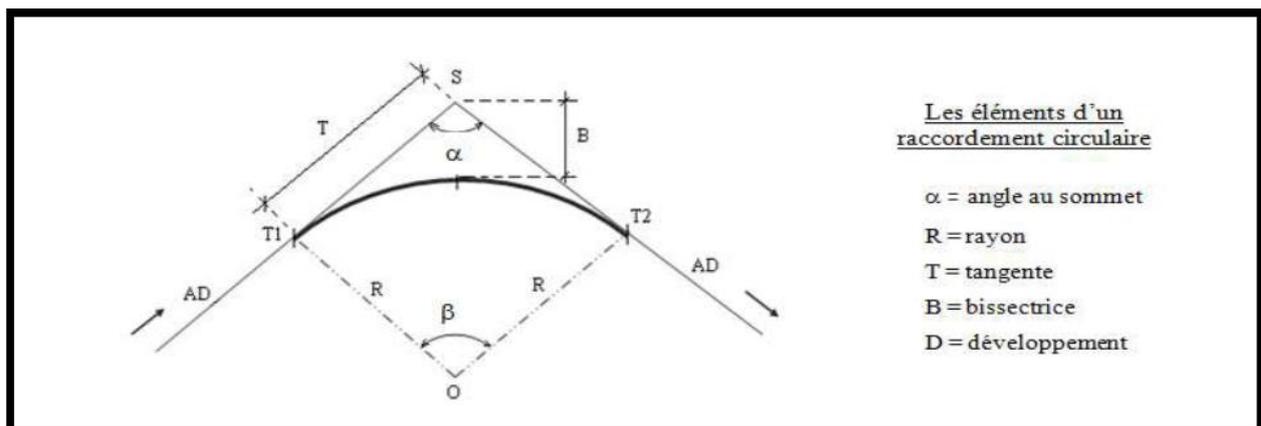


Figure II. 3 : Les éléments d'un raccordement circulaire.

• 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

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

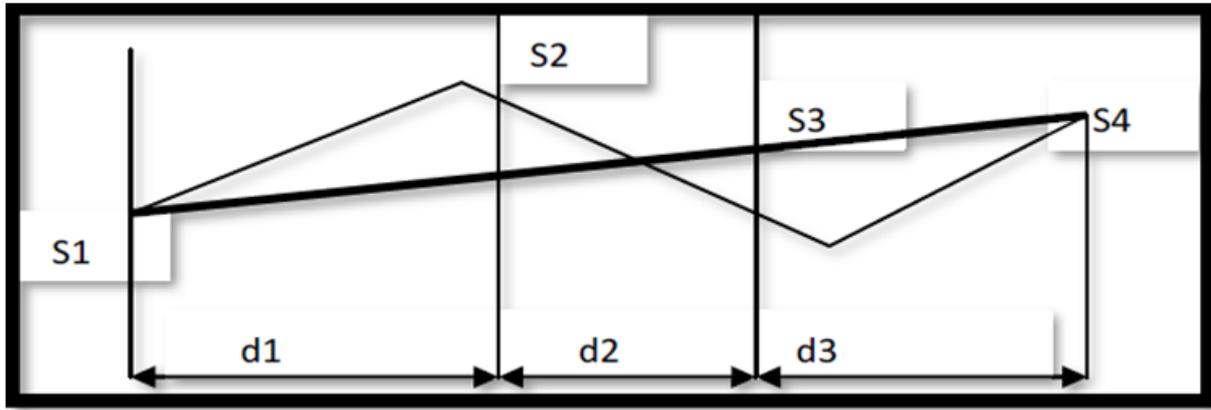


Figure II.4 : Schéma représentant la surface entre profil.

❖ Calcul des surfaces :

• En remblai :

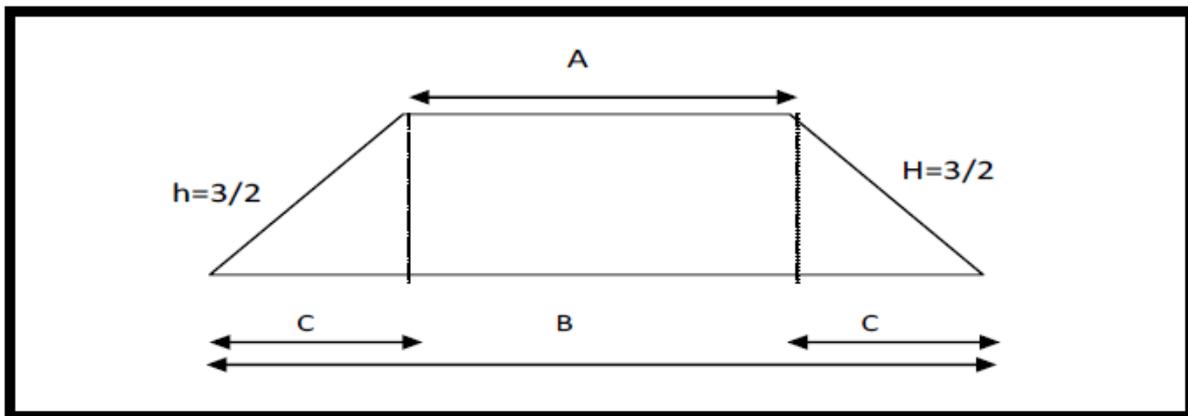


Figure II.5: Calcul de surfaces cas de remblai.

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 :

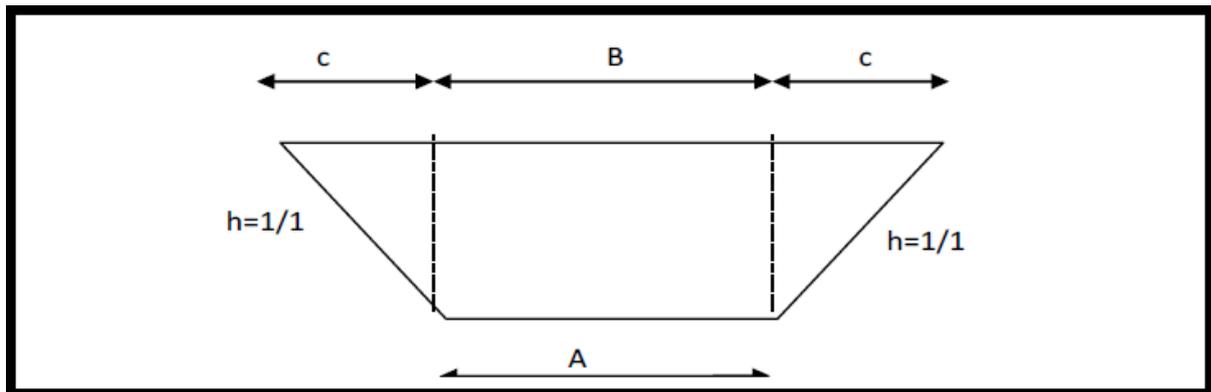


Figure II.6: Calcul de surfaces cas de déblai.

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	239333,302	3984611,193
S1	239685,212	3985103,729
S2	239715,270	3985639,761
S3	239600,321	3986050,529
S4	239727,988	3986288,097
B	239704,507	3986528,949

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".

	DX	DY	distance	GIS	béta
A-S1	-8,111	380,802	380,888	398,644	/
S1-S2	351,910	492,536	605,337	39,495	40,850
S2-S3	30,058	536,032	536,874	3,566	35,929
S3-S4	-114,950	410,769	426,549	382,629	20,937
S4-S5	127,667	237,568	269,698	31,392	48,763
S5-B	-23,481	240,852	241,994	393,813	37,579

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	239341,413	3984230,391	138,359	0
P2	25,000	25,000	239340,881	3984255,385	137,144	-1,214
P3	50,000	25,000	239340,348	3984280,379	135,930	-1,214
P4	75,000	25,000	239339,816	3984305,374	134,716	-1,214
P5	100,000	25,000	239339,284	3984330,368	133,501	-1,214
P6	125,000	13,598	239338,751	3984355,362	132,287	-1,214
P7	127,196	12,500	239338,704	3984357,558	132,180	-0,107
P8	150,000	23,902	239338,559	3984380,361	131,073	-1,108

P9	175,000	25,000	239339,183	3984405,352	129,858	-1,214
P10	200,000	25,000	239340,625	3984430,309	128,644	-1,214
P11	225,000	25,000	239342,883	3984455,206	127,430	-1,214
P12	250,000	25,000	239345,955	3984480,015	126,216	-1,214
P13	275,000	25,000	239349,837	3984504,711	125,001	-1,214
P14	300,000	25,000	239354,526	3984529,266	123,787	-1,214
P15	325,000	25,000	239360,017	3984553,654	122,573	-1,214
P16	350,000	25,000	239366,303	3984577,850	121,358	-1,214
P17	375,000	25,000	239373,378	3984601,827	120,144	-1,214
P18	400,000	25,000	239381,235	3984625,559	119,120	-1,024
P19	425,000	25,000	239389,864	3984649,021	118,581	-0,539
P20	450,000	25,000	239399,257	3984672,189	118,528	-0,053
P21	475,000	25,000	239409,403	3984695,036	118,921	0,393
P22	500,000	25,000	239420,292	3984717,539	119,400	0,478
P23	525,000	25,000	239431,912	3984739,673	119,878	0,478
P24	550,000	25,000	239444,250	3984761,415	120,356	0,478
P25	575,000	25,000	239457,294	3984782,741	120,834	0,478
P26	600,000	21,025	239471,029	3984803,629	121,312	0,478
P27	617,051	12,500	239480,786	3984817,612	121,638	0,326
P28	625,000	16,475	239485,407	3984824,079	121,790	0,152
P29	650,000	25,000	239499,940	3984844,421	122,268	0,478
P30	675,000	25,000	239514,474	3984864,762	122,746	0,478
P31	700,000	25,000	239529,008	3984885,104	123,225	0,478
P32	725,000	25,000	239543,541	3984905,445	123,703	0,478
P33	750,000	25,000	239558,075	3984925,787	124,181	0,478
P34	775,000	25,000	239572,609	3984946,128	124,659	0,478
P35	800,000	21,112	239587,142	3984966,469	125,137	0,478
P36	817,224	12,500	239597,155	3984980,483	125,466	0,329
P37	825,000	16,388	239601,629	3984986,844	125,615	0,149
P38	850,000	25,000	239615,361	3985007,732	126,093	0,478
P39	875,000	25,000	239628,078	3985029,253	126,571	0,478
P40	900,000	25,000	239639,752	3985051,358	127,050	0,478
P41	925,000	25,000	239650,354	3985073,995	127,528	0,478
P42	950,000	25,000	239659,862	3985097,114	128,006	0,478
P43	975,000	25,000	239668,253	3985120,661	128,484	0,478
P44	1000,000	25,000	239675,508	3985144,583	128,945	0,461
P45	1025,000	25,000	239681,611	3985168,824	129,154	0,209
P46	1050,000	25,000	239686,547	3985193,330	129,035	-0,119
P47	1075,000	25,000	239690,305	3985218,043	128,587	-0,448
P48	1100,000	18,541	239692,877	3985242,908	127,811	-0,776
P49	1112,082	12,500	239693,693	3985254,963	127,353	-0,457
P50	1125,000	18,959	239694,416	3985267,860	126,865	-0,489
P51	1150,000	25,000	239695,816	3985292,821	125,905	-0,960

P52	1175,000	25,000	239697,215	3985317,782	124,882	-1,023
P53	1200,000	25,000	239698,615	3985342,742	123,792	-1,090
P54	1225,000	25,000	239700,015	3985367,703	122,635	-1,157
P55	1250,000	25,000	239701,414	3985392,664	121,411	-1,224
P56	1275,000	25,000	239702,814	3985417,625	120,120	-1,291
P57	1300,000	25,000	239704,214	3985442,586	118,762	-1,358
P58	1325,000	25,000	239705,613	3985467,546	117,336	-1,426
P59	1350,000	25,000	239707,013	3985492,507	115,843	-1,493
P60	1375,000	25,000	239708,413	3985517,468	114,283	-1,560
P61	1400,000	25,000	239709,812	3985542,429	112,661	-1,622
P62	1425,000	13,028	239711,212	3985567,390	111,028	-1,633
P63	1426,057	12,500	239711,271	3985568,445	110,959	-0,069
P64	1450,000	24,472	239711,946	3985592,375	109,395	-1,564
P65	1475,000	25,000	239711,230	3985617,362	107,762	-1,633
P66	1500,000	25,000	239709,065	3985642,264	106,128	-1,633
P67	1525,000	25,000	239705,458	3985666,999	104,495	-1,633
P68	1550,000	21,312	239700,422	3985691,483	102,862	-1,633
P69	1567,623	12,500	239696,021	3985708,547	101,711	-1,151
P70	1575,000	16,188	239694,033	3985715,650	101,229	-0,482
P71	1600,000	25,000	239687,296	3985739,725	99,595	-1,633
P72	1625,000	25,000	239680,559	3985763,801	97,962	-1,633
P73	1650,000	25,000	239673,822	3985787,876	96,329	-1,633
P74	1675,000	25,000	239667,085	3985811,951	94,696	-1,633
P75	1700,000	25,000	239660,347	3985836,026	93,063	-1,633
P76	1725,000	25,000	239653,610	3985860,101	91,429	-1,633
P77	1750,000	18,896	239646,873	3985884,176	89,796	-1,633
P78	1762,792	12,500	239643,426	3985896,494	88,960	-0,836
P79	1775,000	18,604	239640,317	3985908,300	88,163	-0,798
P80	1800,000	25,000	239635,091	3985932,743	86,530	-1,633
P81	1825,000	25,000	239631,414	3985957,467	84,896	-1,633
P82	1850,000	25,000	239629,299	3985982,373	83,263	-1,633
P83	1875,000	25,000	239628,757	3986007,363	81,630	-1,633
P84	1900,000	25,000	239629,787	3986032,338	79,997	-1,633
P85	1925,000	25,000	239632,388	3986057,198	78,364	-1,633
P86	1950,000	25,000	239636,547	3986081,846	76,730	-1,633
P87	1975,000	25,000	239642,249	3986106,182	75,098	-1,633
P88	2000,000	25,000	239649,472	3986130,112	73,583	-1,514
P89	2025,000	25,000	239658,186	3986153,540	72,280	-1,303
P90	2050,000	20,950	239668,356	3986176,373	71,189	-1,091
P91	2066,901	8,790	239676,037	3986191,426	70,571	-0,618
P92	2067,579	4,050	239676,359	3986192,024	70,548	-0,023
P93	2075,000	16,210	239679,803	3986198,596	70,309	-0,239
P94	2100,000	25,000	239690,395	3986221,236	69,640	-0,669

P95	2125,000	25,000	239699,385	3986244,559	69,183	-0,457
P96	2150,000	25,000	239706,728	3986268,450	68,937	-0,246
P97	2175,000	25,000	239712,390	3986292,795	68,903	-0,034
P98	2200,000	25,000	239716,344	3986317,476	69,080	0,177
P99	2225,000	25,000	239718,569	3986342,372	69,436	0,356
P100	2250,000	25,000	239719,055	3986367,362	69,813	0,377
P101	2275,000	14,671	239717,800	3986392,325	69,961	0,148
P102	2279,342	12,500	239717,405	3986396,650	69,944	-0,017
P103	2300,000	22,829	239715,400	3986417,210	69,694	-0,251
P104	2325,000	25,000	239712,975	3986442,092	69,011	-0,682
P105	2350,000	25,000	239710,549	3986466,974	68,025	-0,986
P106	2375,000	25,000	239708,123	3986491,856	67,024	-1,001
P107	2400,000	18,635	239705,697	3986516,738	66,023	-1,001
P108	2412,269	6,135	239704,507	3986528,949	65,531	-0,491
LT	2412,310				DH	-72,827

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

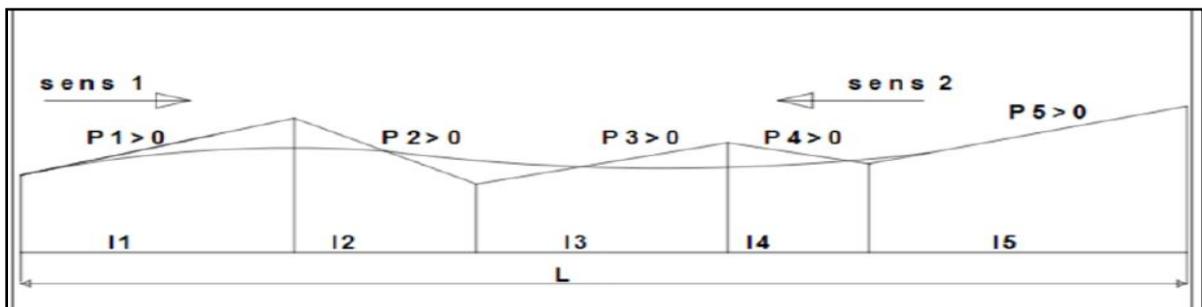


Figure II.7: La dénivelée cumulée moyenne H/L.

❖ **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 :

- $\Sigma \Delta H = 72,827m ;$

- Σ Distance = 2412,310m ;

$$D_c = \frac{\Sigma \Delta H}{\Sigma \text{Distance}} = \frac{72,827}{2412,310} = 0.0302 \quad \Rightarrow \quad D_c = 3,02\%$$

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 : **V_r = 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 ft :**

Tableau II.9 : Valeur du coefficient ft.

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

✓ **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%	2,5%	5%	0.13	0.06

▪ **Détermination des rayons en plan :**

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

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

❖ **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** :

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

▪ **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	765
R2	525
R3	430
R4	400
R5	350

II-2-1-7- Détermination des éléments des raccords circulaires:

Tableau des résultats :

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

Virage	Tangente (m)	Bissectrice (m)	Flèche (m)	Développée (m)
1	254.222	41,135	39,036	490,878
2	152.209	21,619	20,764	296,295
3	71.353	5,880	5,801	141,417
4	161.151	31,242	28,978	306,378
5	106.409	15,818	15,134	206,601

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

$$Lad = AT1 + T'1T2 + T'2T3 + T3T4 + T4T5 + T5B$$

$$Lad = 126.666 \text{ m} + 198.906 \text{ m} + 313.312 \text{ m} + 194.045 \text{ m} + 2.138 \text{ m} + 135,585 \text{ m} \implies$$

$$Lad = 970,652 \text{ m}$$

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

$$Lc = D1 + D2 + D3 + D4 + D5$$

$$Lc = 490.878 \text{ m} + 296.295 \text{ m} + 141.417 \text{ m} + 306.387 \text{ m} + 206,601 \text{ m} \implies Lc = 1441,578 \text{ m}$$

• **Longueur totale du tronçon : LT**

$$LT = Lad + Lc$$

$$LT = 970,652 \text{ m} + 1441,578 \text{ m} \implies LT = 2412,23 \text{ m}$$

Pourcentage Alignement droit % alig_Droit = 40%

Pourcentage Courbe % courbe = 60 %

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	2,64	2,76	5,40	67,518	67,518	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
P2	25,000	25,000	1,80	1,95	3,75	93,666	161,184	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
P3	50,000	25,000	0,49	0,00	0,49	12,370	173,553	0,02	3,69	3,71	92,659	92,659
P4	75,000	25,000	1,35	1,36	2,70	67,512	241,066	0,00	0,00	0,00	0,000	92,659
P5	100,000	25,000	0,79	0,23	1,02	25,504	266,569	0,00	9,49	9,49	237,335	329,993
P6	125,000	13,598	0,55	0,12	0,67	9,078	275,648	0,00	4,22	4,22	57,395	387,388
P7	127,196	12,500	0,51	0,10	0,61	7,673	283,321	0,00	4,35	4,35	54,381	441,769
P8	150,000	23,902	0,13	0,00	0,13	3,187	286,508	0,04	5,99	6,03	144,141	585,910
P9	175,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	286,508	3,22	7,66	10,88	271,917	857,826

P10	200,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	286,508	4,08	6,67	10,75	268,769	1126,595
P11	225,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	286,508	4,80	6,53	11,33	283,129	1409,723
P12	250,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	286,508	5,96	6,93	12,89	322,241	1731,964
P13	275,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	286,508	6,68	8,05	14,73	368,374	2100,338
P14	300,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	286,508	6,33	7,73	14,06	351,491	2451,829
P15	325,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	286,508	4,14	5,70	9,84	245,989	2697,818
P16	350,000	25,000	0,89	0,04	0,93	23,303	309,810	2,31	3,10	5,41	135,339	2833,156
P17	375,000	25,000	3,51	1,77	5,28	132,032	441,842	1,79	2,94	4,73	118,247	2951,404
P18	400,000	25,000	3,65	3,30	6,95	173,850	615,692	0,00	0,00	0,00	0,000	2951,404
P19	425,000	25,000	7,00	3,96	10,96	274,052	889,744	1,66	0,00	1,66	41,558	2992,962
P20	450,000	25,000	3,69	3,31	7,01	175,132	1064,877	0,00	0,00	0,00	0,000	2992,962
P21	475,000	25,000	2,30	0,80	3,10	77,590	1142,466	2,08	1,64	3,73	93,165	3086,127
P22	500,000	25,000	0,93	0,15	1,08	27,062	1169,528	2,64	2,74	5,38	134,420	3220,546
P23	525,000	25,000	0,02	0,00	0,02	0,455	1169,983	2,98	4,03	7,01	175,368	3395,915
P24	550,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1169,983	3,53	4,57	8,10	202,479	3598,394
P25	575,000	25,000	0,04	0,00	0,04	0,961	1170,943	0,17	4,26	4,43	110,774	3709,168
P26	600,000	21,025	0,15	0,00	0,15	3,202	1174,145	0,02	3,21	3,23	67,903	3777,070
P27	617,051	12,500	0,33	0,16	0,49	6,113	1180,258	0,00	0,00	0,00	0,000	3777,070
P28	625,000	16,475	0,57	0,43	0,99	16,380	1196,638	0,00	0,00	0,00	0,000	3777,070
P29	650,000	25,000	0,58	0,73	1,31	32,712	1229,350	0,00	0,00	0,00	0,000	3777,070
P30	675,000	25,000	1,01	0,14	1,15	28,747	1258,097	0,00	4,34	4,34	108,525	3885,596
P31	700,000	25,000	2,01	1,64	3,65	91,293	1349,389	0,00	3,85	3,85	96,216	3981,811
P32	725,000	25,000	2,81	2,84	5,65	141,299	1490,689	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P33	750,000	25,000	5,10	5,28	10,37	259,295	1749,984	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P34	775,000	25,000	4,55	4,73	9,28	231,982	1981,967	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P35	800,000	21,112	5,09	5,17	10,26	216,568	2198,534	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P36	817,224	12,500	5,56	9,70	15,27	190,843	2389,377	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P37	825,000	16,388	5,73	10,16	15,90	260,537	2649,914	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P38	850,000	25,000	6,33	6,74	13,07	326,829	2976,743	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P39	875,000	25,000	6,85	7,15	14,01	350,132	3326,875	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P40	900,000	25,000	6,77	7,11	13,88	347,041	3673,915	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P41	925,000	25,000	6,29	11,62	17,91	447,761	4121,677	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P42	950,000	25,000	4,64	4,32	8,96	223,915	4345,592	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P43	975,000	25,000	3,47	3,12	6,59	164,746	4510,338	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P44	1000,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	4510,338	13,71	11,16	24,87	621,685	4603,497
P45	1025,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	4510,338	8,16	5,75	13,91	347,849	4951,346
P46	1050,000	25,000	0,20	0,00	0,20	5,004	4515,342	2,91	7,63	10,54	263,603	5214,949
P47	1075,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	4515,342	6,94	5,93	12,87	321,710	5536,659
P48	1100,000	18,541	0,00	1,35	1,35	24,984	4540,326	8,30	4,91	13,21	244,957	5781,617
P49	1112,082	12,500	2,12	2,10	4,22	52,702	4593,028	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P50	1125,000	18,959	2,83	3,17	6,00	113,838	4706,865	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P51	1150,000	25,000	3,86	3,06	6,92	172,930	4879,795	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P52	1175,000	25,000	4,68	4,56	9,24	230,993	5110,788	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P53	1200,000	25,000	5,45	11,54	16,99	424,730	5535,519	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P54	1225,000	25,000	4,61	5,05	9,67	241,649	5777,167	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P55	1250,000	25,000	3,37	3,53	6,90	172,393	5949,560	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P56	1275,000	25,000	4,61	4,57	9,18	229,391	6178,951	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P57	1300,000	25,000	5,08	5,11	10,19	254,858	6433,809	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P58	1325,000	25,000	5,61	9,15	14,76	368,875	6802,684	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P59	1350,000	25,000	6,71	11,86	18,56	464,110	7266,794	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P60	1375,000	25,000	13,59	13,77	27,35	683,839	7950,633	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P61	1400,000	25,000	15,62	17,27	32,89	822,293	8772,927	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617

P62	1425,000	13,028	16,68	20,17	36,85	480,051	9252,977	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P63	1426,057	12,500	16,73	20,29	37,01	462,682	9715,659	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P64	1450,000	24,472	17,55	22,98	40,53	991,800	10707,459	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P65	1475,000	25,000	16,64	18,55	35,20	879,876	11587,335	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P66	1500,000	25,000	14,82	16,98	31,80	795,076	12382,412	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P67	1525,000	25,000	14,10	15,19	29,29	732,286	13114,698	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P68	1550,000	21,312	12,91	12,86	25,77	549,259	13663,957	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P69	1567,623	12,500	5,65	8,61	14,26	178,259	13842,216	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P70	1575,000	16,188	4,62	4,62	9,25	149,690	13991,906	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P71	1600,000	25,000	1,36	1,40	2,77	69,134	14061,040	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P72	1625,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,001	14061,041	0,58	0,20	0,78	19,454	5801,071
P73	1650,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	5,53	1,83	7,36	183,937	5985,008
P74	1675,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	7,43	13,38	20,81	520,218	6505,226
P75	1700,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	10,18	13,40	23,58	589,476	7094,702
P76	1725,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	11,01	24,13	35,14	878,598	7973,300
P77	1750,000	18,896	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	20,79	33,87	54,66	1032,888	9006,188
P78	1762,792	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	15,82	30,45	46,27	578,331	9584,520
P79	1775,000	18,604	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	12,27	21,50	33,77	628,219	10212,739
P80	1800,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	11,00	15,23	26,22	655,618	10868,357
P81	1825,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	9,22	12,90	22,12	553,005	11421,362
P82	1850,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	7,06	8,74	15,80	395,004	11816,366
P83	1875,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	6,02	7,60	13,62	340,541	12156,908
P84	1900,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	1,32	7,49	8,81	220,243	12377,150
P85	1925,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	0,91	8,12	9,03	225,712	12602,862
P86	1950,000	25,000	0,10	0,00	0,10	2,408	14063,449	0,04	5,17	5,21	130,267	12733,129
P87	1975,000	25,000	1,05	0,24	1,28	32,099	14095,548	0,00	0,00	0,00	0,000	12733,129
P88	2000,000	25,000	2,33	2,20	4,53	113,261	14208,809	2,69	0,00	2,69	67,216	12800,346
P89	2025,000	25,000	2,92	3,11	6,03	150,831	14359,640	0,00	0,00	0,00	0,000	12800,346
P90	2050,000	20,950	0,00	1,14	1,14	23,902	14383,543	9,47	0,05	9,52	199,386	12999,732
P91	2066,901	8,790	0,00	0,41	0,41	3,572	14387,115	8,07	0,67	8,74	76,824	13076,556
P92	2067,579	4,050	0,00	0,45	0,45	1,823	14388,937	5,16	0,04	5,19	21,032	13097,588
P93	2075,000	16,210	2,99	3,03	6,01	97,461	14486,399	3,67	0,00	3,67	59,499	13157,087
P94	2100,000	25,000	3,90	3,52	7,42	185,583	14671,982	1,71	0,00	1,71	42,742	13199,829
P95	2125,000	25,000	3,18	4,14	7,32	182,880	14854,862	0,00	0,00	0,00	0,000	13199,829
P96	2150,000	25,000	3,79	4,51	8,31	207,667	15062,529	0,00	0,00	0,00	0,000	13199,829
P97	2175,000	25,000	4,14	6,56	10,70	267,589	15330,118	0,00	0,00	0,00	0,000	13199,829
P98	2200,000	25,000	3,78	9,74	13,52	338,031	15668,148	0,00	0,00	0,00	0,000	13199,829
P99	2225,000	25,000	2,19	13,23	15,42	385,551	16053,699	0,00	0,00	0,00	0,000	13199,829
P100	2250,000	25,000	1,18	20,06	21,24	531,008	16584,707	0,02	0,00	0,02	0,599	13200,428
P101	2275,000	14,671	0,73	17,98	18,71	274,538	16859,245	2,99	0,00	2,99	43,868	13244,296
P102	2279,342	12,500	0,70	18,76	19,46	243,298	17102,542	3,24	0,00	3,24	40,533	13284,829
P103	2300,000	22,829	0,31	20,06	20,38	465,153	17567,696	4,44	0,00	4,44	101,451	13386,280
P104	2325,000	25,000	1,47	24,18	25,65	641,335	18209,030	0,00	0,00	0,00	0,024	13386,304
P105	2350,000	25,000	2,74	5,74	8,48	211,964	18420,994	0,00	0,00	0,00	0,000	13386,304
P106	2375,000	25,000	2,12	2,27	4,39	109,738	18530,732	0,00	0,00	0,00	0,000	13386,304
P107	2400,000	18,635	2,86	3,19	6,05	112,792	18643,524	0,00	0,00	0,00	0,000	13386,304
P108	2412,269	6,135	2,54	2,87	5,40	33,157	18676,681	0,00	0,00	0,00	0,000	13386,304

- **Volume de déblai total : 18677 m³.**
- **Volume de remblai total : 13386 m³.**
- **Excès de déblai : 5291 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	239340,586	3984233,998
S1	239327,895	3984471,831
S2	239417,017	3984728,962
S3	239678,196	3985104,095
S4	239719,454	3985650,691
S5	239603,898	3986064,991
S6	239726,689	3986284,283
B	239698,970	3986551,916

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 "

	DX	DY	distance	GIS	béta
A-S1	-12,691	237,834	238,172	396,606	/
S1-S2	89,122	257,130	272,137	21,241	24,634
S2-S3	261,179	375,134	457,099	38,719	17,478
S3-S4	41,258	546,596	548,151	395,204	43,515
S4-S5	-115,557	414,299	430,113	17,317	22,113
S5-S6	122,792	219,292	251,330	367,504	49,813
S6-B	-27,719	267,633	269,065	393,430	25,926

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	239340,586	3984233,998	138,155	0
P2	25,000	25,000	239339,254	3984258,962	136,895	-1,259
P3	50,000	25,000	239337,921	3984283,927	135,636	-1,259
P4	75,000	15,928	239336,589	3984308,891	134,376	-1,259
P5	81,856	12,500	239336,224	3984315,738	134,031	-0,345
P6	100,000	21,572	239335,463	3984333,865	133,117	-0,914
P7	125,000	25,000	239335,091	3984358,861	131,858	-1,259
P8	150,000	25,000	239335,502	3984383,857	130,598	-1,259

P9	175,000	25,000	239336,696	3984408,827	129,339	-1,259
P10	200,000	25,000	239338,671	3984433,748	128,079	-1,259
P11	225,000	25,000	239341,426	3984458,595	126,820	-1,259
P12	250,000	25,000	239344,959	3984483,343	125,560	-1,259
P13	275,000	25,000	239349,265	3984507,968	124,301	-1,259
P14	300,000	25,000	239354,340	3984532,447	123,042	-1,259
P15	325,000	25,000	239360,180	3984556,754	121,875	-1,166
P16	350,000	25,000	239366,779	3984580,866	120,887	-0,988
P17	375,000	20,288	239374,130	3984604,760	120,078	-0,809
P18	390,577	7,795	239379,087	3984619,527	119,664	-0,414
P19	390,589	4,712	239379,091	3984619,539	119,664	0,000
P20	400,000	17,205	239382,223	3984628,413	119,447	-0,216
P21	425,000	25,000	239391,024	3984651,811	118,995	-0,452
P22	450,000	25,000	239400,519	3984674,937	118,721	-0,274
P23	475,000	25,000	239410,700	3984697,769	118,626	-0,095
P24	500,000	25,000	239421,556	3984720,288	118,710	0,084
P25	525,000	25,000	239433,080	3984742,473	118,972	0,262
P26	550,000	25,000	239445,259	3984764,304	119,413	0,441
P27	575,000	25,000	239458,085	3984785,763	120,001	0,588
P28	600,000	22,875	239471,544	3984806,829	120,603	0,603
P29	620,751	12,500	239483,189	3984824,004	121,104	0,500
P30	625,000	14,625	239485,617	3984827,491	121,206	0,102
P31	650,000	25,000	239499,901	3984848,008	121,809	0,603
P32	675,000	25,000	239514,186	3984868,525	122,411	0,603
P33	700,000	25,000	239528,470	3984889,043	123,014	0,603
P34	725,000	25,000	239542,755	3984909,560	123,617	0,603
P35	750,000	25,000	239557,039	3984930,077	124,220	0,603
P36	775,000	25,000	239571,324	3984950,594	124,822	0,603
P37	800,000	25,000	239585,609	3984971,111	125,425	0,603
P38	825,000	25,000	239599,893	3984991,628	126,028	0,603
P39	850,000	20,002	239614,178	3985012,145	126,630	0,603
P40	865,004	12,500	239622,751	3985024,459	126,992	0,362
P41	875,000	17,498	239628,346	3985032,741	127,233	0,241
P42	900,000	25,000	239641,302	3985054,116	127,836	0,603
P43	925,000	25,000	239652,725	3985076,348	128,395	0,559
P44	950,000	25,000	239662,557	3985099,328	128,803	0,408
P45	975,000	25,000	239670,751	3985122,942	129,055	0,252
P46	1000,000	25,000	239677,265	3985147,073	129,151	0,096
P47	1025,000	25,000	239682,068	3985171,602	129,091	-0,061
P48	1050,000	14,732	239685,136	3985196,408	128,874	-0,217
P49	1054,464	12,500	239685,500	3985200,857	128,819	-0,055
P50	1075,000	22,768	239687,046	3985221,335	128,501	-0,318
P51	1100,000	25,000	239688,927	3985246,264	127,972	-0,529
P52	1125,000	25,000	239690,809	3985271,193	127,286	-0,686
P53	1150,000	25,000	239692,691	3985296,122	126,444	-0,842

P54	1175,000	25,000	239694,572	3985321,051	125,446	-0,998
P55	1200,000	25,000	239696,454	3985345,980	124,292	-1,154
P56	1225,000	25,000	239698,336	3985370,909	123,068	-1,224
P57	1250,000	25,000	239700,217	3985395,838	121,844	-1,224
P58	1275,000	25,000	239702,099	3985420,767	120,619	-1,224
P59	1300,000	25,000	239703,981	3985445,696	119,395	-1,224
P60	1325,000	25,000	239705,862	3985470,625	118,171	-1,224
P61	1350,000	25,000	239707,744	3985495,554	116,946	-1,224
P62	1375,000	25,000	239709,626	3985520,484	115,722	-1,224
P63	1400,000	14,374	239711,508	3985545,413	114,498	-1,224
P64	1403,747	12,500	239711,790	3985549,150	114,314	-0,184
P65	1425,000	23,126	239713,001	3985570,366	113,269	-1,046
P66	1450,000	25,000	239713,431	3985595,361	111,869	-1,400
P67	1475,000	25,000	239712,784	3985620,350	110,219	-1,650
P68	1500,000	25,000	239711,061	3985645,289	108,320	-1,900
P69	1525,000	25,000	239708,267	3985670,130	106,170	-2,150
P70	1550,000	25,000	239704,405	3985694,828	103,771	-2,400
P71	1575,000	25,000	239699,483	3985719,337	101,202	-2,569
P72	1600,000	15,179	239693,511	3985743,611	98,629	-2,573
P73	1605,357	12,500	239692,096	3985748,778	98,078	-0,551
P74	1625,000	22,321	239686,818	3985767,699	96,056	-2,022
P75	1650,000	25,000	239680,102	3985791,780	93,483	-2,573
P76	1675,000	25,000	239673,385	3985815,860	90,909	-2,573
P77	1700,000	25,000	239666,668	3985839,941	88,336	-2,573
P78	1725,000	25,000	239659,952	3985864,022	85,932	-2,404
P79	1750,000	25,000	239653,235	3985888,103	84,131	-1,802
P80	1775,000	19,233	239646,519	3985912,184	82,953	-1,178
P81	1788,465	12,500	239642,901	3985925,154	82,570	-0,383
P82	1800,000	18,267	239639,985	3985936,313	82,283	-0,287
P83	1825,000	25,000	239634,928	3985960,791	81,662	-0,621
P84	1850,000	25,000	239631,621	3985985,566	80,992	-0,670
P85	1875,000	25,000	239630,081	3986010,514	79,960	-1,032
P86	1900,000	25,000	239630,316	3986035,507	78,571	-1,389
P87	1925,000	25,000	239632,324	3986060,421	77,137	-1,433
P88	1950,000	25,000	239636,095	3986085,130	75,704	-1,433
P89	1975,000	25,000	239641,610	3986109,509	74,271	-1,433
P90	2000,000	25,000	239648,841	3986133,434	72,837	-1,433
P91	2025,000	25,000	239657,753	3986156,786	71,404	-1,433
P92	2050,000	19,424	239668,299	3986179,447	70,118	-1,286
P93	2063,847	7,140	239674,825	3986191,659	69,658	-0,460
P94	2064,279	5,576	239675,036	3986192,036	69,647	-0,011
P95	2075,000	17,860	239680,123	3986201,473	69,427	-0,220
P96	2100,000	25,000	239690,788	3986224,077	69,311	-0,116
P97	2125,000	25,000	239699,732	3986247,416	69,307	-0,004
P98	2150,000	25,000	239706,904	3986271,360	69,304	-0,004

P99	2175,000	25,000	239712,263	3986295,772	69,300	-0,004
P100	2200,000	25,000	239715,780	3986320,518	69,297	-0,004
P101	2225,000	25,000	239717,435	3986345,457	69,293	-0,004
P102	2250,000	22,024	239717,218	3986370,450	69,289	-0,004
P103	2269,049	12,500	239715,798	3986389,444	69,285	-0,005
P104	2275,000	15,476	239715,185	3986395,363	69,258	-0,026
P105	2300,000	25,000	239712,609	3986420,230	68,838	-0,420
P106	2325,000	25,000	239710,034	3986445,097	68,064	-0,775
P107	2350,000	25,000	239707,458	3986469,964	67,275	-0,789
P108	2375,000	25,000	239704,883	3986494,831	66,486	-0,789
P109	2400,000	25,000	239702,307	3986519,698	65,698	-0,789
P110	2425,000	16,195	239699,732	3986544,565	64,909	
P111	2432,390	3,695	239698,970	3986551,916	64,676	
LT	2432,390				DH	-72,457

- $\Sigma \Delta H = 72,457m$
- $\Sigma \text{Distance} = 2432,390m$

$$Dc = \frac{\Sigma \Delta H}{\Sigma \text{Distance}} = \frac{72,457}{2432,390} = 0,0298 \quad \Rightarrow \quad Dc=2.98\%$$

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 ≤ 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 **CAT2** 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) :**

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

❖ **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 :**

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

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	800
R2	825
R3	350
R4	575
R5	350
R6	350

II-2-2-6- Détermination des éléments des raccordements circulaire :

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

Virage	Tangente (m)	Bissectrice (m)	Flèche (m)	Développée (m)
1	156,741	15,210	14,926,	309,560
2	113,966	7,834	7,761	226,499
3	124,504	21,485	20,243	239,236
4	100,880	8,782	8,650	199,726
5	144,373	28,607	26,446	273,861
6	72,269	7,383	7,231	142,536

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

$$Lad = AT1 + T'1T2 + T2T3 + T3T4 + T4T5 + T5T6 + T6B$$

$$Lad = 81,431+1,43+236,629+322,767+ 184,86+34,688+ 196,796 \longrightarrow$$

$$Lad = 1058,601 \text{ m}$$

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

$$Lc = D1 + D2 + D3 + D4 + D5 + D6$$

$$Lc = 309,560 + 226,499 + 239,236 + 199,726 + 273,861 + 142,536 \longrightarrow$$

$$Lc = 1391,508 \text{ m}$$

• **Longueur totale du tronçon : LT**

$$LT = Lad + Lc$$

$$LT = 1058,601 \text{ m} + 1391,508 \longrightarrow LT = 2450,109 \text{ m}$$

- **Pourcentage Aligement droit : % alig_Droit = 43 %**
- **Pourcentage Courbe : % courbe = 57 %**

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	2,65	2,76	5,42	67,703	67,703	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
P2	25,000	25,000	1,98	2,10	4,08	102,046	169,749	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
P3	50,000	25,000	1,59	0,44	2,03	50,784	220,533	0,00	3,17	3,17	79,325	79,325
P4	75,000	15,928	1,34	1,63	2,97	47,355	267,887	0,00	0,00	0,00	0,000	79,325
P5	81,856	12,500	1,29	2,07	3,35	41,903	309,791	0,00	2,39	2,39	29,879	109,204
P6	100,000	21,572	1,70	1,77	3,48	75,006	384,796	0,00	3,25	3,25	70,087	179,291
P7	125,000	25,000	1,64	1,00	2,64	66,028	450,824	3,40	1,81	5,21	130,278	309,568
P8	150,000	25,000	1,65	1,09	2,74	68,458	519,282	3,94	0,00	3,94	98,550	408,118
P9	175,000	25,000	0,67	0,93	1,60	39,993	559,275	3,04	2,42	5,46	136,576	544,693
P10	200,000	25,000	1,04	0,51	1,55	38,807	598,082	2,92	2,42	5,34	133,522	678,215
P11	225,000	25,000	0,69	0,14	0,83	20,787	618,869	3,01	2,72	5,72	143,026	821,241
P12	250,000	25,000	0,16	0,00	0,16	4,092	622,961	3,54	2,92	6,46	161,565	982,805
P13	275,000	25,000	0,03	0,00	0,03	0,740	623,702	3,43	3,55	6,99	174,633	1157,438
P14	300,000	25,000	0,57	0,00	0,57	14,366	638,068	2,74	2,92	5,66	141,500	1298,938
P15	325,000	25,000	1,00	1,02	2,02	50,584	688,652	2,01	2,42	4,42	110,581	1409,519
P16	350,000	25,000	1,78	1,12	2,90	72,537	761,189	0,00	2,22	2,22	55,592	1465,111
P17	375,000	20,288	2,03	1,64	3,67	74,382	835,571	0,00	2,68	2,68	54,451	1519,562
P18	390,577	7,795	2,17	1,81	3,99	31,088	866,659	0,00	0,00	0,00	0,000	1519,562
P19	390,589	4,712	2,17	1,81	3,99	18,792	885,451	0,00	0,00	0,00	0,000	1519,562
P20	400,000	17,205	2,33	1,99	4,32	74,256	959,706	0,00	0,00	0,00	0,000	1519,562
P21	425,000	25,000	4,18	2,37	6,55	163,671	1123,377	2,57	0,00	2,57	64,307	1583,869
P22	450,000	25,000	3,52	2,47	5,99	149,830	1273,207	1,68	0,00	1,68	41,885	1625,754
P23	475,000	25,000	4,36	2,28	6,64	166,021	1439,228	1,85	0,00	1,85	46,303	1672,057
P24	500,000	25,000	5,12	2,71	7,82	195,621	1634,849	1,68	0,00	1,68	41,888	1713,945
P25	525,000	25,000	3,13	2,81	5,94	148,496	1783,345	0,00	0,00	0,00	0,000	1713,945
P26	550,000	25,000	3,03	2,73	5,76	144,009	1927,354	0,00	0,00	0,00	0,000	1713,945
P27	575,000	25,000	3,09	2,69	5,78	144,554	2071,908	0,00	0,00	0,00	0,000	1713,945
P28	600,000	22,875	2,89	2,71	5,60	128,147	2200,055	0,00	0,00	0,00	0,000	1713,945
P29	620,751	12,500	2,85	2,75	5,60	70,043	2270,098	0,00	0,00	0,00	0,000	1713,945
P30	625,000	14,625	2,45	2,80	5,25	76,740	2346,838	0,00	0,00	0,00	0,000	1713,945
P31	650,000	25,000	2,34	2,50	4,84	120,941	2467,780	0,00	0,00	0,00	0,000	1713,945

P32	675,000	25,000	1,68	0,37	2,05	51,289	2519,069	0,00	3,88	3,88	97,029	1810,974
P33	700,000	25,000	3,24	3,38	6,63	165,671	2684,740	0,00	0,00	0,00	0,000	1810,974
P34	725,000	25,000	3,82	3,53	7,35	183,638	2868,378	0,00	0,00	0,00	0,000	1810,974
P35	750,000	25,000	4,91	5,22	10,13	253,253	3121,631	0,00	0,00	0,00	0,000	1810,974
P36	775,000	25,000	3,99	4,23	8,22	205,473	3327,104	0,00	0,00	0,00	0,000	1810,974
P37	800,000	25,000	3,96	4,34	8,29	207,332	3534,436	0,00	0,00	0,00	0,000	1810,974
P38	825,000	25,000	4,01	4,51	8,52	213,067	3747,502	0,00	0,00	0,00	0,000	1810,974
P39	850,000	20,002	4,36	4,76	9,12	182,480	3929,982	0,00	0,00	0,00	0,000	1810,974
P40	865,004	12,500	4,55	4,92	9,47	118,335	4048,317	0,00	0,00	0,00	0,000	1810,974
P41	875,000	17,498	4,61	4,89	9,51	166,372	4214,690	0,00	0,00	0,00	0,000	1810,974
P42	900,000	25,000	4,25	4,63	8,87	221,865	4436,554	0,00	0,00	0,00	0,000	1810,974
P43	925,000	25,000	3,57	3,98	7,55	188,797	4625,352	0,00	0,00	0,00	0,000	1810,974
P44	950,000	25,000	2,08	1,92	4,00	100,051	4725,403	0,00	1,66	1,66	41,562	1852,536
P45	975,000	25,000	1,48	1,12	2,60	65,113	4790,516	0,00	0,00	0,00	0,000	1852,536
P46	1000,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	4790,516	19,10	17,02	36,13	903,197	2755,733
P47	1025,000	25,000	0,15	0,46	0,62	15,430	4805,946	0,08	0,00	0,08	1,909	2757,642
P48	1050,000	14,732	0,14	0,00	0,14	2,035	4807,981	3,16	3,67	6,84	100,720	2858,362
P49	1054,464	12,500	0,03	0,00	0,03	0,326	4808,306	3,74	8,55	12,29	153,641	3012,002
P50	1075,000	22,768	0,00	0,00	0,00	0,000	4808,306	4,78	0,61	5,38	122,570	3134,573
P51	1100,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	4808,306	16,03	6,24	22,27	556,806	3691,379
P52	1125,000	25,000	0,69	1,26	1,95	48,856	4857,163	2,42	0,00	2,42	60,384	3751,763
P53	1150,000	25,000	1,53	1,60	3,13	78,197	4935,360	0,00	0,00	0,00	0,000	3751,763
P54	1175,000	25,000	1,98	2,58	4,56	113,918	5049,278	0,00	0,00	0,00	0,000	3751,763
P55	1200,000	25,000	3,14	4,14	7,28	182,066	5231,344	0,00	0,00	0,00	0,000	3751,763
P56	1225,000	25,000	4,51	2,63	7,14	178,537	5409,881	2,09	0,00	2,09	52,237	3804,000
P57	1250,000	25,000	1,31	1,48	2,79	69,649	5479,530	0,00	0,00	0,00	0,000	3804,000
P58	1275,000	25,000	2,33	2,30	4,63	115,641	5595,171	0,00	0,00	0,00	0,000	3804,000
P59	1300,000	25,000	2,44	2,47	4,91	122,814	5717,985	0,00	0,00	0,00	0,000	3804,000
P60	1325,000	25,000	2,15	2,31	4,46	111,404	5829,388	0,00	0,00	0,00	0,000	3804,000
P61	1350,000	25,000	2,45	2,59	5,03	125,787	5955,175	0,00	0,00	0,00	0,000	3804,000
P62	1375,000	25,000	2,29	2,36	4,65	116,145	6071,320	0,00	0,00	0,00	0,000	3804,000
P63	1400,000	14,374	2,27	2,69	4,95	71,171	6142,491	0,00	0,00	0,00	0,000	3804,000
P64	1403,747	12,500	2,15	2,56	4,71	58,817	6201,308	0,00	0,00	0,00	0,000	3804,000
P65	1425,000	23,126	1,89	2,77	4,66	107,813	6309,121	0,00	0,00	0,00	0,000	3804,000
P66	1450,000	25,000	0,94	1,88	2,82	70,536	6379,658	0,00	0,00	0,00	0,000	3804,000
P67	1475,000	25,000	0,74	0,99	1,73	43,177	6422,835	2,45	0,00	2,45	61,350	3865,349
P68	1500,000	25,000	0,86	1,19	2,06	51,446	6474,282	0,00	0,00	0,00	0,000	3865,349
P69	1525,000	25,000	2,18	2,23	4,42	110,400	6584,681	0,00	0,00	0,00	0,000	3865,349
P70	1550,000	25,000	3,30	7,49	10,79	269,795	6854,477	0,00	0,00	0,00	0,000	3865,349
P71	1575,000	25,000	3,98	5,93	9,90	247,562	7102,039	0,00	0,00	0,00	0,000	3865,349
P72	1600,000	15,179	4,77	21,44	26,20	397,736	7499,775	0,00	0,00	0,00	0,000	3865,349
P73	1605,357	12,500	4,76	20,13	24,89	311,072	7810,846	0,00	0,00	0,00	0,000	3865,349
P74	1625,000	22,321	6,06	7,31	13,36	298,230	8109,076	0,00	0,00	0,00	0,000	3865,349
P75	1650,000	25,000	14,21	15,75	29,96	749,107	8858,183	0,00	0,00	0,00	0,000	3865,349
P76	1675,000	25,000	12,99	8,18	21,17	529,201	9387,384	0,00	0,00	0,00	0,000	3865,349
P77	1700,000	25,000	16,83	5,15	21,98	549,498	9936,882	0,00	3,56	3,56	89,026	3954,375
P78	1725,000	25,000	14,53	1,06	15,59	389,644	10326,525	0,00	2,89	2,89	72,200	4026,575
P79	1750,000	25,000	4,90	0,01	4,91	122,803	10449,329	0,00	6,66	6,66	166,460	4193,034
P80	1775,000	19,233	14,06	3,53	17,60	338,410	10787,738	0,00	0,00	0,00	0,000	4193,034
P81	1788,465	12,500	11,39	4,69	16,08	200,970	10988,709	0,00	0,00	0,00	0,000	4193,034
P82	1800,000	18,267	16,98	7,25	24,23	442,627	11431,336	0,00	0,00	0,00	0,000	4193,034
P83	1825,000	25,000	10,71	6,12	16,82	420,617	11851,953	0,00	0,00	0,00	0,000	4193,034

P84	1850,000	25,000	4,57	4,10	8,67	216,685	12068,638	0,00	0,00	0,00	0,000	4193,034
P85	1875,000	25,000	3,17	2,55	5,72	142,911	12211,549	0,00	0,00	0,00	0,000	4193,034
P86	1900,000	25,000	2,96	2,15	5,11	127,850	12339,399	0,00	0,00	0,00	0,000	4193,034
P87	1925,000	25,000	3,01	1,85	4,86	121,413	12460,812	0,00	0,00	0,00	0,000	4193,034
P88	1950,000	25,000	3,11	2,52	5,63	140,657	12601,469	0,00	0,00	0,00	0,000	4193,034
P89	1975,000	25,000	3,74	3,00	6,74	168,510	12769,979	0,00	0,00	0,00	0,000	4193,034
P90	2000,000	25,000	2,90	4,39	7,29	182,255	12952,234	0,00	0,00	0,00	0,000	4193,034
P91	2025,000	25,000	5,44	5,67	11,11	277,864	13230,098	0,00	0,00	0,00	0,000	4193,034
P92	2050,000	19,424	0,39	7,01	7,40	143,769	13373,867	5,77	0,00	5,77	112,100	4305,134
P93	2063,847	7,140	0,04	5,19	5,24	37,395	13411,262	3,96	0,00	3,96	28,243	4333,377
P94	2064,279	5,576	0,93	5,33	6,26	34,931	13446,193	3,20	0,00	3,20	17,824	4351,201
P95	2075,000	17,860	4,60	9,74	14,35	256,212	13702,405	3,73	0,00	3,73	66,538	4417,739
P96	2100,000	25,000	8,28	6,19	14,47	361,808	14064,213	1,80	0,00	1,80	45,008	4462,747
P97	2125,000	25,000	2,81	3,77	6,58	164,585	14228,797	0,00	0,00	0,00	0,000	4462,747
P98	2150,000	25,000	2,45	3,17	5,62	140,406	14369,203	0,00	0,00	0,00	0,000	4462,747
P99	2175,000	25,000	2,67	3,02	5,69	142,133	14511,336	0,00	0,00	0,00	0,000	4462,747
P100	2200,000	25,000	2,73	7,51	10,24	256,005	14767,341	0,00	0,00	0,00	0,000	4462,747
P101	2225,000	25,000	2,39	9,99	12,39	309,642	15076,983	0,00	0,00	0,00	0,000	4462,747
P102	2250,000	22,024	1,67	17,50	19,16	422,072	15499,055	0,00	0,00	0,00	0,000	4462,747
P103	2269,049	12,500	2,09	13,31	15,40	192,515	15691,570	0,00	0,00	0,00	0,000	4462,747
P104	2275,000	15,476	1,84	13,74	15,57	241,002	15932,572	0,00	0,00	0,00	0,000	4462,747
P105	2300,000	25,000	1,28	12,61	13,89	347,127	16279,698	0,00	0,00	0,00	0,000	4462,747
P106	2325,000	25,000	3,29	16,85	20,14	503,470	16783,169	0,00	0,00	0,00	0,000	4462,747
P107	2350,000	25,000	4,19	4,55	8,74	218,540	17001,708	0,00	0,00	0,00	0,000	4462,747
P108	2375,000	25,000	3,75	3,67	7,42	185,461	17187,169	0,00	0,00	0,00	0,000	4462,747
P109	2400,000	25,000	3,28	3,54	6,82	170,480	17357,649	0,00	0,00	0,00	0,000	4462,747
P110	2425,000	16,195	2,36	2,87	5,23	84,722	17442,371	0,00	0,00	0,00	0,000	4462,747
P111	2432,390	3,695	2,44	2,87	5,31	19,634	17462,005	0,00	0,00	0,00	0,000	4462,747

- **Volume de déblai total : 17462 m³**
- **Volume de remblai total : 4463 m³**
- **Excès de remblai: 12999 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	2412,23	2450,109	+	-
Pourcentage Alignement Droit / Pourcentage courbe	%	40% / 60%	43% / 57%	-	+
Rayon minimal	m	350	350	+	+
Rayon maximal	m	765	825	+	+
Nombre de courbes	/	6	7	+	-
Déblai - Remblai	m ³	5291	12999	+	-
				5	3

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°1** 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 nuls 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 **Vr = 80km/h** donc la pente maximale **Imax =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 **Rv min = 0.3 V²**

Tel que :

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

❖ **Condition de visibilité**

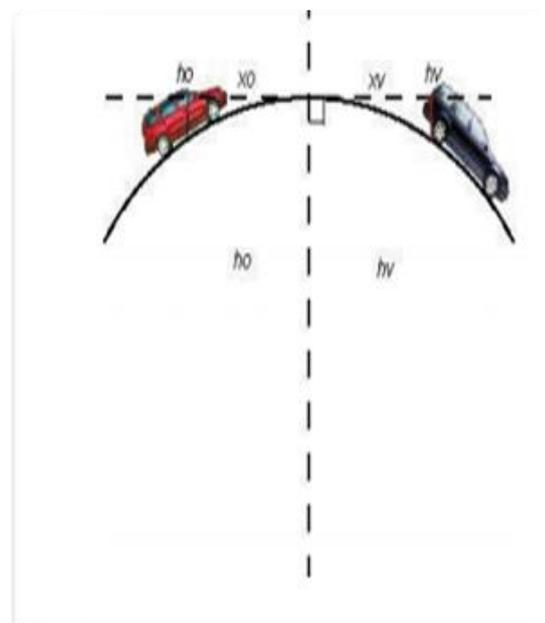
Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme condition supplémentaire à celle de la condition de confort.

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 bidirectionnelle :

$$h_0 = 1.10 \text{ m}, h_1 = 0.20 \text{ m}$$

On trouve:

- $Rv = a d^2 a = 0.22$ pour cat 1-2
- $Rv = 0.22 d^2$

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 :

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

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

❖ **Rayon minimal normal :**

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

$$RVN'_{vr} = RVM'(vr + 20).$$

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

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

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

Tableau- III.3 : Rayons concaves (angle rentrant). Cat2, V80.

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R' Vm	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.

Rvmin : 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.

P, Q : deux points connus sur i_1, i_2

Q : centre du cercle de rayon R

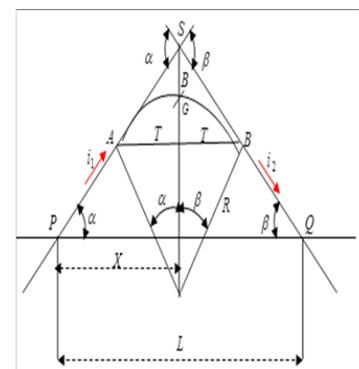


Figure III.1 Eléments du profil en long

- 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 raccords 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.

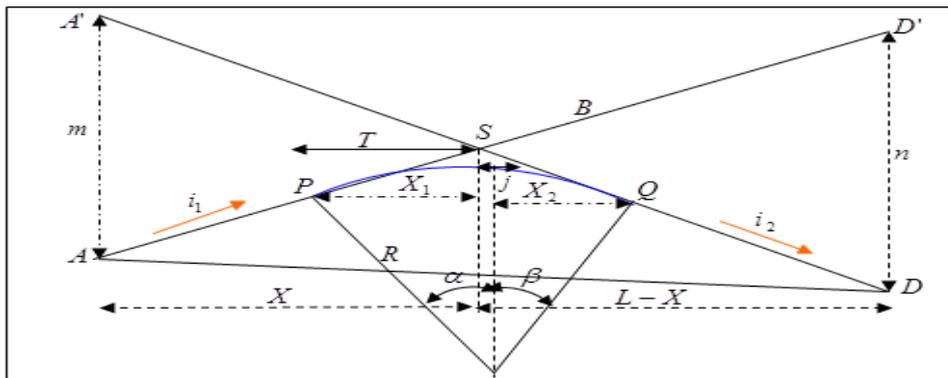


Figure III.2 : Pratiques du profil en long.

❖ **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:

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

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

❖ **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 :**

$$F = T^2 / 2R$$

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

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

III-10- APPLICATION DE PROJET :2

Tableau III.4 : Caractéristique des rayons verticaux.

Catégorie	C2	
Environnement	E2	
Vitesse (km/h)	80	
Rayon en angle saillant RV 	Route bidirectionnelle :	(1×2 voies)
	RVm1 (minimal absolu) en m	2500
	RVn1 (minimal normal) en m	6000
Rayon en angle rentrant RV 	Route bidirectionnelle :	(1×2 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 :

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

Exemple 1 :

Pour R = 1905m

1- Condition de visibilité: Pour les chaussées bidirectionnelles

$$h1 = 1.1\text{m} \quad , \quad h2 = 0.2\text{m}$$

$$D = \sqrt{2R} (\sqrt{h1} + \sqrt{h2})$$

$$D = \sqrt{(2 \times 1905)} (\sqrt{1.1} + \sqrt{0.2})$$

$$D = 92.34\text{m}$$

$$R_{\min} = \frac{D^2}{2(h_1 + h_2 + 2 \times \sqrt{h_1 \times h_2})}$$

$$R_{\min} = 1875.87\text{m}$$

$$d = 0,01(Vr^2) + 0,4 \times Vr$$

$$d = 0,01 \times (80^2) + 0,4 \times 80$$

$$d = 96\text{m}$$

$$R = 0,222d^2$$

$$R = 0,222 \times (96)^2$$

$$R = 2045,95\text{m}$$

2- Calcul des déclivités :

Pente / Rampe	$X_i = P_i \times R$	$Y_i = ((P_i)^2 \times R) / 2$
P1= -4,857%	$X_1 = -0,04857 \times 2045,95 = -99.37\text{m}$	$Y_1 = ((-0,04857)^2 \times 2045,95) / 2 = 2.41\text{m}$
P2= 1,912%	$X_2 = 0,01912 \times 2045,95 = 39.12\text{m}$	$Y_2 = ((0,01912)^2 \times 2045,95) / 2 = 0.37\text{m}$
P3= -3,785%	$X_3 = -0,03785 \times 2045,95 = -77.44\text{m}$	$Y_3 = ((-0,03785)^2 \times 2045,95) / 2 = 1.47\text{m}$
P4= -6,533%	$X_4 = -0,06533 \times 2045,95 = -133.66\text{m}$	$Y_4 = ((-0,06533)^2 \times 2045,95) / 2 = 4.37\text{m}$
P5= 1,508%	$X_5 = 0,01508 \times 2045,95 = 30.85\text{m}$	$Y_5 = ((0,01508)^2 \times 2045,95) / 2 = 0.23\text{m}$
P6= -4,004%	$X_6 = -0,04004 \times 2045,95 = -81.92\text{m}$	$Y_6 = ((-0,04004)^2 \times 2045,95) / 2 = 1.64\text{m}$

2- Calcul de la tangente :

$$T = (R(p_1 + p_2)) / 2$$

$$T_1 = (1285(-0,04857 + 0,01912)) / 2 = 19\text{m}$$

$$T_2 = (1905(0,01912 - 0,03785)) / 2 = 18\text{m}$$

$$T_3 = (9340(-0,03785 + 0,06533)) / 2 = 128\text{m}$$

$$T_4 = (2955(-0,06533 + 0,01508)) / 2 = 74\text{m}$$

$$T_5 = (1505(0,01508 - 0,04004)) / 2 = 19\text{m}$$

3- Calcul de la flèche :

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

$$F_1 = 0,14\text{m}$$

$$F_2 = 0,09\text{m}$$

$$F_3 = 0,88\text{m}$$

$$F_4 = 0,93\text{m}$$

$$F_5 = 0,12\text{m}$$

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	-4,857 1,912	Rentrant	diff sens	1285	19	0,14
S2	1,912 -3,785	Saillant	diff sens	1905	18	0,09
S3	-3,785 -6,533	Rentrant	Mm sens	9340	128	0,88
S4	-6,533 1,508	Rentrant	diff sens	2955	74	0,93
S5	1,508 -4,004	Saillant	diff sens	1505	19	0,12

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.

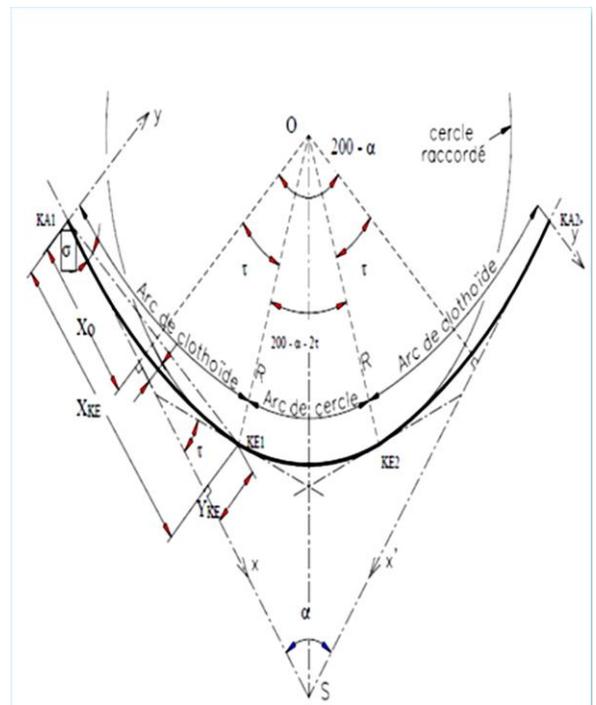


Figure IV.1 : Les éléments de la clothoïde.

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.

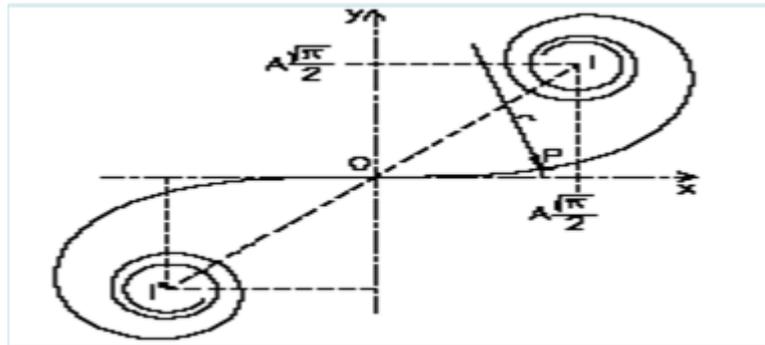


Figure IV.2 : La propriété de clothoïde.

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 :

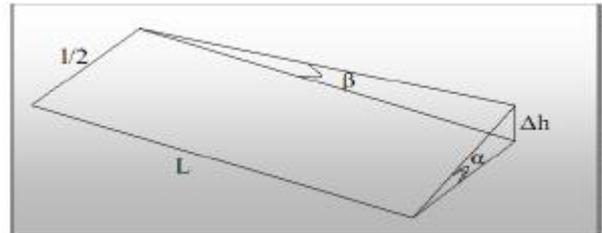
Elle se traduit par la limitation de la pente relative en profil en long du bord de la chaussée déversée.

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

L : Longueur de raccordement.

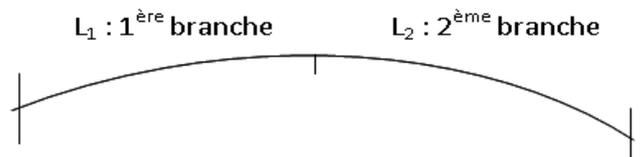
l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.



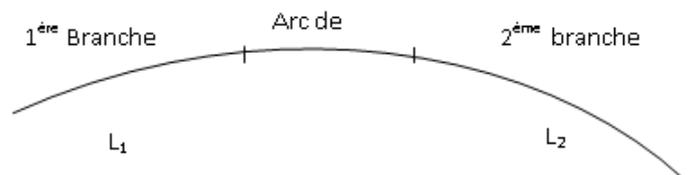
IV-5-4- La Vérification de non chevauchement :

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



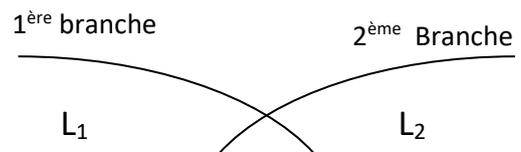
Clothoïde sans arc de cercle.

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	765
R2	525
R3	430
R4	400
R5	350

Dévers associé d(R)	
d(R1)	2,5 %
d(R2)	2,5 %
d(R3)	2,5 %
d(R4)	2,5 %
d(R5)	2,5 %

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

Exemple pour $R_1=765$ m :

a- Condition d'optique :

$$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \text{ Comme } R = 765 \text{ m} \leq 1500\text{m} \quad \Delta R = 1\text{m}$$

$$L \geq \sqrt{24 \times 765 \times 1} \quad L_1 \geq 135,50$$

b- Condition de gauchissement :

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

- $L = 7$ m

- $V_r = 80$ Km/h

$$L_2 \geq 7 \times 0,095 \times 80 \quad L_2 \geq 53,2\text{m}$$

c- Condition dynamique :

$$L_3 \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127,765} - 0,095 \right) \quad L_3 \geq 10,36\text{m}$$

$$L = \text{Max} (L_1, L_2, L_3) = 135,5\text{m}.$$

Exemple pour $R_2=525$ m :

b- Condition d'optique :

$$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \text{ Comme } R = 525 \text{ m} \leq 1500\text{m} \quad \Delta R = 1\text{m}$$

$$L \geq \sqrt{24 \times 525 \times 1} \quad L_1 \geq 112,25\text{m}$$

b- Condition de gauchissement :

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

- $L = 7$ m

- $V_r = 80$ Km/h

$$L_2 \geq 7 \times 0,095 \times 80 \quad L_2 \geq 53,2\text{m}$$

d- Condition dynamique :

$$L_3 \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127,525} - 0,095 \right) \quad L_3 \geq 0,35\text{m}$$

$$L = \text{Max} (L_1, L_2, L_3) = 112,25 \text{ m}.$$

Exemple pour R3=430 m :

a-Condition d'optique :

$$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \text{ Comme } R = 430 \text{ m} \leq 1500\text{m} \quad \Delta R = 1\text{m}$$

$$L \geq \sqrt{24 \times 430 \times 1} \quad L_1 \geq 101,59$$

b- Condition de gauchissement :

$$L_2 \geq L \cdot \Delta d \cdot V_r \text{ Avec : } \Delta d = df - di \Delta d = 7 - (-2,5) \Delta d = 9.5 \%$$

- $L = 7 \text{ m}$

- $V_r = 80 \text{ Km/ h}$

$$L_2 \geq 7 \times 0.095 \times 80 \quad L_2 \geq 53,2\text{m}$$

Condition dynamique :

$$L_3 \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127.430} - 0.095 \right) \quad L_3 \geq 7,89\text{m}$$

$$L = \text{Max} (L_1, L_2, L_3) = 101,59\text{m}.$$

Exemple pour R4=400 m :

c- Condition d'optique :

$$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \text{ Comme } R = 400 \text{ m} \leq 1500\text{m} \quad \Delta R = 1\text{m}$$

$$L \geq \sqrt{24 \times 400 \times 1} \quad L_1 \geq 97,98\text{m}$$

b- Condition de gauchissement :

$$L_2 \geq L \cdot \Delta d \cdot V_r \text{ Avec : } \Delta d = df - di \Delta d = 7 - (-2,5) \Delta d = 9.5 \%$$

- $L = 7 \text{ m}$

- $V_r = 80 \text{ Km/ h}$

$$L_2 \geq 7 \times 0.095 \times 80 \quad L_2 \geq 53,2\text{m}$$

e- Condition dynamique :

$$L_3 \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127.400} - 0.095 \right) \quad L_3 \geq 11,02\text{m}$$

$$L = \text{Max} (L_1, L_2, L_3) = 97,98\text{m}.$$

Exemple pour R5=350 m :

d-Condition d'optique :

$$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \text{ Comme } R = 350 \text{ m} \leq 1500\text{m} \quad \Delta R = 1\text{m}$$

$$L \geq \sqrt{24 \times 350 \times 1} \quad L_1 \geq 91,65\text{m}$$

b- Condition de gauchissement :

$$L_2 \geq L \cdot \Delta d \cdot V_r \text{ Avec : } \Delta d = df - di \Delta d = 7 - (-2,5) \Delta d = 9.5 \%$$

- $L = 7 \text{ m}$

- $V_r = 80 \text{ Km/ h}$

$$L_2 \geq 7 \times 0.095 \times 80 \quad L_2 \geq 53,2\text{m}$$

f- Condition dynamique :

$$L_3 \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127.350} - 0.095 \right) \quad L_3 \geq 17,42\text{m}$$

$$L = \text{Max} (L_1, L_2, L_3) = 91,65\text{m}.$$

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 (gr)	$\beta/2$ (gr)			
1	135.50	53,2	10,36	4,58	20,43	135,5	136	P de Che
2	112.25	53,2	0,36	6,67	17,12	112,25	112	P deChe
3	101.59	53.2	7.89	8.14	10.47	101.59	102	P de Che
4	97.98	53.2	11.02	8.75	24.38	97.98	98	P de Che
5	91.65	53.2	17.42	10	18.79	91.65	92	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	Virage 3	Virage 4	Virage 5
R	Rayon (m)	765	525	430	400	350
L	Longueur de la clothoïde (m)	136	112	102	98	92
A = √R.L	Paramètre de la clothoïde (m)	73.18	60.62	54.86	52.92	49.50

$\alpha = 200 - \beta$	Angle au sommet (gr)	159.15	164.07	179.06	151.24	162.42
$\beta = 200 - \alpha$	Angle au centre (gr)	40.85	35.93	20.94	48.76	37.58
$\tau = L/2.R$	Angle des tangentes (gr)	0.0046	0.0067	0.0081	0.0088	0.01
$\gamma = 200 - \alpha - 2 \tau$	Angle au centre Partie circulaire (gr)	40.84	35.92	20.92	48.74	37.56
$X_{KE} = L - (L^3/40.R^2)$	Abscisse de l'extrémité de la clothoïde.	7	7	7	7	7
$Y_{KE} = L^2/6.R$	Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde.	0,01	0,02	0,02	0.02	0.02
$\Theta = \arctg(Y_{KE}/X_{KE})$	Angle Polaire (gr)	0.09	0.18	0.18	0.18	0.18
$L_{cercle} = \pi.R.\Theta/200$	Long, de la partie circulaire (m)	1.08	1.48	1.22	1.13	0.99
$SL = \sqrt{(X_{KE}^2 + Y_{KE}^2)}$	Longueur de la corde KA-KE (m)	7	7	7	7	7
$X_o = X_{KE} - R.\sin \tau$	Abscisse du centre (m)	6.94	6.94	6.95	6.94	6.95
$Y_o = Y_{KE} + R.\cos \tau$	Ordonnées du centre (m)	765	525	430	400	350
$\Delta R = L^2/24.R$	Ripage (m)	0,003	0.004	0.005	0.005	0.006
$D_{cercle} = \pi R \gamma / 200$	Développée de cercle	490.76	296.22	141.30	306.24	206.50
$DT = 2L + D_{cercle}$	Développée totale (m)	504.76	310.22	155.3	320.24	220.5
$TK = Y_{KE} / \sin \tau$	Tangente longue (m)	138.40	190.04	157.19	144.69	127.32
$TL = X_{KE} - (Y_{KE} / \cos \tau)$	Tangente courte (m)	6.99	6.98	6.98	6.98	6.98
Bissectrice	Bissectrice (m)	41.14	21.62	5.88	31.24	15.82

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 a été 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
K ₁	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 2023 **TJMA₂₀₂₃ = 5000 v/j**
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté **τ = 5 %**
- La vitesse de base sur le tracé **V_b = 80 km/h**
- Le pourcentage moyen de poids lourds **Z = 11 %**
- n= 4ans (étude + réalisation)
- L'année de mise en service sera en **2025**
- Environnement E2 – Catégorie **C2**
- La durée de vie estimée de **20 ans**
- Coefficient d'équivalence pour le poids lourd : **p=6**

V-6-1- Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2025)

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

Avec :

T_n : trafic à l'horizon (année de mise en service 2025)

T_0 : trafic à l'année zéro (origine 2023)

$$TMJA_{2025} = 5000(1+0.05)^2 = 5513 \text{ v/j}$$

Donc :

$$T_1 = 5513 \text{ v/j}$$

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

$$TMJA_{2045} = 5513 (1+0,05)^{20} = 14628 \text{ v/j}$$

Donc :

$$T_{2045} = 14628 \text{ v/j}$$

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=6.

- Z: le pourcentage de poids lourds est égal à 11 %.

$$T_{\text{eff}} = [(1-0.11) + (6 \times 0.11)] \times 14628 = 22673 \text{ uvp/j}$$

Donc :

$$T_{\text{eff}} = 22673 \text{ uv/j}$$

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

➤ Année de mise en service :

$$Q (\text{uvp/h}) = 0,12 \times 22673 = 2721 \text{ uvp/j}$$

V-6-4- La capacité admissible :

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

Avec :

$K1$: coefficient correcteur pris égale à 0.85 pour E2 et Cat 2.

$K2$: 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 :

$$Q_{\text{adm}} = 1515 \text{ v/j}$$

V.6.5 : Le nombre des voies :

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

$$N=(2/3) \times \frac{2721}{1515} = 1,2 \text{ Donc : } N = 1 \text{ voies /sens}$$

Les résultats de calculs sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau V.5 : résultats du calcul de trafic

<i>TJMA</i> 2023 (v/j)	<i>TJMA</i> 2025 (v/j)	<i>TJMA</i> 2045 (v/j) <i>Teff</i>	<i>Teff</i> 2045 (uvp/j)	Q (uvp/j)	N
5000	5513	14628	22673	2721	1

V-7- CONCLUSION :

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

Une chaussée bidirectionnelle à une seule voie par sens de 3,50 m de largeur avec une bande d'urgence de 2,00 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.

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

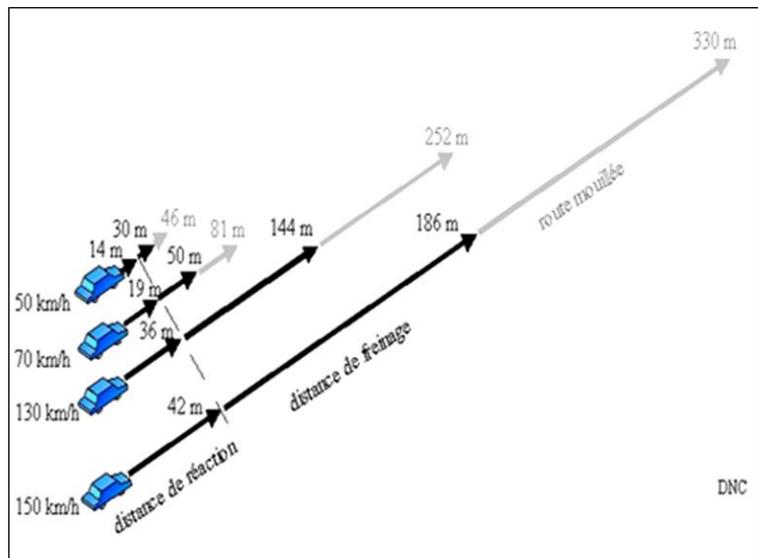


Figure VI.1.Distance de freinage.

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 :

$$\left[\begin{array}{l} \text{Catégorie 2} \\ V_r=80 \text{ km/} \end{array} \right. \quad fl=0,39$$

❖ 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: $i = 0$;

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

❖ En Pente: $i = -4,857$;

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0,39 - 0,04857)} \longrightarrow d_0=75\text{m}$$

❖ En Rampe avec: $i=1,912 \%$

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0,39 + 0,01912)} \longrightarrow d_0=63\text{m}$$

❖ En Pente avec : $i = -3,785\%$

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0,39 - 0,03785)} \longrightarrow d_0=73\text{m}$$

❖ En Pente avec $i= -6,533 \%$

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0,39 - 0,06533)} \longrightarrow d_0=79\text{m}$$

❖ En Rampe avec : $i = 1,508 \%$

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0,39 + 0,01508)} \longrightarrow d_0=63\text{m}$$

❖ **En Pente avec : i = -4,004 %**

$$d_0 = 0,04 \times \frac{Vr^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0,39 - 0,04004)} \longrightarrow d_0 = 73\text{m}$$

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 nombreuse étude 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'ARRET :

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**

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

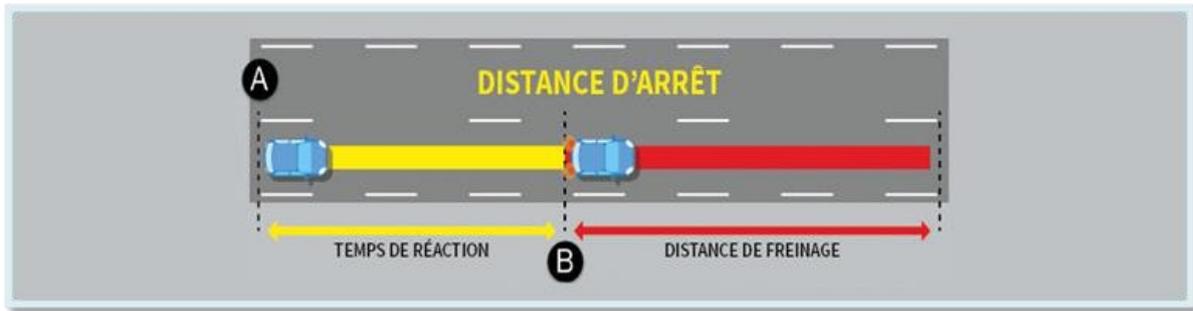


Figure VI.2: Temps de perception-réaction.

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 énergique 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 : $i = -4,857\%$:**

$$d = 75 + (0.55 \times 80) = 119 \text{ m}$$

❖ **En Rampe avec : $i = 1,912\%$:**

$$d = 63 + (0.55 \times 80) = 107 \text{ m}$$

❖ **En pente avec : $i = -3,785\%$:**

$$d = 73 + (0.55 \times 80) = 117 \text{ m}$$

❖ **En pente avec $i = -6,533\%$:**

$$d = 79 + (0.55 \times 80) = 123\text{m}$$

❖ **En rampe avec : $i = 1,508\%$**

$$d = 63 + (0.55 \times 80) = 107\text{m}$$

❖ **En pente avec : $i = -4,004\%$**

$$d = 73 + (0.55 \times 80) = 117\text{m}$$

b- En courbe:

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

❖ **En palier avec : $i = -0$:**

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

❖ **En pente avec : $i = -4,857\%$:**

$$d = (1,25 \times 75) + (0.55 \times 80) = 138 \text{ m}$$

❖ **En Rampe avec : $i = 1,912\%$:**

$$d = (1,25 \times 63) + (0.55 \times 80) = 123 \text{ m}$$

❖ **En pente avec : $i = -3,785\%$:**

$$d = (1,25 \times 73) + (0.55 \times 80) = 135 \text{ m}$$

❖ **En pente avec $i = -6,533\%$:**

$$d = (1,25 \times 79) + (0.55 \times 80) = 143 \text{ m}$$

❖ **En rampe avec : $i = 1,508\%$:**

$$d = (1,25 \times 63) + (0.55 \times 80) = 123 \text{ m}$$

❖ **En pente avec : $i = -4,004\%$:**

$$d = (1,25 \times 73) + (0.55 \times 80) = 135 \text{ m}$$

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.

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

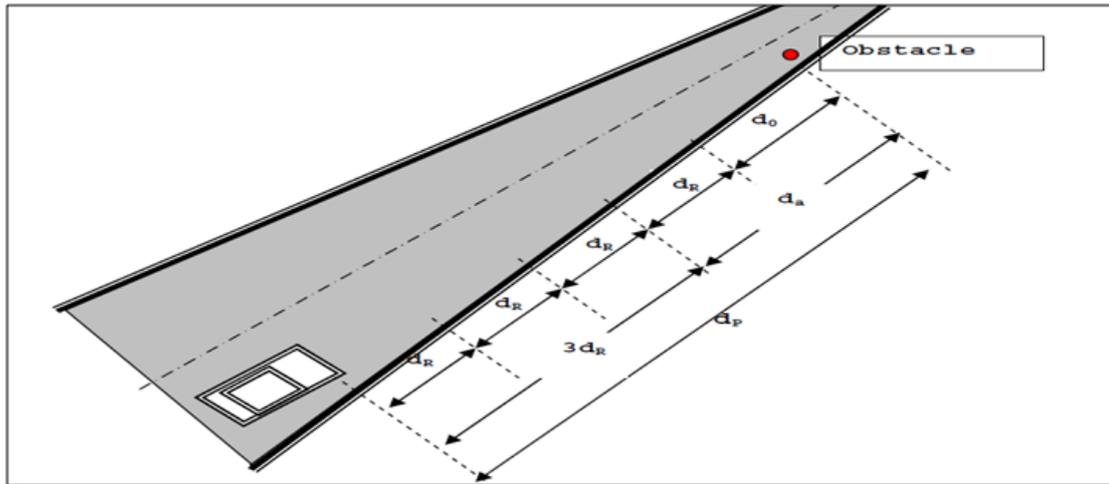


Figure VI.3 : Distance de perception.

VI-5-1- Application :

a- En alignement droit :

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

En pente: $d_p = 119 + (6/3,6) \times 80 = 252 \text{ m}$

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

En pente: $d_p = 117 + (6/3,6) \times 80 = 250 \text{ m}$

En pente: $d_p = 123 + (6/3,6) \times 80 = 256 \text{ m}$

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

En pente: $d_p = 117 + (6/3,6) \times 80 = 250 \text{ m}$

b- En courbe :

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

En pente $i=-4,857$: $d_p = 138 + (6/3,6) \times 80 = 271 \text{ m}$

En rampe $i=1,912$: $d_p = 123 + (6/3,6) \times 80 = 256 \text{ m}$

En pente $i=-3,785$: $d_p = 135 + (6/3,6) \times 80 = 268 \text{ m}$

En pente $i=-6,533$: $d_p = 143 + (6/3,6) \times 80 = 276 \text{ m}$

En rampe $i=1,508$: $d_p = 123 + (6/3,6) \times 80 = 256 \text{ m}$

En pente $i=-4,004$: $d_p = 135 + (6/3,6) \times 80 = 268 \text{ m}$

	dp: En alignement droit	dp: En courbe
En prial avec : $i=0$	243	260
En pente avec : $i= -4,857\%$	252	271
En Rampe avec : $i = 1,912\%$	240	256
En pente avec : $i =-3,785\%$	250	268
En pente avec : $i=-6,533\%$	256	276
En rampe avec: $i= 1,508\%$	240	256
En pente avec: $i= -4,004 \%$	250	268

VI-6- ESPACEMENT ENTRE DEUX VEHICULES :

Supposons que deux véhicules circulent dans le même sens sur la même voie et la même vitesse. Et Nus recherchons l'espacement entre les deux véhicules se telle Facon 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 de second véhicule un feux arrières 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 $t' = 0.75$ s

En pratique, on prend $t = 3$ 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 $t' = 0.75$ s $\Rightarrow E_s = \frac{V}{5} + l$

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.

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

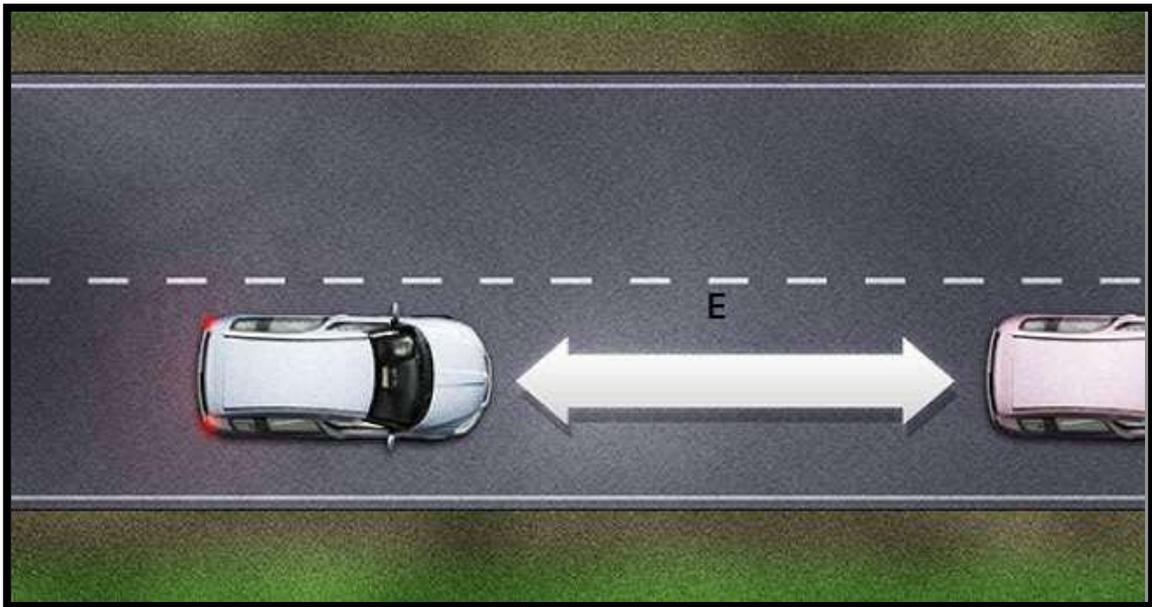


Figure VI.4 : L'espace entre deux véhicules.

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

➤ **1^{er} Cas** :
$$E_s = \frac{V}{5} + 1 = \frac{80}{5} + 1 = 17 \text{ m}$$

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

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

Cette dernière représente la distance nécessaire telle que si un véhicule rapide apparait 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, verglas ...etc. Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

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

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

Tout cela en fonction de paramètres très fondamentaux suivants :

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

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.

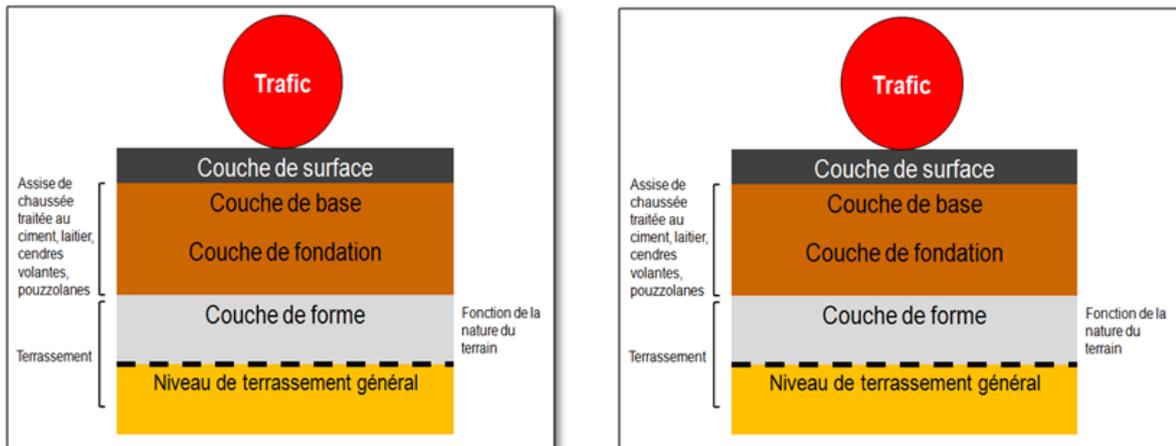


Figure VII.2 : Structure type d'une chaussée semi-rigide.

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 2025 : $TJMA_{2025} = 5513 \text{ v/j}$.

- ✚ Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 5 \%$
- ✚ Le pourcentage moyen de poids lourds $Z = 11 \%$
- ✚ La durée de vie estimée de 20 ans
- ✚ ICBR = 8 (ce sol appartient à la classe (S3))

VII-5- 2- Répartition de trafic :

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

$$TPL_{2025} = TMJA_{2025} * \% PL$$

$$TPL_{2025} = 5513 \times 0.11 = 606 \text{ V/j}$$

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

$$TPL_{2045} = TPL_{2025} \times (1 + \tau)^{20}$$

$$TPL_{2045} = 606 \times (1 + 0.05)^{20}$$

$$TPL_{2045} = 1608 \text{ VPL/j}$$

VII-5- 3- Calcul d'épaisseur:

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log \frac{1608}{10})}{8 + 5}$$

$$e = 44 \text{ cm}$$

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 (BB) : $a_1 \times e_1 = 6 \times 2 = 12$
- ✓ Couche de base en Grave bitumineux (GB) : $a_2 \times e_2 = 8 \times 1,7 = 13.6$
- ✓ Couche de fondation en TUF: $a_3 \times e_3 = 30 \times 0,6 = 18 \text{ cm}$

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	30	18
	Somme	44	43.6

Notre structure comporte : **6 BB + 8GB + 30 TUF**

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

Couche de roulement	6 BB
Couche de base	8 GB
Couche de fondation	30 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.

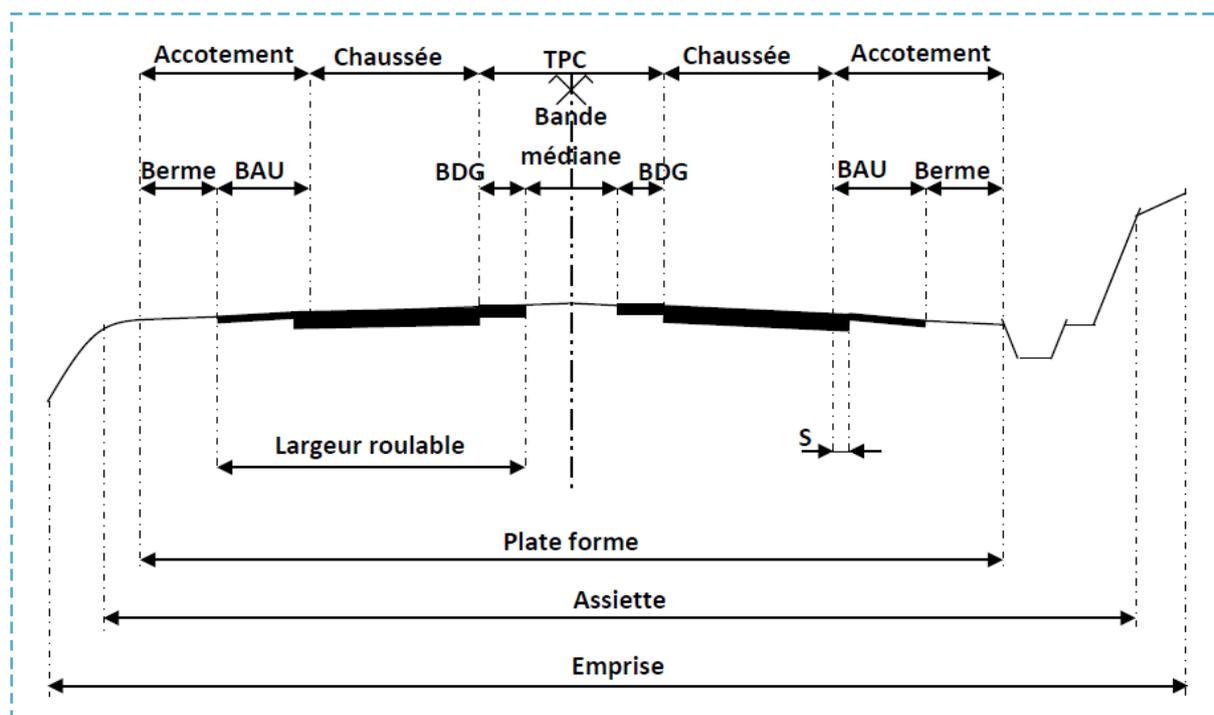


Figure VIII.1: Les éléments constitutifs du profil en travers.

VIII-4- Application au projet :

Après l'étude du trafic, le profil en travers type retenu pour notre route sera composé de
Une Chaussée bidirectionnelle à une seule voie sens .

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

- ✚ Chaussée : $3.5 \times 2 = 7$ m
- ✚ BAU : $2 \times 2 = 4$ m
- ✚ Accotement : $1.5 \times 2 = 3$ m.
- ✚ Plate-forme : 14 m.

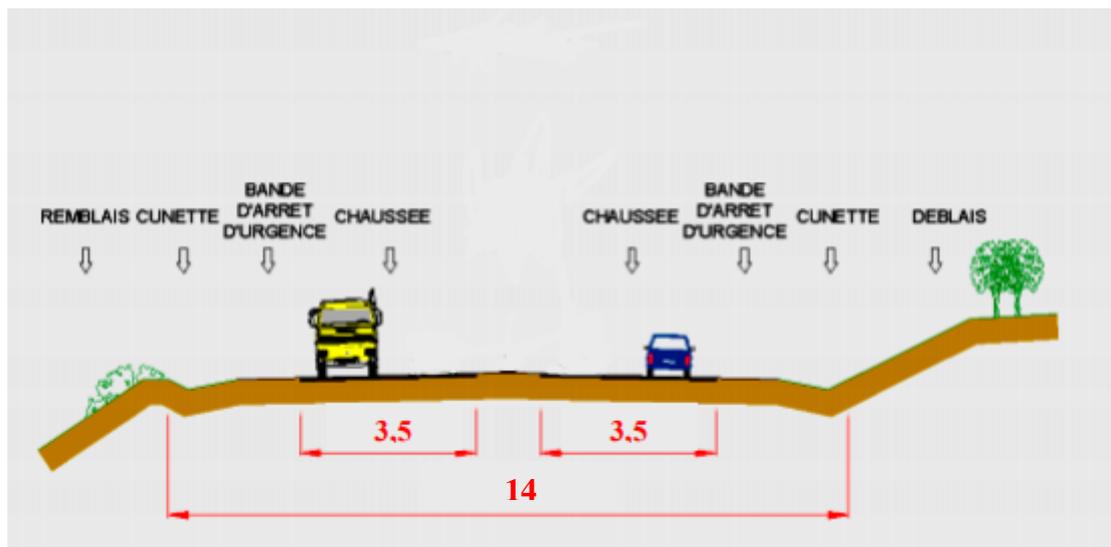


Figure VIII.2: Le profil en travers.

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

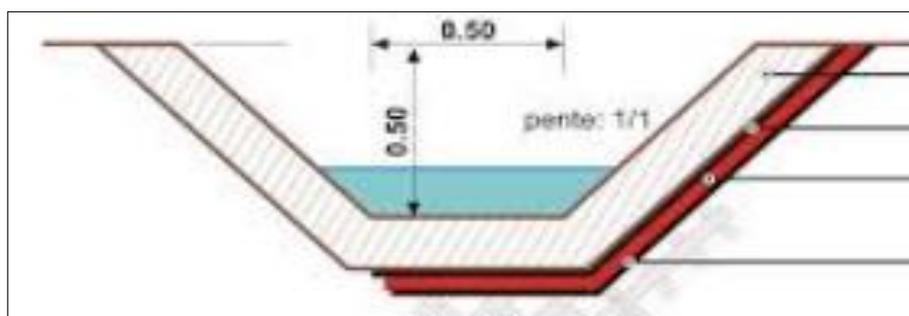


Figure VIII.3 : Dimensions du fossé.

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, S1, S2 et S0 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.

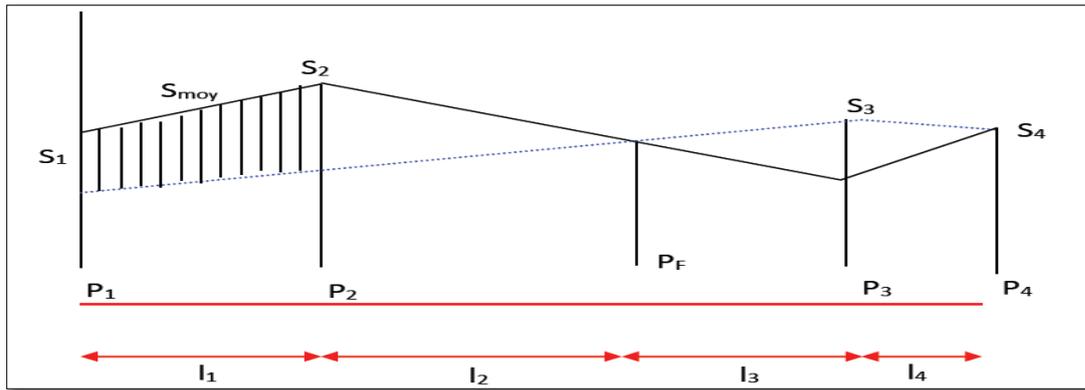


Figure IX.1: Schéma représentant la surface entre profil.

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

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

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines les deux expressions **Smoy** et $\frac{S_1 + S_2}{2}$

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

Donc les volumes seront :

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

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

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

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

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

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 consisté 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 proches.

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 a un autre et d'un ou plusieurs lieux d'emprunts à des profils ou depuis des profil 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 profile 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.

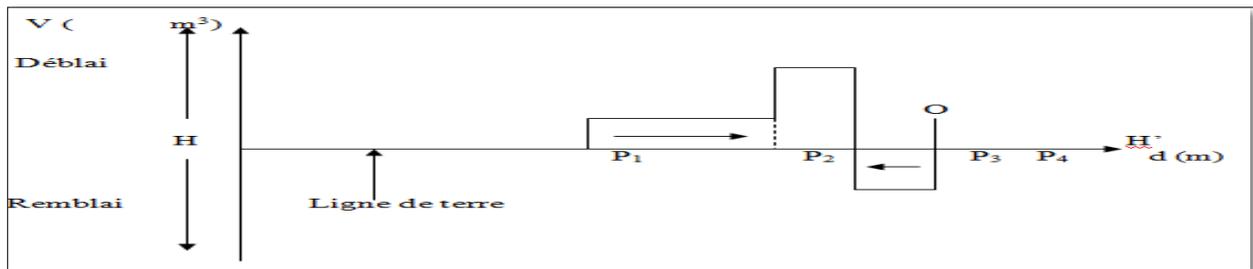


Figure IX.2 :L'épure de LALANNE.

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.

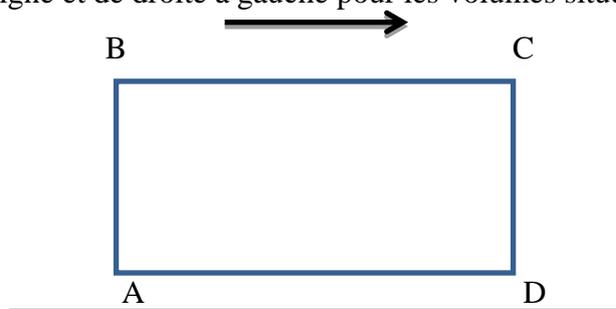


Figure IX.3 : Sens de transport.

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 (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	2,64	2,76	5,40	67,518	67,518	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
P2	25,000	25,000	1,80	1,95	3,75	93,666	161,184	0,00	0,00	0,00	0,000	0,000
P3	50,000	25,000	0,49	0,00	0,49	12,370	173,553	0,02	3,69	3,71	92,659	92,659
P4	75,000	25,000	1,35	1,36	2,70	67,512	241,066	0,00	0,00	0,00	0,000	92,659
P5	100,000	25,000	0,79	0,23	1,02	25,504	266,569	0,00	9,49	9,49	237,335	329,993
P6	125,000	13,598	0,55	0,12	0,67	9,078	275,648	0,00	4,22	4,22	57,395	387,388
P7	127,196	12,500	0,51	0,10	0,61	7,673	283,321	0,00	4,35	4,35	54,381	441,769
P8	150,000	23,902	0,13	0,00	0,13	3,187	286,508	0,04	5,99	6,03	144,141	585,910
P9	175,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	286,508	3,22	7,66	10,88	271,917	857,826
P10	200,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	286,508	4,08	6,67	10,75	268,769	1126,595
P11	225,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	286,508	4,80	6,53	11,33	283,129	1409,723
P12	250,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	286,508	5,96	6,93	12,89	322,241	1731,964
P13	275,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	286,508	6,68	8,05	14,73	368,374	2100,338
P14	300,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	286,508	6,33	7,73	14,06	351,491	2451,829
P15	325,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	286,508	4,14	5,70	9,84	245,989	2697,818
P16	350,000	25,000	0,89	0,04	0,93	23,303	309,810	2,31	3,10	5,41	135,339	2833,156
P17	375,000	25,000	3,51	1,77	5,28	132,032	441,842	1,79	2,94	4,73	118,247	2951,404
P18	400,000	25,000	3,65	3,30	6,95	173,850	615,692	0,00	0,00	0,00	0,000	2951,404
P19	425,000	25,000	7,00	3,96	10,96	274,052	889,744	1,66	0,00	1,66	41,558	2992,962
P20	450,000	25,000	3,69	3,31	7,01	175,132	1064,877	0,00	0,00	0,00	0,000	2992,962
P21	475,000	25,000	2,30	0,80	3,10	77,590	1142,466	2,08	1,64	3,73	93,165	3086,127
P22	500,000	25,000	0,93	0,15	1,08	27,062	1169,528	2,64	2,74	5,38	134,420	3220,546
P23	525,000	25,000	0,02	0,00	0,02	0,455	1169,983	2,98	4,03	7,01	175,368	3395,915
P24	550,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1169,983	3,53	4,57	8,10	202,479	3598,394
P25	575,000	25,000	0,04	0,00	0,04	0,961	1170,943	0,17	4,26	4,43	110,774	3709,168
P26	600,000	21,025	0,15	0,00	0,15	3,202	1174,145	0,02	3,21	3,23	67,903	3777,070
P27	617,051	12,500	0,33	0,16	0,49	6,113	1180,258	0,00	0,00	0,00	0,000	3777,070
P28	625,000	16,475	0,57	0,43	0,99	16,380	1196,638	0,00	0,00	0,00	0,000	3777,070
P29	650,000	25,000	0,58	0,73	1,31	32,712	1229,350	0,00	0,00	0,00	0,000	3777,070
P30	675,000	25,000	1,01	0,14	1,15	28,747	1258,097	0,00	4,34	4,34	108,525	3885,596
P31	700,000	25,000	2,01	1,64	3,65	91,293	1349,389	0,00	3,85	3,85	96,216	3981,811
P32	725,000	25,000	2,81	2,84	5,65	141,299	1490,689	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P33	750,000	25,000	5,10	5,28	10,37	259,295	1749,984	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P34	775,000	25,000	4,55	4,73	9,28	231,982	1981,967	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P35	800,000	21,112	5,09	5,17	10,26	216,568	2198,534	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P36	817,224	12,500	5,56	9,70	15,27	190,843	2389,377	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P37	825,000	16,388	5,73	10,16	15,90	260,537	2649,914	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P38	850,000	25,000	6,33	6,74	13,07	326,829	2976,743	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P39	875,000	25,000	6,85	7,15	14,01	350,132	3326,875	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811

P40	900,000	25,000	6,77	7,11	13,88	347,041	3673,915	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P41	925,000	25,000	6,29	11,62	17,91	447,761	4121,677	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P42	950,000	25,000	4,64	4,32	8,96	223,915	4345,592	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P43	975,000	25,000	3,47	3,12	6,59	164,746	4510,338	0,00	0,00	0,00	0,000	3981,811
P44	1000,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	4510,338	13,71	11,16	24,87	621,685	4603,497
P45	1025,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	4510,338	8,16	5,75	13,91	347,849	4951,346
P46	1050,000	25,000	0,20	0,00	0,20	5,004	4515,342	2,91	7,63	10,54	263,603	5214,949
P47	1075,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	4515,342	6,94	5,93	12,87	321,710	5536,659
P48	1100,000	18,541	0,00	1,35	1,35	24,984	4540,326	8,30	4,91	13,21	244,957	5781,617
P49	1112,082	12,500	2,12	2,10	4,22	52,702	4593,028	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P50	1125,000	18,959	2,83	3,17	6,00	113,838	4706,865	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P51	1150,000	25,000	3,86	3,06	6,92	172,930	4879,795	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P52	1175,000	25,000	4,68	4,56	9,24	230,993	5110,788	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P53	1200,000	25,000	5,45	11,54	16,99	424,730	5535,519	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P54	1225,000	25,000	4,61	5,05	9,67	241,649	5777,167	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P55	1250,000	25,000	3,37	3,53	6,90	172,393	5949,560	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P56	1275,000	25,000	4,61	4,57	9,18	229,391	6178,951	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P57	1300,000	25,000	5,08	5,11	10,19	254,858	6433,809	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P58	1325,000	25,000	5,61	9,15	14,76	368,875	6802,684	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P59	1350,000	25,000	6,71	11,86	18,56	464,110	7266,794	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P60	1375,000	25,000	13,59	13,77	27,35	683,839	7950,633	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P61	1400,000	25,000	15,62	17,27	32,89	822,293	8772,927	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P62	1425,000	13,028	16,68	20,17	36,85	480,051	9252,977	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P63	1426,057	12,500	16,73	20,29	37,01	462,682	9715,659	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P64	1450,000	24,472	17,55	22,98	40,53	991,800	10707,459	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P65	1475,000	25,000	16,64	18,55	35,20	879,876	11587,335	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P66	1500,000	25,000	14,82	16,98	31,80	795,076	12382,412	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P67	1525,000	25,000	14,10	15,19	29,29	732,286	13114,698	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P68	1550,000	21,312	12,91	12,86	25,77	549,259	13663,957	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P69	1567,623	12,500	5,65	8,61	14,26	178,259	13842,216	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P70	1575,000	16,188	4,62	4,62	9,25	149,690	13991,906	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P71	1600,000	25,000	1,36	1,40	2,77	69,134	14061,040	0,00	0,00	0,00	0,000	5781,617
P72	1625,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,001	14061,041	0,58	0,20	0,78	19,454	5801,071
P73	1650,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	5,53	1,83	7,36	183,937	5985,008
P74	1675,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	7,43	13,38	20,81	520,218	6505,226
P75	1700,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	10,18	13,40	23,58	589,476	7094,702
P76	1725,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	11,01	24,13	35,14	878,598	7973,300
P77	1750,000	18,896	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	20,79	33,87	54,66	1032,888	9006,188
P78	1762,792	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	15,82	30,45	46,27	578,331	9584,520
P79	1775,000	18,604	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	12,27	21,50	33,77	628,219	10212,739
P80	1800,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	11,00	15,23	26,22	655,618	10868,357
P81	1825,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	9,22	12,90	22,12	553,005	11421,362
P82	1850,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	7,06	8,74	15,80	395,004	11816,366
P83	1875,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	6,02	7,60	13,62	340,541	12156,908
P84	1900,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	1,32	7,49	8,81	220,243	12377,150
P85	1925,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14061,041	0,91	8,12	9,03	225,712	12602,862
P86	1950,000	25,000	0,10	0,00	0,10	2,408	14063,449	0,04	5,17	5,21	130,267	12733,129
P87	1975,000	25,000	1,05	0,24	1,28	32,099	14095,548	0,00	0,00	0,00	0,000	12733,129
P88	2000,000	25,000	2,33	2,20	4,53	113,261	14208,809	2,69	0,00	2,69	67,216	12800,346
P89	2025,000	25,000	2,92	3,11	6,03	150,831	14359,640	0,00	0,00	0,00	0,000	12800,346
P90	2050,000	20,950	0,00	1,14	1,14	23,902	14383,543	9,47	0,05	9,52	199,386	12999,732
P91	2066,901	8,790	0,00	0,41	0,41	3,572	14387,115	8,07	0,67	8,74	76,824	13076,556

P92	2067,579	4,050	0,00	0,45	0,45	1,823	14388,937	5,16	0,04	5,19	21,032	13097,588
P93	2075,000	16,210	2,99	3,03	6,01	97,461	14486,399	3,67	0,00	3,67	59,499	13157,087
P94	2100,000	25,000	3,90	3,52	7,42	185,583	14671,982	1,71	0,00	1,71	42,742	13199,829
P95	2125,000	25,000	3,18	4,14	7,32	182,880	14854,862	0,00	0,00	0,00	0,000	13199,829
P96	2150,000	25,000	3,79	4,51	8,31	207,667	15062,529	0,00	0,00	0,00	0,000	13199,829
P97	2175,000	25,000	4,14	6,56	10,70	267,589	15330,118	0,00	0,00	0,00	0,000	13199,829
P98	2200,000	25,000	3,78	9,74	13,52	338,031	15668,148	0,00	0,00	0,00	0,000	13199,829
P99	2225,000	25,000	2,19	13,23	15,42	385,551	16053,699	0,00	0,00	0,00	0,000	13199,829
P100	2250,000	25,000	1,18	20,06	21,24	531,008	16584,707	0,02	0,00	0,02	0,599	13200,428
P101	2275,000	14,671	0,73	17,98	18,71	274,538	16859,245	2,99	0,00	2,99	43,868	13244,296
P102	2279,342	12,500	0,70	18,76	19,46	243,298	17102,542	3,24	0,00	3,24	40,533	13284,829
P103	2300,000	22,829	0,31	20,06	20,38	465,153	17567,696	4,44	0,00	4,44	101,451	13386,280
P104	2325,000	25,000	1,47	24,18	25,65	641,335	18209,030	0,00	0,00	0,00	0,024	13386,304
P105	2350,000	25,000	2,74	5,74	8,48	211,964	18420,994	0,00	0,00	0,00	0,000	13386,304
P106	2375,000	25,000	2,12	2,27	4,39	109,738	18530,732	0,00	0,00	0,00	0,000	13386,304
P107	2400,000	18,635	2,86	3,19	6,05	112,792	18643,524	0,00	0,00	0,00	0,000	13386,304
P108	2412,269	6,135	2,54	2,87	5,40	33,157	18676,681	0,00	0,00	0,00	0,000	13386,304

Volume de déblai total : 18677m³

Volume de remblai : 13386 m³

Excès de déblai : 5291 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 :

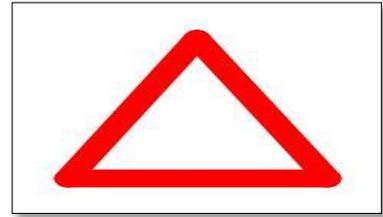
Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

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

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

❖ **Signaux de danger :**

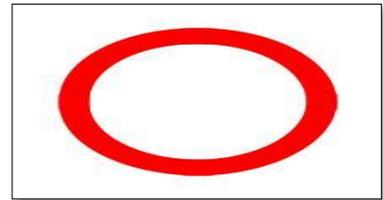
Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).



❖ **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 :

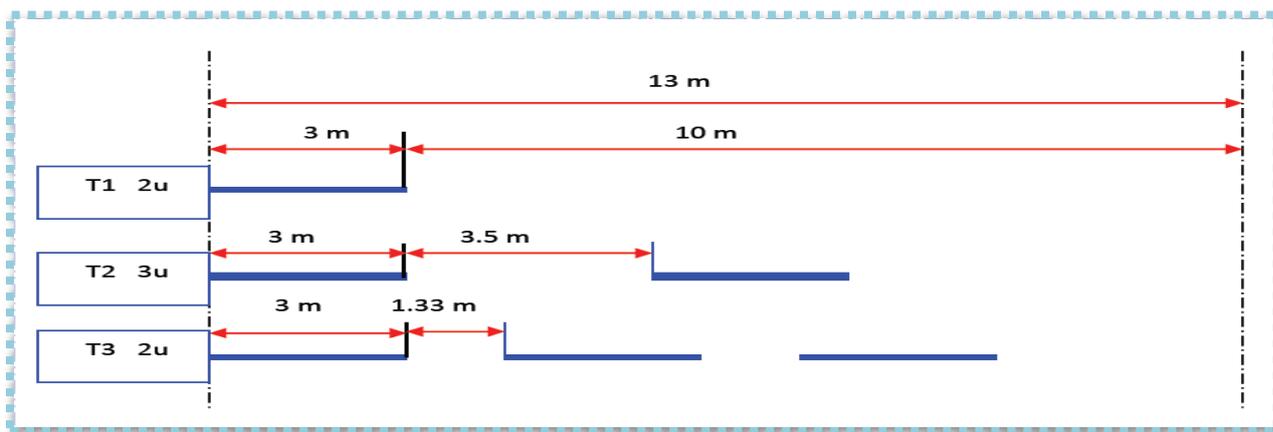


Figure XI.1 : Types de modulation.

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 :**

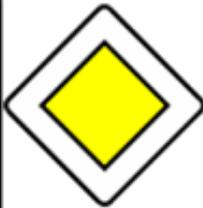
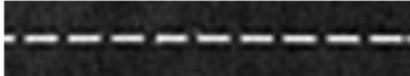
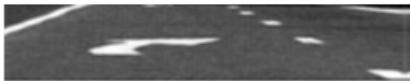
			
A1b Virage à gauche	A1a Virage à droite	AB3a Céder le passage à l'intersection. Signal de position	
			
AB6 Indication du caractère prioritaire d'une route	Passage piéton	AB25 Carrefour à sens giratoire	B6d Arrêt et stationnement interdits

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 :

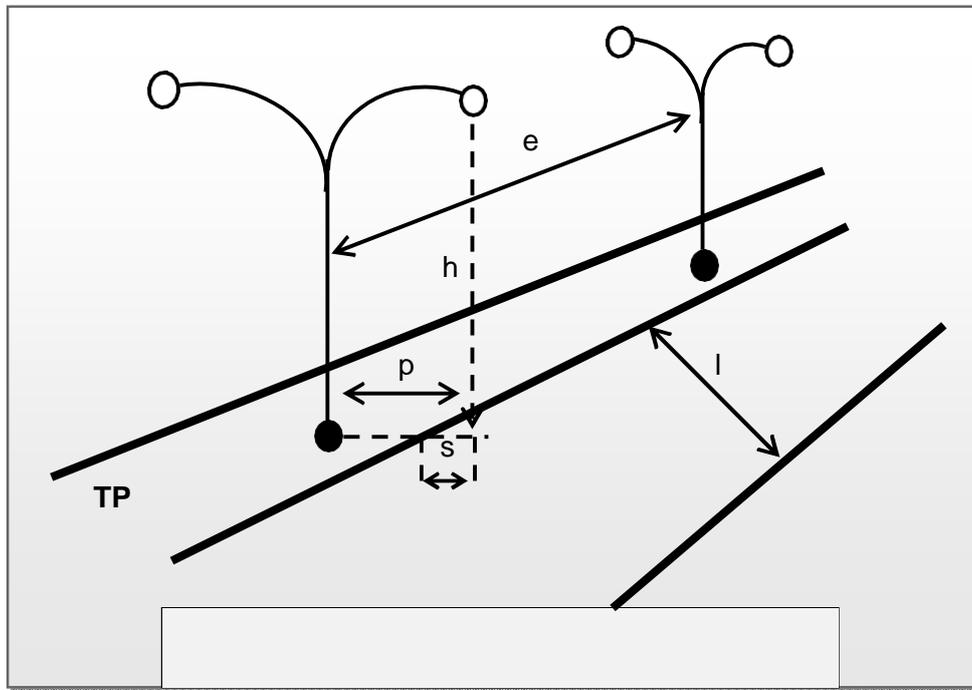
- Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.
- Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- Eclairage des voies de cercle, catégorie C.
- Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

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.

Chapitre XI
Estimation Du Coût
Du Projet

XI. ESTIMATION DU COUT DU PROJET

Selon les prix mis à notre disposition le calcul du devis estimatif du projet portera essentiellement sur :

- Décapage de la plate-forme.
- Déblai et Remblai.
- Corps de chaussée.
- Séparateurs.

XI-1 : Calcul du cout du projet :

Tableau XI-1 : Devis estimatif.

N°	Désignation	Unité	Quantité	PU (DA)	MONTANT
1	Décapage de la plate-forme y compris décaissement et finition de la plate-forme, arrosage, compactage et toutes sujétions de mise en œuvre.	m ²	8442,000	100	844200,00
2	Déblais	m ³	5290,00	325	1719250,00
Corps de chaussée					
3	F/mise en œuvre de la couche en Grave Bitumineux 0/14 sur une ép : de 12 cm	T	9725,18	9400	91416692,00
4	Rechargement de la plate-forme en TUF sur une ép : de 19 cm y compris arrosage, compactage et toutes sujétions de mise en œuvre	T	10907,06	1350	14724536,40
Assainissement					
5	Fossé en béton	ML	4824,00	2500	12060000,00
Signalisation					
6	Ligne axiale de séparation de voies	ML	2412,00	170	410040,00
7	Ligne de rive de chaussée (Limite BAU)	ML	4824,00	170	820080,00
8	Ligne continue (Rive DBA)	ML	4824,00	170	820080,00
MONTANT EN H T					122814878,40
TVA 19%					23334826,90
MONTANT EN TTC					146149705,30

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 y 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.

BIBLIOGRAPHIE

- **B40 (Normes Techniques D'aménagement Des Routes Et Trafic Et Capacité Des Routes 1972).**
- **Rapport d'activités techniques, DTP Mostaganem**
- **Fascicule 3 Du Catalogue Algérien Réf 2002.**
- **Les Signaux Routiers Réglementaires - Edition Juin 2009**
- **Sites INTERNET: WWW. Google Earth.Com.**
- **Rapport De La METEO, Météorologique De La Wilaya De Mostaganem 2021.**
- **Catalogue De Dimensionnement Des Chaussées Neuves (C.T.T.P) Fascicule 1 .2 .3. Novembre 2001.**
- **Conception Géométrique Route (Collection Les Rapports Setra) Janvier 2006.**
- **Dimensionnements Verticale Des Routes**
- **Coure Route Module Département GC**