



N° d'ordre: M/GCA/2022

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTERACADEMIQUE

Filière : Travaux Publics

Spécialité : VOA

Thème

**ETUDE D'UN ÉVITEMENT D'OULED BOUGHALEM RELIANT LA
WILAYA DE MOSTAGANEM ET LA WILAYA DE CHLEF SUR 4,2 KM**

Présenté par :

-Mr Sid Bilel

- Mr Karakache Mohamed Rafik

Soutenu le 06/ 07/ 2022 devant le jury composé de:

Président : Mr BELGUESMIA Nouredine

Examineur : Mr SOLTANE Benallou Kaddour

Invité d'honneur: Mr CHERIF Mourad

Encadrante : Mme GUERZOU Tourkia

Co-Encadrant: Mr ZELMAT Yassin

Année Universitaire: 2021 / 2022

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	22
II-2-1-7- Détermination des éléments des raccordements circulaire	24
II-2-1-8- Cubatures Approchées	25
II-2-2-Etude de la variante 2	28
II-2-2-1- les coordonnées des sommets	28
II-2-2-2- Calcul de gisements et des angles au centre	29
II-2-2-3- Environnement de la route	29
II-2-2-4- La vitesse de référence	34
II-2-2-5- Stabilité en courbe	35
II-2-2-6- Détermination des éléments des raccordements circulaire	36
II-2-2-7- Cubatures Approchées	37
II-2-3- Le choix de la variante	40
II-3- Conclusion	41

Chapitre III: Profil en long

III-1- Définition	43
III-2- La lingé de projet (ligne rouge)	43
III-3- Règles à respecter dans le tracé du profil en long	43
III-4- Les éléments de composition du profil en long	44
III-5- Coordination entre le tracé en plan et le profil en long	44
III-6- Déclivité	44
III-7- Les raccordements en profil en long	45

III-8- Eléments nécessaire au calcul du profil en long	48
III-9- Détermination pratique du profil en long	49
III-10- Application de projet	51

Chapitre IV: Les raccordements progressif

IV-1- Introduction	56
IV-2- Définition de la Clothoïde	56
IV-3- Les éléments de la clothoïde	56
IV-4- Propriétés de la clothoïde	57
IV-5- Les conditions de raccordement	57
IV-5-1- Condition de confort optique	57
IV-5-2- Condition de confort dynamique	58
IV-5-3- Condition de gauchissement.....	58
IV-5-4- La Vérification de non chevauchement	58
IV-6- Notion de devers	59
IV-6 -1- Devers en alignement	59
IV-6 -2- Devers en courbe	59
IV-6-3- Rayon de courbure	59
IV-6 -4- Calcul des devers	59
IV-7- Application de projet	60
IV-7-1- Calcul des dévers associés aux rayons de la variante choisie	60
IV-7-2- Calcul de la longueur de Clothoïde et la vérification de non chevauchement	61
IV-7-3 : Calcul des paramètres des deux clothoïde	62

Chapitre V: Etude du trafic

V-1- Introduction	64
V-2- Analyse de trafic	64
V-3- Mesure des trafics	64
V-4- Différents types de trafic	65
V-4-1- Trafic normal.....	65
V-4-2 Trafic dévie	65
V-4-3 Trafic induit	66
V-4-4- Trafic total	66
V-5- Calcul de la capacité	66

V-5-1- Définition de la capacité	66
V-5-2- Calcul de trafic moyen journalier (TJMA) horizon	66
V-5-3- Calcul de trafic effectif	66
V-5-4- débit de point horaire normal	67
V-5-5- Débit horaire admissible	67
V-5-6- Déterminations du nombre des voies	68
V-6- Application de projet	68
V-6-1- Projection future de trafic	68
V.6.2 Calcul du trafic effectif	69
V-6-3- Débit de pointe horaire normal	69
V-6-4- La capacité admissible	69
V.6.5 : Le nombre des voies	70
V-7- Conclusion	70

Chapitre VI: Paramètres cinématiques

VI-1- Définition	72
VI-2- Distance de freinage	72
VI-2-1 Application	73
VI-3- Temps de perception et de réaction	74
VI-4- Distance d'arrêt	75
VI.4.1 Application	76
VI-5- Distance de perception	78
VI-5-1- Application	78
VI-6- Espacement entre deux véhicules	79
VI-7- Distance de visibilité de dépassant et de manœuvre	81

Chapitre VII: Dimensionnement du corps de chaussée

VII-1- Introduction	83
VII-2- La chaussée	83
VII-2-1 Définition	83
VII-2-2 Différents types de chaussées	84
VII-2-2-1- Chaussée souple	84
VIII-2-2-2- Chaussée semi-rigide	85
VII-2-2-3 - Chaussée rigide	86

VII-3- Les Différents Facteurs à prendre en compte pour le dimensionnement	86
VII-3-1 - Trafic	87
VII-3-2 – Environnement	87
VII-3-3 - Le Sol Support	87
VII-3-4 – Matériaux	88
VII-4- Méthodes De Dimensionnement	88
VII-4-1- Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio)	88
VII-4-2- Méthode A.A.S.H.O (American Association of State Highway Officials)	90
VII-4-3- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	90
VII-5- Application au Projet	91
VII-5- 1- Données de l'étude	91
VII-5- 2- Répartition de trafic	91
VII-5- 3- Calcul d'épaisseur	91
VII-5- 4- Epaisseur équivalente	91

Chapitre VIII: Profil en travers

VIII-1- Définition	94
VIII-2- Types De Profil En Travers	94
VIII-2-1- profil en travers type	94
VIII-2-2- profil en travers courants	94
VIII-3- Les éléments de composition du profil en travers	94
VIII-4- Application au projet	96

Chapitre IX : Cubatures et mouvements des terres

IX-1- Introduction	98
IX-2- Cubatures terrassements	98
IX-3- Méthode utilisée	98
IX-3-1- Description de la Méthode	98
IX-4- Mouvement des terres	99
IX-4-1- Métré de terrassement	99
IX-4-2- Foisonnement	100
IX-4-3- Moment de transport	100
IX-4-4- Distance moyenne de transport	100
IX-4-5- Epure de LALANNE	100

IX-4-6- Principe de l'épure de LALANNE	101
IX-4-7- Etablissement de l'épure de LALANNE	101
IX-4-8- Ligne de répartition des sens de transport	101
IX-5- Calculs des cubatures	102

Chapitre X: Signalisation routière

XI -1- Introduction	107
XI-2- L'objectif de la signalisation routière	107
XI-3- Règles à respecter pour la signalisation	107
XI-4- Types de signalisations	107
XI -5- Caractéristiques générales des marques	110
XI-6- Application au projet	111
XI-7- Eclairage	112
XI-7-1- Introduction.....	112
XI-7-2- Catégorie d'éclairage.....	112
XI-7-3- Paramètre de l'implantation des luminaires.....	112
XI-7-4- Application au projet.....	113
XI-8- Conclusion	113
Devis	115
Conclusion générale	117

ANNEXE

Dédicaces

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

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

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

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

Remerciements

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

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

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

Nous tenons également à remercier les membres du jury

- **Mr Belguassmia Nouredinne**
- **Mr Soltane Benallou Kaddour**
- **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.

Liste des figures

Figure I.1	Tronçon de notre projet	03
Figure I.2	levé topographique	05
Figure II.1	Les éléments de tracé en plan	07
Figure II.2	Détermination de l'angle au centre	10
Figure II.3	Les éléments d'un raccordement circulaire	10
Figure II.4	Schéma représentant la surface entre profil	13
Figure II.5	Calcul de surfaces cas de remblai	13
Figure II.6	Calcul de surfaces cas de déblai	14
Figure II.7	La dénivelée cumulée moyenne H/L	19
Figure III.1	Éléments du profil en long	41
Figure III.2	Pratiques du profil en long	43
Figure IV.1	Les éléments de la clothoïde	51
Figure IV.2	La propriété de clothoïde	52
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'espace 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.....	106

Liste des tableaux

Tableau II.1: Les coordonnées des sommets de l'axe de "variante 1	15
Tableau II.2 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante01".....	15
Tableau II.3 : dénivelé de profil "variante 01 ".....	15
Tableau II.4 : Classification de terrain et Dénivelée cumulée "variante 01 ".....	19
Tableau II.5: Sinuosité "variante 01"	20
Tableau II.6 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité "variante 01".....	20
Tableau II.7 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40. "Variante 01 ".....	21
Tableau II.8: Devers en fonction de l'environnement	21
Tableau II.9 : Valeur du coefficient ft	21
Tableau II.10 : Valeur du coefficient « F"»	22
Tableau II.11: Eléments des raccordements circulaires "variante 1"	23
Tableau II.12: Cubatures approchées de la 'variante 01'.....	24
Tableau II.13 : les coordonnées des sommets de l'axe de "variante 2"	27
Tableau II.14 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante 02 ".....	27
Tableau II.15 : dénivelé de profil 'variante 02'.....	27
Tableau II.16: Classification de terrain et Dénivelée cumulée 'variante 02'	31
Tableau II.17 : Sinuosité 'variante 02'.....	31
Tableau II.18 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité 'variante 02'.....	32
Tableau II.19 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40' variante 02'	32
Tableau II.20 : Eléments des raccordements circulaires "variante 2 ".....	34
Tableau II.21 : Cubatures approchées de la 'variante 02 '.....	34
Tableau II.22 : Comparaison entre les deux variantes	37
Tableau III.1: Valeur de déclivité maximal	41
Tableau III.2 : Rayons convexes	43
Tableau- III.3 : Rayons concaves (angle rentrant). Cat1, V80	44
Tableau III.4 : Caractéristique des rayons verticaux	47
Tableau III.5: les valeurs de tangente et la flèche	49
Tableau IV.1 : Devers	54
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 reliant la wilaya de Mostaganem avec la wilaya Chelef en ville OULED BOUGHALEM sur 4,2 Km et ceci dans le cadre des prévisions du schéma national d'aménagement du territoire du schéma directeur routier

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

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

- Trafic Moyen Journalier Annuel (TMJA (2020)) = 7858 V/j
- Pourcentage de poids lourds : 14%
- Taux d'accroissement = 4 %
- Durée d'étude et d'exécution : n= 4 ans
- Durée de vie : 20 ans

Les calculs sont faits manuellement et 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 draft of a sidestep road section connecting Mostaganem district with Chelef district in OULED BOUGHALEM city on 4,2 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 01. And

- Average Annual Daily Traffic TJMA (2020) = 7858V / d
- The percentage (%) of heavy vehicles Z = 14%
- Annual traffic growth ratio σ = 4%
- Study and execution time: n = 4 years
- Lifespan: 20 years

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

نبذة مختصرة

مشروع نهاية الدراسة هو جزء من مسار جديد يتكون من دراسة مسودة أولية و مفصلة لطريق اجتنابي الرابط بين ولاية مستغانم و ولاية الشلف في مدينة اولاد بو عالم بطول 4,2 كم وهذا في إطار توقعات مخطط التخطيط الإقليمي الوطني للخطة الرئيسية للطريق في مشروع منحدر الطريق السريع، قدمنا منحنيات اتصال على طول المسارين، مع مراعاة المعايير التي تفرضها B40 لضمان راحة و أمان المستخدم لأن أي إهمال يمكن أن يكون قاتلاً. مع فئة طريقنا هي الفئة 01. و

• متوسط الحركة اليومية = 7858 (2020) TJMA س.ح.ث / يوم

• النسبة المئوية (%) من مركبات البضائع الثقيلة = 14%

• معدل نمو الحركة السنوية $\tau=4\%$

• وقت الدراسة و التنفيذ: ن = 4 سنوات

• عمر الطريق: 20 سنة

يتم إجراء العمليات الحسابية يدويًا وعلى طريق برنامج COVADIS 2013

INTRODUCTION GÉNÉRALE

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

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

Notre projet de fin d'étude fait partie d'un tracé neuf qui consiste à étudier en avant-projet sommaire et en avant-projet détaillée un tracé reliant la wilaya de Mostaganem à la Wilaya de Chlef à la ville de Ouled Boughalem **(du PK00 au PK 4+200)** 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 variantes seront traitées. 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 reliant la wilaya de Mostaganem à la wilaya de Chelef au ville OULED BOUGHALEM sur 4.2 KM.

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

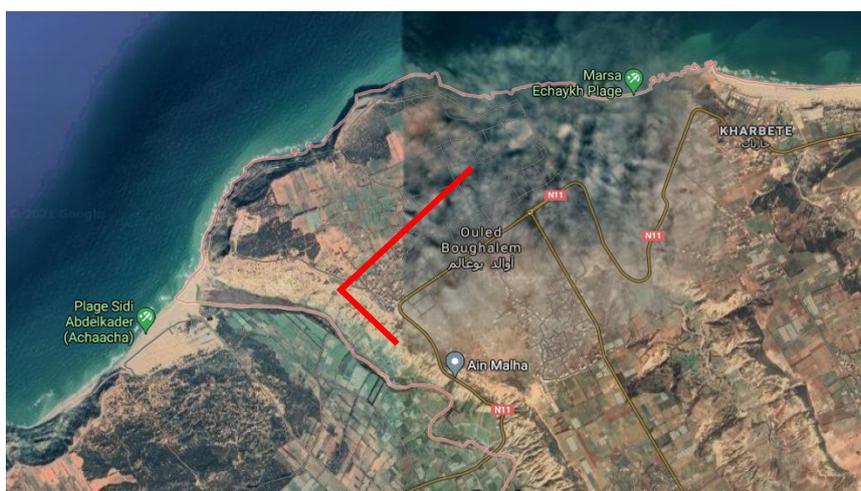


Figure I.1 : Tronçon de notre projet.

I-1 - CONTEXTE DE PROJET :

Mostaganem est une ville de très grande importance par sa situation géographique. La zone d'étude est comprise dans la région Nord-Ouest du schéma national d'aménagement du territoire constituée des wilayas d'Oran, Tlemcen, Aïn Témouchent, 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 Daïras.
- 32 Communes.
- 4 Subdivisions de travaux publics (STP).
- 7 Unités d'Intervention Routière (UIR).
- 4 Maisons cantonnières.

I-3 - INFRASTRUCTURES ROUTIERES :

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

I-4 – INFRASTRUCTURES PORTUIARES :

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

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

I-5- DONNES DE BASE :

I-5-1- Levé topographique :

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

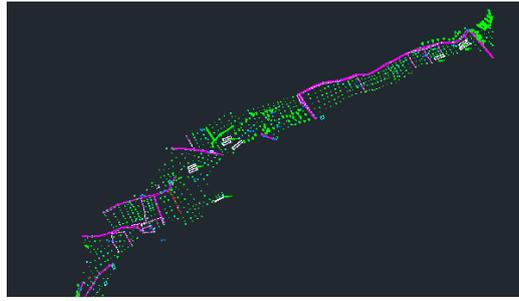


Figure I.2: Levé topographique.

I-5-2- Catégorie de la route :

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

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

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

La catégorie de notre route est la catégorie 01.

I-5-3-Trafic :

- Trafic Moyen Journalier Annuel TJMA (2020) = 7858 V/j
- Le pourcentage (%) des poids lourds Z = 14%
- Taux de croissance annuel du trafic $\tau = 4\%$
- Durée d'étude et d'exécution : n= 4 ans
- Durée de vie : 20 ans

Chapitre II

Etude Des Variantes

II-1- TRACE EN PLAN :

II-1-1-Définition :

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

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

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

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

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

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

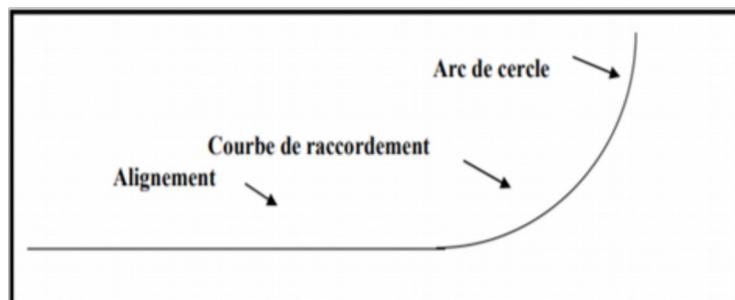


Figure II.1: Les éléments de tracé en plan.

II-1-3-1-Alignement droit:

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

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

La longueur des alignements dépend de :

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

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

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

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

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

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

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

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

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

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

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

II-1-4-Les variantes :

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

- Détermination des coordonnées définissant l'axe de notre variante ainsi que les angles au centre des parties circulaires.
- L'environnement de la route.
- Dénivelée cumulée.
- Sinuosité.
- Vitesse de référence Vr.
- 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.

$$g_{S_1S_2} = \arctg \left| \frac{\Delta X}{\Delta Y} \right| = \arctg \left| \frac{X_{S_2} - X_{S_1}}{Y_{S_2} - Y_{S_1}} \right|$$

❖ Distance :

La distance S1S2 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 :

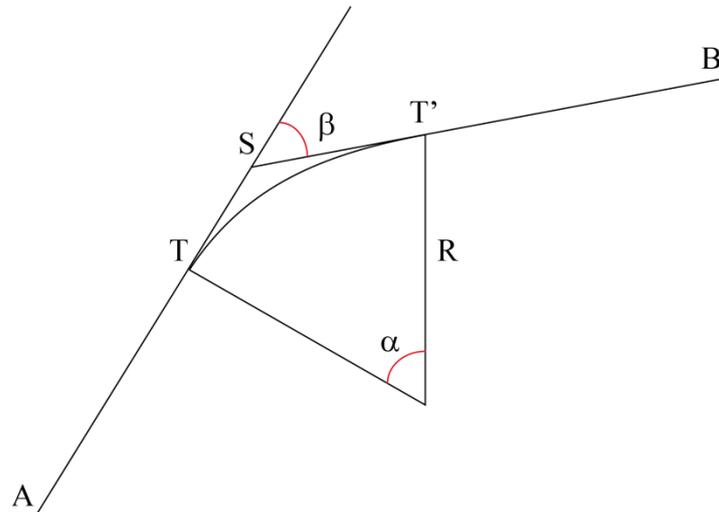


Figure II.2: Détermination de l'angle au centre.

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 :

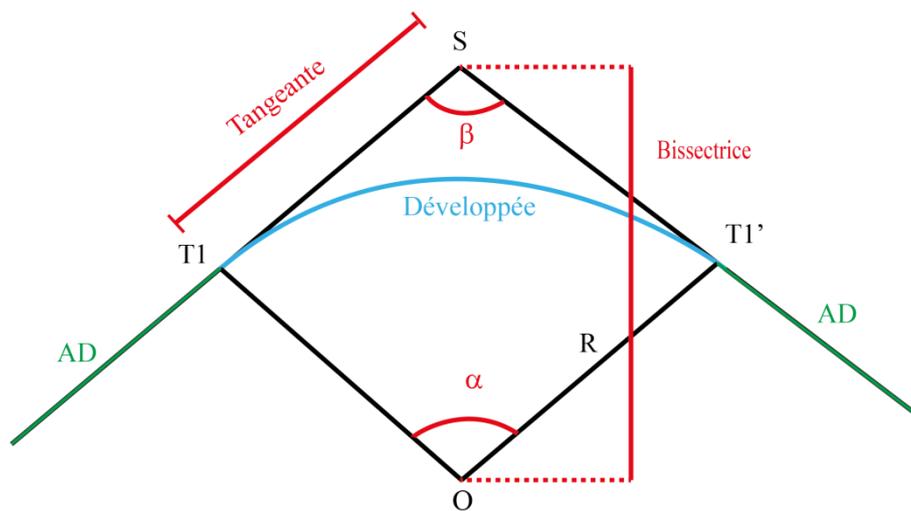


Figure II.3: Les éléments d'un raccordement circulaire.

- angles de déviation au sommet α :

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

❖ La tangente

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

❖ **Bissectrice :**

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

❖ **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.

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

❖ **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

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

❖ **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

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

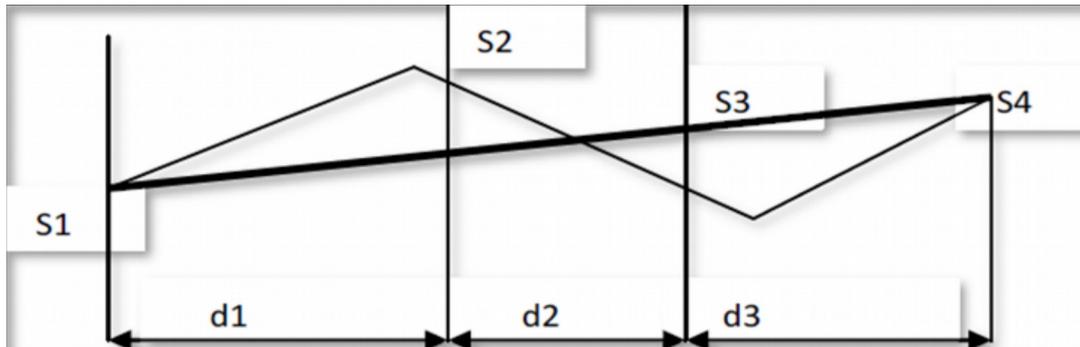


Figure II.4 : Schéma représentant la surface entre profil.

❖ Calcul des surfaces :

• En remblai :

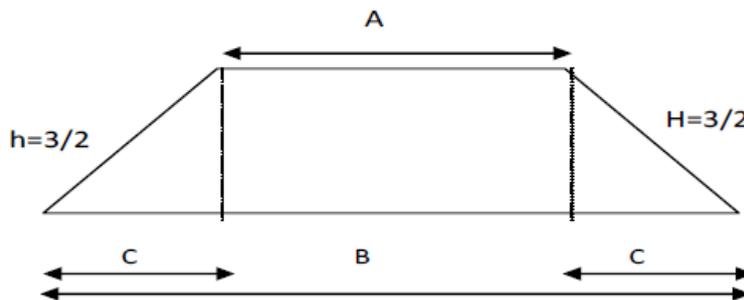


Figure II.5: Calcul de surfaces cas de remblai.

Avec :

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

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

• En déblai :

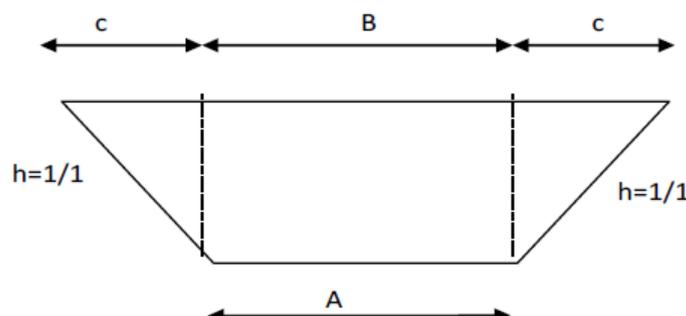


Figure II.6: Calcul de surfaces cas de déblai.

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	289055,77	4027094,21
S1	289106,94	4027059,54
S2	289330,50	4027040,73
S3	289533,87	4026931,46
S4	290114,75	4027212,48
S5	290391,14	4027244,24
S6	290741,84	4027009,02
S7	291568,92	4026945,12
B	293043,12	4027367,23

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

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

Points	dx	dy	gisement	Distance	Bitam
A-S1	51,171	-34,668	137,908045 1	61,80916069	/
S1-S2	223,564	-18,808	105,343100 1	224,3536362	-32,56494501
S2-S3	203,363	-109,273	131,389367 1	230,8621152	26,04626694
S3-S4	580,882	281,026	71,3140458 5	645,2904937	-60,07532121
S4-S5	276,393	31,754	92,7179432 4	278,2106311	21,40389739
S5-S6	350,700	-235,219	137,611384 1	422,2774674	44,89344081
S6-S7	827,085	-63,898	104,908557	829,5492359	-32,70282703
S7-B	1474,194	422,109	82,2465220 7	1533,43513	-22,66203496

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	4,755	289055,771	4027094,210	27,651	0,000
P2	9,511	15,000	289063,645	4027088,876	27,298	-0,353
P3	30,000	25,245	289081,166	4027078,272	26,538	-0,760
P4	60,000	30,000	289108,558	4027066,105	25,425	-1,113
P5	90,000	25,908	289137,459	4027058,168	24,312	-1,113
P6	111,817	15,000	289159,057	4027055,158	23,503	-0,809
P7	120,000	19,092	289167,211	4027054,472	23,200	-0,304
P8	150,000	30,000	289197,106	4027051,957	22,087	-1,113
P9	180,000	25,442	289227,000	4027049,442	20,974	-1,113
P10	200,884	15,000	289247,811	4027047,692	20,199	-0,775
P11	210,000	19,558	289256,885	4027046,824	19,861	-0,338
P12	240,000	30,000	289286,566	4027042,513	18,749	-1,113
P13	270,000	30,000	289315,842	4027035,991	17,636	-1,113
P14	300,000	30,000	289344,546	4027027,293	16,523	-1,113
P15	330,000	30,000	289372,518	4027016,469	15,410	-1,113

P16	360,000	17,269	289399,600	4027003,580	14,297	-1,113
P17	364,538	12,422	289403,609	4027001,454	14,129	-0,168
P18	384,845	12,731	289421,497	4026991,843	13,376	-0,753
P19	390,000	17,578	289426,063	4026989,450	13,185	-0,191
P20	420,000	30,000	289453,531	4026977,431	12,072	-1,113
P21	450,000	30,000	289482,240	4026968,788	10,959	-1,113
P22	480,000	30,000	289511,777	4026963,643	9,848	-1,111
P23	510,000	30,000	289541,718	4026962,072	9,002	-0,847
P24	540,000	30,000	289571,632	4026964,096	8,605	-0,396
P25	570,000	30,000	289601,088	4026969,686	8,561	-0,044
P26	600,000	25,380	289629,663	4026978,763	8,544	-0,018
P27	620,760	15,000	289648,705	4026987,018	8,531	-0,012
P28	630,000	19,620	289657,022	4026991,042	8,526	-0,005
P29	660,000	30,000	289684,028	4027004,107	8,617	0,091
P30	690,000	30,000	289711,034	4027017,172	9,314	0,697
P31	720,000	30,000	289738,039	4027030,237	10,541	1,227
P32	750,000	30,000	289765,045	4027043,302	11,607	1,066
P33	780,000	30,000	289792,050	4027056,367	12,416	0,809
P34	810,000	30,000	289819,056	4027069,433	12,967	0,551
P35	840,000	30,000	289846,062	4027082,498	13,261	0,294
P36	870,000	30,000	289873,067	4027095,563	13,299	0,037
P37	900,000	30,000	289900,073	4027108,628	13,089	-0,209
P38	930,000	30,000	289927,078	4027121,693	12,816	-0,274
P39	960,000	19,388	289954,084	4027134,758	12,542	-0,274
P40	968,775	15,000	289961,983	4027138,580	12,462	-0,080
P41	990,000	25,612	289981,186	4027147,620	12,268	-0,194
P42	1020,000	30,000	290008,646	4027159,698	11,995	-0,274
P43	1050,000	30,000	290036,456	4027170,947	11,721	-0,274
P44	1080,000	30,000	290064,591	4027181,356	11,447	-0,274
P45	1110,000	30,000	290093,026	4027190,918	11,173	-0,274
P46	1140,000	30,000	290121,734	4027199,621	10,900	-0,274
P47	1170,000	30,000	290150,691	4027207,460	10,626	-0,274
P48	1200,000	30,000	290179,869	4027214,427	10,352	-0,274
P49	1230,000	30,000	290209,244	4027220,515	10,079	-0,274
P50	1260,000	30,000	290238,788	4027225,720	9,805	-0,274
P51	1290,000	22,493	290268,475	4027230,036	9,531	-0,274
P52	1304,987	15,000	290283,350	4027231,858	9,395	-0,137
P53	1320,000	8,255	290298,265	4027233,572	9,258	-0,137
P54	1321,498	15,000	290299,753	4027233,742	9,244	-0,014
P55	1350,000	29,251	290328,193	4027235,376	8,984	-0,260
P56	1380,000	30,000	290358,122	4027233,590	8,814	-0,170
P57	1410,000	30,000	290387,622	4027228,233	9,192	0,378

P58	1440,000	30,000	290416,268	4027219,384	10,171	0,979
P59	1470,000	28,897	290443,649	4027207,169	11,593	1,422
P60	1497,794	15,000	290467,544	4027193,000	12,931	1,338
P61	1500,000	16,103	290469,376	4027191,772	13,037	0,106
P62	1530,000	30,000	290494,291	4027175,061	14,482	1,445
P63	1560,000	17,715	290519,205	4027158,350	15,927	1,445
P64	1565,431	15,000	290523,716	4027155,325	16,188	0,261
P65	1590,000	27,285	290544,286	4027141,891	17,371	1,183
P66	1620,000	30,000	290569,842	4027126,180	18,816	1,445
P67	1650,000	30,000	290595,857	4027111,242	20,260	1,445
P68	1680,000	30,000	290622,309	4027097,091	21,705	1,445
P69	1710,000	30,000	290649,173	4027083,740	23,149	1,445
P70	1740,000	30,000	290676,426	4027071,201	24,594	1,445
P71	1770,000	30,000	290704,042	4027059,485	26,039	1,445
P72	1800,000	30,000	290731,997	4027048,603	27,483	1,445
P73	1830,000	30,000	290760,267	4027038,564	28,928	1,445
P74	1860,000	30,000	290788,824	4027029,377	30,372	1,445
P75	1890,000	30,000	290817,645	4027021,051	31,817	1,445
P76	1920,000	30,000	290846,702	4027013,594	33,261	1,445
P77	1950,000	30,000	290875,970	4027007,011	34,602	1,341
P78	1980,000	30,000	290905,422	4027001,310	35,163	0,561
P79	2010,000	30,000	290935,031	4026996,494	34,825	-0,339
P80	2040,000	30,000	290964,772	4026992,568	33,584	-1,240
P81	2070,000	19,563	290994,618	4026989,537	31,588	-1,997
P82	2079,125	15,000	291003,713	4026988,792	30,955	-0,633
P83	2100,000	25,437	291024,525	4026987,184	29,587	-1,368
P84	2130,000	30,000	291054,436	4026984,874	28,207	-1,380
P85	2160,000	30,000	291084,347	4026982,563	27,548	-0,659
P86	2190,000	18,149	291114,258	4026980,252	27,609	0,061
P87	2196,299	15,000	291120,538	4026979,767	27,713	0,104
P88	2220,000	26,851	291144,177	4026978,053	28,391	0,677
P89	2250,000	30,000	291174,120	4026976,206	29,894	1,503
P90	2280,000	30,000	291204,083	4026974,718	32,121	2,227
P91	2310,000	30,000	291234,061	4026973,589	35,021	2,900
P92	2340,000	30,000	291264,051	4026972,821	37,896	2,875
P93	2370,000	30,000	291294,048	4026972,412	40,376	2,480
P94	2400,000	30,000	291324,048	4026972,363	42,462	2,086
P95	2430,000	30,000	291354,046	4026972,675	44,154	1,692
P96	2460,000	30,000	291384,039	4026973,346	45,453	1,299
P97	2490,000	30,000	291414,021	4026974,377	46,360	0,907
P98	2520,000	30,000	291443,988	4026975,768	46,876	0,515
P99	2550,000	30,000	291473,937	4026977,518	47,025	0,149

P100	2580,000	30,000	291503,863	4026979,628	47,094	0,069
P101	2610,000	30,000	291533,761	4026982,096	47,163	0,069
P102	2640,000	30,000	291563,627	4026984,923	47,232	0,069
P103	2670,000	30,000	291593,457	4026988,109	47,301	0,069
P104	2700,000	30,000	291623,247	4026991,652	47,247	-0,054
P105	2730,000	30,000	291652,992	4026995,552	46,536	-0,711
P106	2760,000	30,000	291682,689	4026999,809	45,206	-1,330
P107	2790,000	30,000	291712,332	4027004,422	43,798	-1,408
P108	2820,000	30,000	291741,917	4027009,390	42,533	-1,265
P109	2850,000	30,000	291771,441	4027014,713	41,626	-0,907
P110	2880,000	30,000	291800,899	4027020,390	41,079	-0,546
P111	2910,000	30,000	291830,286	4027026,419	40,893	-0,186
P112	2940,000	30,000	291859,599	4027032,802	41,067	0,173
P113	2970,000	30,000	291888,834	4027039,535	41,407	0,340
P114	3000,000	30,000	291917,985	4027046,619	41,747	0,340
P115	3030,000	30,000	291947,050	4027054,052	42,088	0,340
P116	3060,000	28,117	291976,023	4027061,833	42,428	0,340
P117	3086,235	15,000	292001,282	4027068,922	42,726	0,298
P118	3090,000	16,883	292004,901	4027069,959	42,769	0,043
P119	3120,000	30,000	292033,742	4027078,217	43,109	0,340
P120	3150,000	30,000	292062,583	4027086,475	43,449	0,340
P121	3180,000	30,000	292091,424	4027094,733	43,790	0,340
P122	3210,000	30,000	292120,265	4027102,991	44,130	0,340
P123	3240,000	30,000	292149,106	4027111,249	44,471	0,340
P124	3270,000	30,000	292177,947	4027119,507	44,811	0,340
P125	3300,000	30,000	292206,788	4027127,765	45,124	0,313
P126	3330,000	30,000	292235,629	4027136,024	45,187	0,063
P127	3360,000	30,000	292264,470	4027144,282	44,949	-0,237
P128	3390,000	30,000	292293,311	4027152,540	44,412	-0,538
P129	3420,000	30,000	292322,152	4027160,798	43,574	-0,838
P130	3450,000	30,000	292350,993	4027169,056	42,436	-1,138
P131	3480,000	30,000	292379,834	4027177,314	40,997	-1,439
P132	3510,000	30,000	292408,675	4027185,572	39,256	-1,740
P133	3540,000	30,000	292437,516	4027193,830	37,281	-1,975
P134	3570,000	30,000	292466,357	4027202,089	35,290	-1,992
P135	3600,000	30,000	292495,198	4027210,347	33,298	-1,992
P136	3630,000	30,000	292524,039	4027218,605	31,308	-1,990
P137	3660,000	30,000	292552,880	4027226,863	29,668	-1,640
P138	3690,000	30,000	292581,721	4027235,121	28,630	-1,038
P139	3720,000	30,000	292610,562	4027243,379	28,192	-0,438
P140	3750,000	30,000	292639,403	4027251,637	28,163	-0,029
P141	3780,000	30,000	292668,244	4027259,895	28,200	0,038

P142	3810,000	30,000	292697,085	4027268,153	28,358	0,158
P143	3840,000	30,000	292725,926	4027276,412	28,635	0,278
P144	3870,000	30,000	292754,767	4027284,670	29,033	0,398
P145	3900,000	30,000	292783,608	4027292,928	29,551	0,518
P146	3930,000	30,000	292812,449	4027301,186	30,188	0,638
P147	3960,000	30,000	292841,290	4027309,444	30,911	0,722
P148	3990,000	30,000	292870,131	4027317,702	31,637	0,726
P149	4020,000	30,000	292898,972	4027325,960	32,362	0,726
P150	4050,000	30,000	292927,813	4027334,218	33,088	0,726
P151	4080,000	30,000	292956,654	4027342,476	33,814	0,726
P152	4110,000	30,000	292985,496	4027350,735	34,539	0,726
P153	4140,000	29,971	293014,337	4027358,993	35,265	0,726
P154	4169,943	14,971	293043,123	4027367,235	35,989	0,724
Longueur Totale	4169,943			DH Totale	8,339	

❖ 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 :

- $\Sigma \Delta H = 8.339\text{m}$;
- $\Sigma \text{Distance} = 4169,943\text{m}$;

$$D_c = \frac{\Sigma \Delta H}{\Sigma \text{Distance}} = \frac{8,339}{4169,943} = 0.0020 \quad D_c = 0,20\%$$

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 plat.**

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).

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

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 $L_s = 0$

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.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 Plat  Environnement E1
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 **E1**(Voir Tableau III.7)

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

Environnement Catégorie	E1	E2	E3
Cat 1	120-100-80	100-80-60	80-60-40
Cat 2	120-100-80	100-80-60	80-60-40
Cat 3	120-100-80	100-80-60	80-60-40
Cat 4	100-80-60	80-60-40	60-40
Cat 5	80-60-40	60-40	40

À partir du **tableau II.7**, La vitesse à considérer selon les normes est : **Vr =100 Km/h.**

II-2-1-6- Stabilité en courbe :

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

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

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

✓ Détermination du coefficient transversal f_t :

Tableau II.9 : Valeur du coefficient f_t .

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

✓ Détermination du coefficient F'' en fonction de la catégorie :

Tableau II.10 : Valeur du coefficient « F'' ».

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

✓ Tableau récapitulatif :

Vitesse réf	Dmax	dmin	d=dmax-2%	Ft	f''
100 km/h	7%	2.5%	5%	0.11	0.06

▪ **Détermination des rayons en plan :**

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

$$RHm = \frac{100^2}{127(0,11+0,07)} \longrightarrow RHm = 437m$$

❖ **Le rayon minimal normal (RHN) :**

$$RHN = \frac{(100+20)^2}{127(0,11+0,07)} \longrightarrow RHN = 630m$$

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

$$RHd = \frac{100^2}{127*2*0,025} \longrightarrow RHd = 1575m$$

❖ **Le rayon non déversé RHnd :**

$$RHnd = \frac{100^2}{127(0,06-0,025)} \longrightarrow RHnd = 2250m$$

▪ **Paramètres fondamentaux :**

D’après le règlement des normes d’aménagements routiers **B40**, pour un environnement E1 et une catégorie **C1** et une vitesse de base **VB = 100 km/h** on définit les paramètres dans le tableau suivants :

Paramètres	Symboles	Valeurs calculées	Valeurs selon B-40
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7 %)	437	450
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5 %)	630	650
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5 %)	1575	1600
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5 %)	2250	2200

▪ **Choix des rayons:**

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

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

Rayons Choisis(m)	
R1	200
R2	400
R3	250
R4	1000
R5	250
R6	1000
R7	2500

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

Tableau des résultats :

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

Virage	Tangente (m)	Bissectrice (m)	Flèche (m)	Développée (m)
1	52.30	206.73	6.51	102.25
2	82.99	408.52	8.34	163.65
3	127.57	280.67	27.32	235.91
4	169.71	1014.30	14.10	336.21
5	91.99	266.39	15.38	176.21
6	262.65	1033.92	32.80	513.70
7	449.73	2540.13	39.49	889.93
				2417.86

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

$$Lad = AT1 + T'1T2+ T'2T3+T3T4+T4T5+T5T6+T6T7+T7B$$

$$Lad=9.51m+89.06m+20.32m+348.03m+16.51m+67.64m+77.17m+1083.71m$$



$$Lad=1711.95m$$

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

$$L_c = D1 + D2 + D3 + D4 + D5 + D6 + D7$$

$$L_c = 102.25m + 163.65m + 235.91m + 336.21m + 176.21m + 513.70m + 889.93m$$

$$\Rightarrow L_c = 2417.86m$$

- **Longueur totale du tronçon : LT**

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

$$L_T = 1711.95m + 2417.86m \Rightarrow L_T = 4129.81m$$

Pourcentage Alignement droit % $alig_Droit = 41\%$ **condition vérifier**

Pourcentage Courbe % $courbe = 59\%$ **condition vérifier**

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	4,755	6,93	11,75	18,67	88,799	88,799	0,01	0,00	0,01	0,042	0,042
P2	9,511	15,000	5,39	17,90	23,29	349,359	438,157	0,30	0,28	0,58	8,653	8,695
P3	30,000	25,245	4,38	11,01	15,39	388,433	826,591	0,19	0,11	0,29	7,405	16,100
P4	60,000	30,000	0,03	2,77	2,80	84,087	910,678	1,91	0,60	2,51	75,285	91,385
P5	90,000	25,908	0,04	7,16	7,21	186,723	1097,401	1,34	0,53	1,87	48,406	139,791
P6	111,817	15,000	0,10	8,75	8,84	132,617	1230,018	10,57	1,27	11,84	177,617	317,408
P7	120,000	19,092	0,23	9,92	10,15	193,814	1423,832	1,43	0,43	1,86	35,460	352,868
P8	150,000	30,000	3,47	15,31	18,78	563,315	1987,147	0,36	0,00	0,36	10,832	363,700
P9	180,000	25,442	7,05	17,49	24,54	624,446	2611,593	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P10	200,884	15,000	10,24	20,76	31,01	465,133	3076,725	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P11	210,000	19,558	10,95	21,12	32,07	627,232	3703,957	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P12	240,000	30,000	9,82	22,21	32,04	961,127	4665,084	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P13	270,000	30,000	14,62	29,16	43,78	1313,320	5978,404	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P14	300,000	30,000	19,56	27,03	46,59	1397,617	7376,021	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P15	330,000	30,000	25,40	24,56	49,97	1498,960	8874,981	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P16	360,000	17,269	25,18	30,89	56,07	968,274	9843,255	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P17	364,538	12,422	26,15	31,87	58,02	720,740	10563,995	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P18	384,845	12,731	27,09	33,26	60,35	768,305	11332,301	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P19	390,000	17,578	26,72	33,15	59,87	1052,303	12384,604	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P20	420,000	30,000	22,42	31,65	54,07	1622,216	14006,820	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P21	450,000	30,000	18,74	25,70	44,43	1332,935	15339,755	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P22	480,000	30,000	10,02	19,75	29,77	893,200	16232,954	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P23	510,000	30,000	0,81	15,65	16,46	493,759	16726,713	0,96	0,00	0,96	28,734	392,434
P24	540,000	30,000	1,36	13,53	14,89	446,636	17173,349	5,75	0,00	5,75	172,508	564,942
P25	570,000	30,000	3,88	12,02	15,89	476,809	17650,158	2,38	0,00	2,38	71,368	636,311

P26	600,000	25,380	4,46	0,05	4,51	114,407	17764,564	0,05	8,68	8,72	221,440	857,750
P27	620,760	15,000	8,08	0,04	8,12	121,789	17886,353	0,28	5,52	5,80	86,976	944,727
P28	630,000	19,620	8,15	0,04	8,19	160,653	18047,006	0,37	3,00	3,37	66,124	1010,851
P29	660,000	30,000	8,61	8,65	17,26	517,802	18564,808	0,00	0,00	0,00	0,000	1010,851
P30	690,000	30,000	9,91	11,20	21,11	633,167	19197,975	0,00	0,00	0,00	0,000	1010,851
P31	720,000	30,000	12,28	28,53	40,81	1224,382	20422,357	0,00	0,00	0,00	0,000	1010,851
P32	750,000	30,000	6,40	22,43	28,82	864,701	21287,059	0,00	0,00	0,00	0,000	1010,851
P33	780,000	30,000	1,63	18,26	19,89	596,699	21883,758	0,31	0,00	0,31	9,352	1020,203
P34	810,000	30,000	5,16	20,63	25,79	773,584	22657,342	0,02	0,00	0,02	0,644	1020,847
P35	840,000	30,000	2,88	19,21	22,09	662,789	23320,131	0,00	0,00	0,00	0,000	1020,847
P36	870,000	30,000	8,82	19,01	27,83	834,827	24154,958	0,00	0,00	0,00	0,000	1020,847
P37	900,000	30,000	7,68	15,32	23,00	689,970	24844,928	0,00	0,00	0,00	0,000	1020,847
P38	930,000	30,000	6,56	10,82	17,38	521,481	25366,409	0,17	0,13	0,30	8,953	1029,800
P39	960,000	19,388	3,03	9,13	12,16	235,663	25602,072	0,52	0,25	0,77	14,873	1044,673
P40	968,775	15,000	0,78	6,78	7,56	113,453	25715,525	1,73	0,24	1,97	29,549	1074,223
P41	990,000	25,612	0,19	4,87	5,06	129,497	25845,022	4,68	0,36	5,04	129,044	1203,267
P42	1020,000	30,000	0,04	3,85	3,89	116,688	25961,710	7,60	0,50	8,09	242,800	1446,067
P43	1050,000	30,000	0,00	4,35	4,35	130,646	26092,355	6,68	0,55	7,23	216,861	1662,928
P44	1080,000	30,000	0,10	3,93	4,04	121,136	26213,491	6,70	0,43	7,13	213,807	1876,735
P45	1110,000	30,000	0,09	5,02	5,12	153,450	26366,942	7,08	0,25	7,33	220,049	2096,784
P46	1140,000	30,000	2,45	5,52	7,98	239,293	26606,235	0,69	0,10	0,79	23,618	2120,403
P47	1170,000	30,000	0,93	4,11	5,04	151,232	26757,467	0,67	0,62	1,29	38,593	2158,996
P48	1200,000	30,000	2,85	10,68	13,52	405,688	27163,155	0,65	0,10	0,74	22,220	2181,216
P49	1230,000	30,000	0,00	3,05	3,05	91,467	27254,621	9,91	2,00	11,91	357,439	2538,655
P50	1260,000	30,000	0,00	2,21	2,21	66,345	27320,966	8,86	1,92	10,77	323,209	2861,864
P51	1290,000	22,493	2,25	7,85	10,10	227,287	27548,253	0,29	0,00	0,29	6,441	2868,305
P52	1304,987	15,000	3,31	8,13	11,44	171,668	27719,921	0,03	0,00	0,04	0,532	2868,837
P53	1320,000	8,255	5,20	9,07	14,27	117,775	27837,696	0,00	0,00	0,00	0,000	2868,837
P54	1321,498	15,000	5,28	9,08	14,36	215,400	28053,096	0,00	0,00	0,00	0,000	2868,837
P55	1350,000	29,251	4,26	10,13	14,40	421,126	28474,222	0,31	0,00	0,31	8,956	2877,793
P56	1380,000	30,000	10,68	12,25	22,93	687,837	29162,058	0,00	0,00	0,00	0,000	2877,793
P57	1410,000	30,000	8,08	9,59	17,67	530,136	29692,194	0,00	0,00	0,00	0,000	2877,793
P58	1440,000	30,000	7,00	12,15	19,14	574,319	30266,513	0,00	0,00	0,00	0,000	2877,793
P59	1470,000	28,897	2,46	8,48	10,94	316,160	30582,673	0,40	0,36	0,76	21,851	2899,644
P60	1497,794	15,000	3,60	7,68	11,27	169,071	30751,744	0,27	0,24	0,52	7,752	2907,397
P61	1500,000	16,103	3,82	7,63	11,45	184,369	30936,112	0,22	0,19	0,40	6,494	2913,891
P62	1530,000	30,000	5,51	9,36	14,88	446,265	31382,378	0,07	0,04	0,11	3,273	2917,163
P63	1560,000	17,715	1,63	8,45	10,07	178,411	31560,788	0,33	0,25	0,58	10,250	2927,414
P64	1565,431	15,000	1,81	8,98	10,78	161,775	31722,563	0,30	0,21	0,51	7,652	2935,066
P65	1590,000	27,285	0,22	7,47	7,69	209,911	31932,474	1,68	0,46	2,14	58,412	2993,478
P66	1620,000	30,000	0,00	0,04	0,04	1,325	31933,798	21,24	31,94	53,19	1595,557	4589,035
P67	1650,000	30,000	0,00	1,54	1,54	46,279	31980,077	13,14	2,78	15,92	477,486	5066,521
P68	1680,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	31980,077	21,58	20,48	42,06	1261,782	6328,303
P69	1710,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	31980,077	27,78	15,90	43,68	1310,545	7638,848
P70	1740,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	31980,077	21,52	9,97	31,48	944,510	8583,359
P71	1770,000	30,000	0,00	0,18	0,18	5,366	31985,443	22,51	7,23	29,75	892,358	9475,717
P72	1800,000	30,000	0,00	1,11	1,11	33,300	32018,743	15,49	4,29	19,79	593,596	10069,313
P73	1830,000	30,000	0,00	1,78	1,78	53,523	32072,267	10,21	2,61	12,83	384,846	10454,159
P74	1860,000	30,000	3,64	13,13	16,77	503,067	32575,334	0,21	0,00	0,21	6,358	10460,517
P75	1890,000	30,000	0,95	10,11	11,06	331,825	32907,159	0,46	0,26	0,72	21,623	10482,140
P76	1920,000	30,000	0,01	7,79	7,79	233,780	33140,939	3,60	0,56	4,15	124,646	10606,786
P77	1950,000	30,000	3,68	17,77	21,45	643,433	33784,372	0,32	0,00	0,32	9,621	10616,408
P78	1980,000	30,000	7,71	22,02	29,73	891,946	34676,318	0,00	0,00	0,00	0,000	10616,408
P79	2010,000	30,000	9,97	24,14	34,10	1023,105	35699,423	0,00	0,00	0,00	0,000	10616,408

P80	2040,000	30,000	10,37	23,24	33,61	1008,255	36707,678	0,00	0,00	0,00	0,000	10616,408
P81	2070,000	19,563	5,23	14,34	19,57	382,787	37090,465	0,00	0,00	0,00	0,000	10616,408
P82	2079,125	15,000	2,19	11,04	13,22	198,308	37288,773	0,22	0,14	0,36	5,384	10621,792
P83	2100,000	25,437	0,00	3,52	3,52	89,547	37378,320	6,95	1,09	8,05	204,676	10826,468
P84	2130,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	37378,320	27,59	15,43	43,02	1290,744	12117,212
P85	2160,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	37378,320	45,80	36,63	82,43	2472,998	14590,210
P86	2190,000	18,149	0,00	0,00	0,00	0,000	37378,320	47,48	35,64	83,12	1508,559	16098,769
P87	2196,299	15,000	0,00	0,00	0,00	0,000	37378,320	27,10	24,75	51,85	777,725	16876,494
P88	2220,000	26,851	16,95	17,11	34,05	914,336	38292,656	0,00	0,00	0,00	0,000	16876,494
P89	2250,000	30,000	40,58	49,35	89,93	2697,966	40990,623	0,00	0,00	0,00	0,000	16876,494
P90	2280,000	30,000	51,56	67,22	118,78	3563,468	44554,091	0,00	0,00	0,00	0,000	16876,494
P91	2310,000	30,000	44,11	62,67	106,78	3203,322	47757,413	0,00	0,00	0,00	0,000	16876,494
P92	2340,000	30,000	21,94	42,93	64,88	1946,298	49703,711	0,00	0,00	0,00	0,000	16876,494
P93	2370,000	30,000	6,01	23,69	29,70	890,988	50594,699	0,04	0,00	0,04	1,196	16877,690
P94	2400,000	30,000	6,76	17,56	24,32	729,644	51324,342	0,00	0,00	0,00	0,000	16877,690
P95	2430,000	30,000	1,67	12,33	14,00	419,990	51744,332	0,45	0,03	0,48	14,351	16892,041
P96	2460,000	30,000	0,33	10,43	10,76	322,747	52067,078	2,65	0,17	2,82	84,635	16976,677
P97	2490,000	30,000	1,76	11,40	13,15	394,620	52461,699	0,30	0,12	0,43	12,788	16989,464
P98	2520,000	30,000	1,90	14,92	16,82	504,654	52966,353	0,75	0,00	0,75	22,597	17012,061
P99	2550,000	30,000	11,16	20,08	31,24	937,164	53903,516	0,00	0,00	0,00	0,000	17012,061
P100	2580,000	30,000	8,63	18,78	27,41	822,344	54725,861	0,00	0,00	0,00	0,000	17012,061
P101	2610,000	30,000	8,17	14,13	22,30	668,967	55394,828	0,00	0,00	0,00	0,000	17012,061
P102	2640,000	30,000	14,30	22,78	37,08	1112,417	56507,245	0,00	0,00	0,00	0,000	17012,061
P103	2670,000	30,000	10,43	23,96	34,39	1031,825	57539,069	0,00	0,00	0,00	0,000	17012,061
P104	2700,000	30,000	8,74	20,33	29,07	872,216	58411,285	0,00	0,00	0,00	0,000	17012,061
P105	2730,000	30,000	3,40	13,77	17,17	515,239	58926,524	0,00	0,00	0,00	0,011	17012,073
P106	2760,000	30,000	1,59	10,62	12,21	366,394	59292,918	0,70	0,23	0,93	27,849	17039,922
P107	2790,000	30,000	1,55	10,82	12,37	371,071	59663,989	0,42	0,17	0,59	17,698	17057,620
P108	2820,000	30,000	0,64	9,46	10,10	303,033	59967,022	1,49	0,31	1,80	54,033	17111,654
P109	2850,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	59967,022	24,03	53,13	77,16	2314,853	19426,507
P110	2880,000	30,000	0,04	7,73	7,78	233,262	60200,283	1,95	0,54	2,50	74,901	19501,408
P111	2910,000	30,000	4,14	15,71	19,84	595,304	60795,587	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P112	2940,000	30,000	15,75	26,54	42,29	1268,584	62064,171	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P113	2970,000	30,000	26,09	34,25	60,34	1810,347	63874,518	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P114	3000,000	30,000	32,96	40,59	73,55	2206,405	66080,923	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P115	3030,000	30,000	36,42	44,61	81,03	2430,885	68511,808	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P116	3060,000	28,117	38,59	45,88	84,46	2374,875	70886,683	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P117	3086,235	15,000	38,45	43,80	82,25	1233,700	72120,384	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P118	3090,000	16,883	38,65	44,21	82,86	1398,899	73519,283	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P119	3120,000	30,000	35,81	41,70	77,51	2325,325	75844,609	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P120	3150,000	30,000	32,56	37,60	70,17	2105,001	77949,610	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P121	3180,000	30,000	28,15	32,93	61,08	1832,394	79782,004	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P122	3210,000	30,000	21,51	26,85	48,37	1450,987	81232,991	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P123	3240,000	30,000	12,52	18,63	31,15	934,492	82167,483	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P124	3270,000	30,000	8,35	10,88	19,23	576,755	82744,238	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P125	3300,000	30,000	4,38	7,38	11,76	352,833	83097,071	0,27	0,25	0,53	15,825	19517,233
P126	3330,000	30,000	6,33	10,13	16,45	493,641	83590,712	0,01	0,00	0,01	0,192	19517,424
P127	3360,000	30,000	10,95	12,08	23,03	690,983	84281,696	0,00	0,00	0,00	0,000	19517,424
P128	3390,000	30,000	17,23	16,86	34,09	1022,614	85304,310	0,00	0,00	0,00	0,000	19517,424
P129	3420,000	30,000	15,92	14,25	30,18	905,321	86209,630	0,00	0,00	0,00	0,000	19517,424
P130	3450,000	30,000	0,00	0,30	0,30	8,970	86218,601	3,04	2,04	5,08	152,442	19669,866
P131	3480,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86218,601	15,10	10,43	25,53	765,756	20435,622
P132	3510,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86218,601	16,54	12,56	29,10	873,063	21308,685
P133	3540,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86218,601	13,18	9,16	22,34	670,200	21978,884

P134	3570,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86218,601	8,89	7,33	16,22	486,708	22465,592
P135	3600,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86218,601	7,13	5,34	12,46	373,914	22839,506
P136	3630,000	30,000	4,71	8,28	12,99	389,712	86608,312	0,13	0,10	0,22	6,734	22846,240
P137	3660,000	30,000	9,85	13,32	23,18	695,289	87303,601	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P138	3690,000	30,000	8,91	8,72	17,63	528,768	87832,369	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P139	3720,000	30,000	10,17	0,00	10,17	305,153	88137,522	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P140	3750,000	30,000	2,34	0,00	2,34	70,075	88207,598	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P141	3780,000	30,000	3,58	0,00	3,58	107,500	88315,097	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P142	3810,000	30,000	5,41	16,53	21,94	658,182	88973,279	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P143	3840,000	30,000	10,38	23,40	33,78	1013,325	89986,604	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P144	3870,000	30,000	11,22	24,16	35,39	1061,615	91048,219	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P145	3900,000	30,000	13,59	26,06	39,65	1189,588	92237,807	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P146	3930,000	30,000	12,34	25,46	37,80	1134,101	93371,908	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P147	3960,000	30,000	14,81	33,75	48,56	1456,657	94828,566	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P148	3990,000	30,000	23,90	42,15	66,05	1981,644	96810,209	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P149	4020,000	30,000	26,54	49,77	76,31	2289,290	99099,500	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P150	4050,000	30,000	20,22	35,55	55,77	1673,145	100772,645	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P151	4080,000	30,000	2,19	12,80	14,99	449,726	101222,371	0,15	0,03	0,17	5,160	22851,399
P152	4110,000	30,000	2,19	12,44	14,63	439,028	101661,399	0,34	0,27	0,60	18,068	22869,468
P153	4140,000	29,971	9,19	19,59	28,77	862,399	102523,798	0,00	0,00	0,00	0,000	22869,468
P154	4169,943	14,971	7,34	8,35	15,68	234,801	102758,599	0,00	0,00	0,00	0,039	22869,506

- **Volume de déblai total : 102758.599m³.**
- **Volume de remblai total : 22869.506m³.**
- **Excès de déblai : 79889.093 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	289059,844	4027109,346
S1	289603,963	4026896,712
S2	290284,701	4027278,966
S3	290678,791	4027037,911
S4	291558,334	4026911,685
S5	292514,463	4027304,324
B	293037,356	4027369,614

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

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

Points	Dx	dy	Gisement	Distance	Bitas (grad)
A-S1	544,119	-212,635	123,716551 9	584,191218 4	/
S1S2	680,737	382,254	67,4272286 9	780,718484 4	-56,289
S2-S3	394,091	-241,055	134,947857	461,968657	67,521

			9	4	
S3-S4	879,543	-126,226	109,074335 8	888,554393	-25,874
S4-S5	956,129	392,639	75,1936128 2	1033,60914 4	-33,881
S5-B	522,893	65,290	92,0919076 4	526,952886	16,898

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	289059,844	4027109,346	27,886	0
P2	25,000	25,000	289083,129	4027100,247	24,975	-2,911
P3	50,000	25,000	289106,414	4027091,147	22,642	-2,333
P4	75,000	25,000	289129,700	4027082,048	21,009	-1,632
P5	100,000	25,000	289152,985	4027072,948	20,074	-0,935
P6	125,000	25,000	289176,270	4027063,849	19,835	-0,240
P7	150,000	25,000	289199,555	4027054,749	20,289	0,455
P8	175,000	25,000	289222,840	4027045,650	21,199	0,910
P9	200,000	25,000	289246,125	4027036,550	21,819	0,620
P10	225,000	25,000	289269,410	4027027,451	22,091	0,272
P11	250,000	13,926	289292,696	4027018,351	22,016	-0,075
P12	252,851	12,500	289295,351	4027017,313	21,985	-0,031
P13	275,000	23,574	289316,105	4027009,579	21,593	-0,392
P14	300,000	25,000	289339,810	4027001,643	20,823	-0,770
P15	325,000	25,000	289363,784	4026994,559	19,706	-1,118
P16	350,000	25,000	289387,996	4026988,335	18,241	-1,465
P17	375,000	25,000	289412,414	4026982,980	16,636	-1,605
P18	400,000	25,000	289437,008	4026978,500	15,030	-1,605
P19	425,000	25,000	289461,746	4026974,901	13,425	-1,605
P20	450,000	25,000	289486,597	4026972,188	11,819	-1,605
P21	475,000	25,000	289511,529	4026970,363	10,214	-1,605
P22	500,000	25,000	289536,511	4026969,430	8,609	-1,605
P23	525,000	25,000	289561,509	4026969,390	7,140	-1,468
P24	550,000	25,000	289586,493	4026970,242	6,263	-0,877
P25	575,000	25,000	289611,431	4026971,986	6,011	-0,252
P26	600,000	25,000	289636,291	4026974,620	6,384	0,373
P27	625,000	25,000	289661,040	4026978,139	7,383	0,999
P28	650,000	25,000	289685,649	4026982,539	8,982	1,599
P29	675,000	25,000	289710,084	4026987,816	10,735	1,753
P30	700,000	25,000	289734,316	4026993,962	12,488	1,753
P31	725,000	25,000	289758,312	4027000,969	14,235	1,748
P32	750,000	25,000	289782,043	4027008,828	15,746	1,511
P33	775,000	25,000	289805,479	4027017,530	16,898	1,152

P34	800,000	25,000	289828,588	4027027,063	17,693	0,794
P35	825,000	25,000	289851,343	4027037,415	18,129	0,437
P36	850,000	23,392	289873,713	4027048,573	18,209	0,080
P37	871,785	12,500	289892,871	4027058,942	17,987	-0,222
P38	875,000	14,108	289895,674	4027060,516	17,931	-0,056
P39	900,000	25,000	289917,473	4027072,757	17,316	-0,615
P40	925,000	25,000	289939,271	4027084,997	16,621	-0,695
P41	950,000	25,000	289961,070	4027097,237	15,925	-0,695
P42	975,000	25,000	289982,868	4027109,478	15,230	-0,695
P43	1000,000	25,000	290004,667	4027121,718	14,535	-0,695
P44	1025,000	25,000	290026,465	4027133,959	13,839	-0,695
P45	1050,000	25,000	290048,263	4027146,199	13,144	-0,695
P46	1075,000	25,000	290070,062	4027158,440	12,449	-0,695
P47	1100,000	25,000	290091,860	4027170,680	11,754	-0,695
P48	1125,000	25,000	290113,659	4027182,921	11,058	-0,695
P49	1150,000	24,791	290135,457	4027195,161	10,363	-0,695
P50	1174,581	12,500	290156,890	4027207,197	9,680	-0,684
P51	1175,000	12,709	290157,256	4027207,401	9,668	-0,012
P52	1200,000	25,000	290179,648	4027218,495	9,048	-0,620
P53	1225,000	25,000	290203,036	4027227,297	8,567	-0,481
P54	1250,000	25,000	290227,186	4027233,721	8,224	-0,342
P55	1275,000	25,000	290251,856	4027237,702	8,021	-0,203
P56	1300,000	25,000	290276,801	4027239,200	7,957	-0,064
P57	1325,000	25,000	290301,770	4027238,200	8,031	0,074
P58	1350,000	25,000	290326,515	4027234,712	8,244	0,213
P59	1375,000	25,000	290350,789	4027228,772	8,597	0,352
P60	1400,000	25,000	290374,347	4027220,437	9,088	0,491
P61	1425,000	19,867	290396,957	4027209,793	9,718	0,630
P62	1439,734	12,500	290409,745	4027202,479	10,155	0,437
P63	1450,000	17,633	290418,502	4027197,123	10,487	0,333
P64	1475,000	23,777	290439,829	4027184,078	11,396	0,908
P65	1497,553	12,500	290459,068	4027172,309	12,335	0,939
P66	1500,000	13,723	290461,157	4027171,035	12,443	0,109
P67	1525,000	25,000	290482,638	4027158,246	13,626	1,183
P68	1550,000	25,000	290504,370	4027145,889	14,848	1,222
P69	1575,000	25,000	290526,345	4027133,969	16,069	1,222
P70	1600,000	25,000	290548,554	4027122,492	17,291	1,222
P71	1625,000	25,000	290570,988	4027111,460	18,513	1,222
P72	1650,000	25,000	290593,639	4027100,880	19,735	1,222
P73	1675,000	25,000	290616,496	4027090,755	20,957	1,222
P74	1700,000	25,000	290639,551	4027081,088	22,178	1,222
P75	1725,000	25,000	290662,795	4027071,885	23,400	1,222
P76	1750,000	25,000	290686,218	4027063,149	24,622	1,222
P77	1775,000	25,000	290709,812	4027054,882	25,844	1,222
P78	1800,000	25,000	290733,566	4027047,089	27,066	1,222
P79	1825,000	25,000	290757,471	4027039,773	28,287	1,222
P80	1850,000	25,000	290781,517	4027032,936	29,509	1,222
P81	1875,000	25,000	290805,696	4027026,582	30,731	1,222

P82	1900,000	25,000	290829,997	4027020,712	31,953	1,222
P83	1925,000	25,000	290854,410	4027015,330	33,175	1,222
P84	1950,000	25,000	290878,926	4027010,437	34,196	1,021
P85	1975,000	25,000	290903,535	4027006,035	34,604	0,408
P86	2000,000	15,289	290928,227	4027002,126	34,387	-0,217
P87	2005,578	12,500	290933,747	4027001,321	34,253	-0,134
P88	2025,000	22,211	290952,972	4026998,562	33,544	-0,709
P89	2050,000	25,000	290977,718	4026995,011	32,074	-1,470
P90	2075,000	25,000	291002,465	4026991,459	29,975	-2,100
P91	2100,000	25,000	291027,211	4026987,908	27,397	-2,578
P92	2125,000	25,000	291051,957	4026984,356	25,419	-1,978
P93	2150,000	25,000	291076,704	4026980,805	24,279	-1,140
P94	2175,000	25,000	291101,450	4026977,254	23,974	-0,305
P95	2200,000	25,000	291126,197	4026973,702	24,502	0,528
P96	2225,000	13,861	291150,943	4026970,151	25,866	1,364
P97	2227,721	12,500	291153,637	4026969,764	26,065	0,199
P98	2250,000	23,639	291175,712	4026966,763	28,062	1,998
P99	2275,000	25,000	291200,534	4026963,786	30,579	2,517
P100	2300,000	25,000	291225,402	4026961,224	33,096	2,517
P101	2325,000	25,000	291250,310	4026959,076	35,613	2,517
P102	2350,000	25,000	291275,249	4026957,344	38,130	2,517
P103	2375,000	25,000	291300,214	4026956,027	40,647	2,517
P104	2400,000	25,000	291325,198	4026955,127	43,033	2,387
P105	2425,000	25,000	291350,193	4026954,643	44,935	1,902
P106	2450,000	25,000	291375,192	4026954,576	46,333	1,398
P107	2475,000	25,000	291400,190	4026954,925	47,230	0,897
P108	2500,000	25,000	291425,178	4026955,691	47,626	0,396
P109	2525,000	25,000	291450,149	4026956,874	47,626	0,000
P110	2550,000	25,000	291475,098	4026958,472	47,594	-0,031
P111	2575,000	25,000	291500,016	4026960,486	47,563	-0,031
P112	2600,000	25,000	291524,898	4026962,915	47,532	-0,031
P113	2625,000	25,000	291549,735	4026965,758	47,500	-0,031
P114	2650,000	25,000	291574,522	4026969,015	47,469	-0,031
P115	2675,000	25,000	291599,251	4026972,685	47,438	-0,031
P116	2700,000	25,000	291623,915	4026976,766	47,406	-0,031
P117	2725,000	25,000	291648,508	4026981,257	47,375	-0,031
P118	2750,000	25,000	291673,023	4026986,158	47,343	-0,031
P119	2775,000	25,000	291697,452	4026991,467	47,312	-0,031
P120	2800,000	25,000	291721,790	4026997,182	47,281	-0,031
P121	2825,000	25,000	291746,029	4027003,302	47,249	-0,031
P122	2850,000	25,000	291770,163	4027009,825	47,218	-0,031
P123	2875,000	25,000	291794,184	4027016,749	47,187	-0,031
P124	2900,000	25,000	291818,087	4027024,073	47,155	-0,031
P125	2925,000	25,000	291841,865	4027031,794	47,124	-0,031
P126	2950,000	25,000	291865,510	4027039,910	47,092	-0,031
P127	2975,000	25,000	291889,017	4027048,419	47,061	-0,031
P128	3000,000	25,000	291912,379	4027057,319	47,030	-0,031
P129	3025,000	13,009	291935,590	4027066,607	46,998	-0,031

P130	3026,017	12,500	291936,531	4027066,993	46,997	-0,001
P131	3050,000	24,491	291958,716	4027076,104	46,967	-0,030
P132	3075,000	25,000	291981,842	4027085,600	46,936	-0,031
P133	3100,000	25,000	292004,968	4027095,097	46,898	-0,037
P134	3125,000	25,000	292028,094	4027104,594	46,794	-0,104
P135	3150,000	25,000	292051,220	4027114,091	46,607	-0,188
P136	3175,000	25,000	292074,346	4027123,588	46,336	-0,271
P137	3200,000	25,000	292097,472	4027133,084	45,981	-0,354
P138	3225,000	25,000	292120,598	4027142,581	45,544	-0,438
P139	3250,000	25,000	292143,724	4027152,078	45,023	-0,521
P140	3275,000	25,000	292166,850	4027161,575	44,418	-0,604
P141	3300,000	25,000	292189,976	4027171,072	43,731	-0,688
P142	3325,000	25,000	292213,102	4027180,568	42,959	-0,771
P143	3350,000	25,000	292236,228	4027190,065	42,105	-0,855
P144	3375,000	16,888	292259,353	4027199,562	41,166	-0,938
P145	3383,775	12,500	292267,471	4027202,895	40,817	-0,349
P146	3400,000	20,612	292282,504	4027208,998	40,145	-0,673
P147	3425,000	25,000	292305,764	4027218,161	39,039	-1,105
P148	3450,000	25,000	292329,137	4027227,034	37,850	-1,189
P149	3475,000	25,000	292352,618	4027235,613	36,578	-1,273
P150	3500,000	25,000	292376,205	4027243,898	35,222	-1,356
P151	3525,000	25,000	292399,894	4027251,888	33,786	-1,435
P152	3550,000	25,000	292423,681	4027259,581	32,333	-1,454
P153	3575,000	25,000	292447,562	4027266,976	30,879	-1,454
P154	3600,000	25,000	292471,534	4027274,072	29,426	-1,453
P155	3625,000	25,000	292495,592	4027280,867	28,065	-1,361
P156	3650,000	25,000	292519,734	4027287,362	26,884	-1,181
P157	3675,000	25,000	292543,954	4027293,554	25,882	-1,002
P158	3700,000	25,000	292568,251	4027299,443	25,058	-0,823
P159	3725,000	25,000	292592,619	4027305,028	24,414	-0,645
P160	3750,000	25,000	292617,055	4027310,308	23,948	-0,466
P161	3775,000	25,000	292641,555	4027315,282	23,661	-0,287
P162	3800,000	25,000	292666,115	4027319,949	23,552	-0,109
P163	3825,000	25,000	292690,732	4027324,309	23,622	0,070
P164	3850,000	25,000	292715,401	4027328,361	23,871	0,249
P165	3875,000	25,000	292740,119	4027332,104	24,298	0,427
P166	3900,000	19,825	292764,882	4027335,538	24,904	0,606
P167	3914,651	12,500	292779,413	4027337,407	25,342	0,438
P168	3925,000	17,675	292789,683	4027338,689	25,689	0,347
P169	3950,000	25,000	292814,490	4027341,786	26,652	0,964
P170	3975,000	25,000	292839,297	4027344,884	27,719	1,067
P171	4000,000	25,000	292864,105	4027347,981	28,787	1,068
P172	4025,000	25,000	292888,912	4027351,079	29,854	1,068
P173	4050,000	25,000	292913,719	4027354,176	30,922	1,068
P174	4075,000	25,000	292938,527	4027357,274	31,989	1,068
P175	4100,000	25,000	292963,334	4027360,371	33,057	1,068
P176	4125,000	25,000	292988,141	4027363,469	34,124	1,068
P177	4150,000	24,798	293012,949	4027366,566	35,192	1,068

P178	4174,596	12,298	293037,356	4027369,614	36,242	1,050
L Total=	4174,596				DH Total=	8,356

- $\Sigma \Delta H = 8,356 \text{ m}$
- $\Sigma \text{ Distance} = 4174,596 \text{ m}$

$$Dc = \frac{\Sigma \Delta H}{\Sigma \text{ Distance}} = \frac{8,356}{4174,596} = 0,002 \quad \Rightarrow \quad Dc = 0.20\%$$

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

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

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

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

B)-Sinuosité :

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

Avec :

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

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.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 Plat
Sinuosité faible  Environnement E1

II-2-2-4- La vitesse de référence :

La vitesse est donc fonction de :

- La catégorie
- L’environnement

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

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

Environnement Catégorie	E1	E2	E3
Cat 1	120-100-80	100-80-60	80-60-40
Cat 2	120-100-80	100-80-60	80-60-40
Cat 3	120-100-80	100-80-60	80-60-40
Cat 4	100-80-60	80-60-40	60-40
Cat 5	80-60-40	60-40	40

À partir du **tableau II.19**, La vitesse à considérer selon les normes est : **Vr = 100 km/h**

II-2-2-5- Stabilité en courbe :

✓ **Tableau récapitulatif :**

Vitesse réf	Dmax	dmin	d=dmax-2%	Ft	f"
100 km/h	7%	2.5%	5%	0.11	0.06

Détermination des rayons en plan :

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

$$RHm = \frac{100^2}{127(0,11+0,07)} \longrightarrow RHm = 437m$$

❖ **Le rayon minimal normal (RHN) :**

$$RHN = \frac{(100+20)^2}{127(0,11+0,07)} \longrightarrow \boxed{RHN = 630m}$$

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

$$RHd = \frac{100^2}{127*2*0,025} \longrightarrow \boxed{RHd = 1575m}$$

❖ **Le rayon non déversé RHnd :**

$$RHnd = \frac{100^2}{127(0,06-0,025)} \longrightarrow \boxed{RHnd = 2250m}$$

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 %)	437	450
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5 %)	630	650
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5 %)	1575	1600
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5 %)	2250	2200

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	R2	R3	R4	R5
700	250	1250	1500	2000

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

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

Virage	Tangente (m)	Bissectrice (m)	Flèche (m)	Développée (m)
1	331,338	774,450	67,299	618,616
2	146,580	289,803	34,336	256,016
3	257,562	1276,259	25,719	507,758

4	408,833	1554,717	52,791	797,874
5	267,002	2017,744	17,589	530,597

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

$Lad = AT1 + T'1T2 + T2T3 + T3T4 + T4T5 + T5B$

$Lad = 252,85 + 302,80 + 57,82 + 222,14 + 357,76 + 259,95 \longrightarrow Lad = 1463,32 \text{ m}$

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

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

$Lc = 618,93 + 256,15 + 508,03 + 798,30 + 530,88 \longrightarrow Lc = 2712,29 \text{ m}$

• **Longueur totale du tronçon : LT**

$LT = Lad + Lc$

$LT = 1463,32 \text{ m} + 2712,29 \text{ m} \longrightarrow LT = 4175,61 \text{ m}$

▪ **Pourcentage Alignement droit : align_Droit = 35% condition vérifier**

▪ **Pourcentage Courbe : courbe = 65% condition vérifier**

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	6,26	6,31	12,56	157,021	157,021	0,00	0,01	0,01	0,185	0,185
P2	25,000	25,000	0,05	17,20	17,25	431,260	588,280	4,42	0,16	4,58	114,620	114,805
P3	50,000	25,000	10,95	25,80	36,75	918,814	1507,094	0,01	0,00	0,01	0,169	114,974
P4	75,000	25,000	3,89	20,45	24,35	608,674	2115,768	0,00	0,00	0,00	0,093	115,067
P5	100,000	25,000	12,06	36,00	48,07	1201,712	3317,480	0,00	0,00	0,00	0,000	115,067
P6	125,000	25,000	25,51	31,22	56,72	1418,074	4735,555	0,00	0,00	0,00	0,000	115,067
P7	150,000	25,000	18,43	30,18	48,62	1215,400	5950,955	0,00	0,00	0,00	0,000	115,067
P8	175,000	25,000	10,11	22,23	32,34	808,602	6759,557	0,00	0,00	0,00	0,000	115,067
P9	200,000	25,000	4,77	19,29	24,06	601,483	7361,040	0,00	0,00	0,00	0,000	115,067
P10	225,000	25,000	3,49	13,83	17,32	433,008	7794,048	0,32	0,00	0,32	7,955	123,022
P11	250,000	13,926	2,79	5,18	7,97	111,007	7905,055	0,23	0,02	0,24	3,380	126,402
P12	252,851	12,500	2,64	4,60	7,24	90,496	7995,551	0,32	0,06	0,38	4,694	131,096
P13	275,000	23,574	2,18	1,94	4,13	97,316	8092,867	0,52	0,25	0,78	18,297	149,393
P14	300,000	25,000	2,48	1,15	3,64	90,896	8183,763	0,79	0,17	0,96	24,018	173,411
P15	325,000	25,000	0,91	1,85	2,76	68,987	8252,751	2,33	0,03	2,36	58,933	232,344
P16	350,000	25,000	0,39	11,89	12,28	306,889	8559,639	2,69	0,26	2,95	73,842	306,186
P17	375,000	25,000	1,59	9,96	11,55	288,722	8848,362	0,56	0,37	0,92	23,070	329,256
P18	400,000	25,000	5,58	11,30	16,89	422,167	9270,529	0,03	0,00	0,03	0,834	330,090
P19	425,000	25,000	3,87	11,91	15,78	394,612	9665,141	0,00	0,00	0,00	0,000	330,090
P20	450,000	25,000	3,00	11,89	14,89	372,242	10037,383	0,00	0,00	0,00	0,119	330,209
P21	475,000	25,000	1,23	10,67	11,90	297,399	10334,783	0,59	0,20	0,78	19,525	349,734
P22	500,000	25,000	2,85	11,73	14,59	364,662	10699,445	0,39	0,33	0,72	18,025	367,759
P23	525,000	25,000	6,38	20,77	27,15	678,739	11378,183	0,12	0,02	0,14	3,514	371,273

P24	550,000	25,000	13,27	34,67	47,93	1198,364	12576,548	0,00	0,00	0,00	0,000	371,273
P25	575,000	25,000	0,00	23,82	23,82	595,499	13172,046	17,55	1,15	18,71	467,681	838,955
P26	600,000	25,000	24,21	8,26	32,47	811,767	13983,814	0,00	0,00	0,00	0,000	838,955
P27	625,000	25,000	7,81	10,42	18,23	455,830	14439,644	0,00	0,00	0,00	0,000	838,955
P28	650,000	25,000	3,88	5,52	9,41	235,150	14674,794	0,35	0,34	0,69	17,285	856,240
P29	675,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14674,794	7,17	7,37	14,54	363,494	1219,733
P30	700,000	25,000	0,00	3,30	3,30	82,520	14757,314	1,71	0,67	2,38	59,600	1279,333
P31	725,000	25,000	2,23	10,11	12,35	308,665	15065,979	0,23	0,16	0,39	9,739	1289,072
P32	750,000	25,000	5,44	15,99	21,43	535,749	15601,728	0,00	0,00	0,00	0,000	1289,072
P33	775,000	25,000	8,33	22,82	31,15	778,795	16380,523	0,00	0,00	0,00	0,000	1289,072
P34	800,000	25,000	7,58	22,07	29,65	741,291	17121,815	0,00	0,00	0,00	0,000	1289,072
P35	825,000	25,000	5,34	17,90	23,24	580,926	17702,741	0,00	0,00	0,00	0,000	1289,072
P36	850,000	23,392	1,22	9,20	10,42	243,766	17946,506	1,05	0,09	1,14	26,641	1315,713
P37	871,785	12,500	0,41	0,00	0,41	5,094	17951,600	2,30	0,00	2,30	28,746	1344,459
P38	875,000	14,108	0,32	0,00	0,32	4,487	17956,088	1,99	0,00	1,99	28,038	1372,496
P39	900,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	17956,088	0,73	0,00	0,73	18,339	1390,836
P40	925,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	17956,088	1,19	0,00	1,19	29,669	1420,504
P41	950,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	17956,088	1,70	0,00	1,70	42,450	1462,954
P42	975,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	17956,088	2,26	0,00	2,26	56,509	1519,464
P43	1000,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	17956,088	2,81	0,00	2,81	70,227	1589,691
P44	1025,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	17956,088	1,65	0,00	1,65	41,364	1631,055
P45	1050,000	25,000	1,20	1,01	2,21	55,166	18011,254	2,33	0,15	2,49	62,180	1693,236
P46	1075,000	25,000	2,73	13,05	15,79	394,668	18405,922	0,11	0,00	0,11	2,751	1695,987
P47	1100,000	25,000	6,54	18,21	24,76	618,881	19024,803	0,00	0,00	0,00	0,000	1695,987
P48	1125,000	25,000	5,62	21,34	26,97	674,219	19699,022	0,00	0,00	0,00	0,000	1695,987
P49	1150,000	24,791	12,98	20,43	33,41	828,201	20527,223	0,00	0,00	0,00	0,000	1695,987
P50	1174,581	12,500	13,48	13,70	27,18	339,738	20866,961	0,00	0,00	0,00	0,000	1695,987
P51	1175,000	12,709	13,78	13,79	27,56	350,323	21217,284	0,00	0,00	0,00	0,000	1695,987
P52	1200,000	25,000	10,33	22,06	32,38	809,623	22026,907	0,00	0,00	0,00	0,000	1695,987
P53	1225,000	25,000	4,78	8,58	13,36	334,101	22361,008	0,18	0,18	0,36	8,937	1704,924
P54	1250,000	25,000	4,30	15,41	19,72	492,932	22853,939	0,00	0,00	0,00	0,087	1705,011
P55	1275,000	25,000	4,37	18,24	22,61	565,344	23419,283	0,00	0,00	0,00	0,000	1705,011
P56	1300,000	25,000	8,44	20,22	28,66	716,535	24135,819	0,00	0,00	0,00	0,000	1705,011
P57	1325,000	25,000	14,65	20,85	35,50	887,389	25023,208	0,00	0,00	0,00	0,000	1705,011
P58	1350,000	25,000	12,67	18,02	30,68	767,050	25790,258	0,00	0,00	0,00	0,000	1705,011
P59	1375,000	25,000	13,95	17,11	31,07	776,634	26566,892	0,00	0,00	0,00	0,000	1705,011
P60	1400,000	25,000	11,60	16,30	27,90	697,460	27264,352	0,00	0,00	0,00	0,000	1705,011
P61	1425,000	19,867	13,06	15,59	28,64	569,067	27833,419	0,00	0,00	0,00	0,000	1705,011
P62	1439,734	12,500	15,69	23,15	38,84	485,458	28318,876	0,00	0,00	0,00	0,000	1705,011
P63	1450,000	17,633	19,35	29,41	48,76	859,699	29178,576	0,00	0,00	0,00	0,000	1705,011
P64	1475,000	23,777	23,80	28,33	52,14	1239,643	30418,219	0,00	0,00	0,00	0,000	1705,011
P65	1497,553	12,500	20,14	26,02	46,16	576,990	30995,209	0,00	0,00	0,00	0,000	1705,011
P66	1500,000	13,723	20,68	26,02	46,70	640,877	31636,086	0,00	0,00	0,00	0,000	1705,011
P67	1525,000	25,000	22,61	27,85	50,46	1261,523	32897,610	0,00	0,00	0,00	0,000	1705,011
P68	1550,000	25,000	20,69	27,83	48,52	1213,071	34110,681	0,00	0,00	0,00	0,000	1705,011
P69	1575,000	25,000	21,24	30,64	51,87	1296,850	35407,531	0,00	0,00	0,00	0,000	1705,011
P70	1600,000	25,000	16,31	26,87	43,19	1079,720	36487,250	0,00	0,00	0,00	0,000	1705,011
P71	1625,000	25,000	3,30	9,69	13,00	324,897	36812,147	0,22	5,31	5,53	138,234	1843,245
P72	1650,000	25,000	4,49	15,96	20,45	511,207	37323,354	0,00	0,00	0,00	0,000	1843,245
P73	1675,000	25,000	0,00	5,53	5,53	138,303	37461,657	18,61	2,56	21,16	529,091	2372,336
P74	1700,000	25,000	0,00	2,35	2,35	58,838	37520,495	12,46	2,09	14,56	363,955	2736,291
P75	1725,000	25,000	0,00	2,21	2,21	55,170	37575,664	11,59	2,15	13,74	343,574	3079,865
P76	1750,000	25,000	0,00	3,43	3,43	85,851	37661,516	11,04	1,85	12,89	322,323	3402,189

P77	1775,000	25,000	0,00	3,21	3,21	80,272	37741,787	14,62	2,10	16,72	417,913	3820,102
P78	1800,000	25,000	0,00	5,36	5,36	133,970	37875,758	8,59	1,16	9,75	243,816	4063,918
P79	1825,000	25,000	0,00	4,66	4,66	116,505	37992,263	11,89	1,13	13,02	325,390	4389,308
P80	1850,000	25,000	3,40	16,69	20,09	502,322	38494,585	0,19	0,00	0,19	4,834	4394,142
P81	1875,000	25,000	7,11	14,96	22,07	551,832	39046,417	0,00	0,00	0,00	0,000	4394,142
P82	1900,000	25,000	1,16	10,25	11,41	285,322	39331,739	0,61	0,25	0,86	21,502	4415,644
P83	1925,000	25,000	0,03	7,75	7,78	194,442	39526,180	3,26	0,57	3,83	95,713	4511,357
P84	1950,000	25,000	2,74	17,86	20,60	514,996	40041,177	0,76	0,00	0,76	18,982	4530,339
P85	1975,000	25,000	6,91	21,51	28,42	710,566	40751,743	0,00	0,00	0,00	0,000	4530,339
P86	2000,000	15,289	9,71	24,75	34,46	526,921	41278,664	0,00	0,00	0,00	0,000	4530,339
P87	2005,578	12,500	10,17	24,61	34,78	434,761	41713,425	0,00	0,00	0,00	0,000	4530,339
P88	2025,000	22,211	11,15	24,65	35,80	795,171	42508,596	0,00	0,00	0,00	0,000	4530,339
P89	2050,000	25,000	12,48	24,79	37,27	931,696	43440,292	0,00	0,00	0,00	0,000	4530,339
P90	2075,000	25,000	12,07	20,84	32,91	822,860	44263,152	0,00	0,00	0,00	0,000	4530,339
P91	2100,000	25,000	11,58	22,08	33,66	841,476	45104,629	0,00	0,00	0,00	0,000	4530,339
P92	2125,000	25,000	1,99	13,33	15,32	382,978	45487,606	0,09	0,00	0,09	2,357	4532,696
P93	2150,000	25,000	3,14	13,67	16,81	420,287	45907,893	0,14	0,03	0,17	4,204	4536,901
P94	2175,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	45907,893	42,93	21,85	64,78	1619,474	6156,375
P95	2200,000	25,000	21,82	21,99	43,81	1095,241	47003,134	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P96	2225,000	13,861	58,76	55,55	114,32	1584,500	48587,634	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P97	2227,721	12,500	60,85	58,62	119,47	1493,377	50081,010	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P98	2250,000	23,639	70,58	75,96	146,53	3463,974	53544,985	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P99	2275,000	25,000	79,81	91,71	171,52	4287,909	57832,893	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P100	2300,000	25,000	83,17	96,16	179,33	4483,181	62316,074	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P101	2325,000	25,000	68,92	81,28	150,19	3754,858	66070,932	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P102	2350,000	25,000	50,92	69,21	120,13	3003,306	69074,239	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P103	2375,000	25,000	32,23	49,63	81,86	2046,514	71120,752	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P104	2400,000	25,000	19,40	36,90	56,30	1407,414	72528,167	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P105	2425,000	25,000	11,98	26,42	38,40	959,985	73488,151	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P106	2450,000	25,000	4,92	14,21	19,13	478,297	73966,448	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P107	2475,000	25,000	4,79	15,04	19,83	495,712	74462,160	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P108	2500,000	25,000	10,05	19,84	29,89	747,179	75209,339	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P109	2525,000	25,000	17,07	24,11	41,18	1029,572	76238,910	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P110	2550,000	25,000	20,58	33,01	53,59	1339,827	77578,737	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P111	2575,000	25,000	21,44	35,11	56,55	1413,667	78992,404	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P112	2600,000	25,000	22,99	34,78	57,77	1444,309	80436,713	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P113	2625,000	25,000	25,82	37,56	63,38	1584,605	82021,318	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P114	2650,000	25,000	30,24	44,85	75,09	1877,191	83898,509	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P115	2675,000	25,000	29,33	43,63	72,96	1823,966	85722,475	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P116	2700,000	25,000	24,11	35,44	59,55	1488,767	87211,242	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P117	2725,000	25,000	5,90	15,51	21,41	535,298	87746,539	0,00	0,00	0,00	0,000	6156,375
P118	2750,000	25,000	2,16	10,32	12,48	312,110	88058,650	0,27	0,17	0,44	10,982	6167,357
P119	2775,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	21,57	11,87	33,44	835,945	7003,302
P120	2800,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	30,82	21,34	52,16	1303,977	8307,279
P121	2825,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	45,54	37,15	82,69	2067,280	10374,560
P122	2850,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	100,80	95,36	196,15	4903,832	15278,391
P123	2875,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	64,96	55,28	120,24	3006,095	18284,486
P124	2900,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	64,89	54,66	119,55	2988,625	21273,111
P125	2925,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	57,87	46,00	103,87	2596,676	23869,787
P126	2950,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	49,47	39,64	89,11	2227,731	26097,518
P127	2975,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	39,44	30,63	70,06	1751,607	27849,125
P128	3000,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	31,01	24,20	55,21	1380,221	29229,346
P129	3025,000	13,009	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	23,24	18,55	41,78	543,556	29772,903

P130	3026,017	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	23,09	18,43	41,51	518,930	30291,832
P131	3050,000	24,491	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	20,03	15,58	35,62	872,264	31164,097
P132	3075,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	17,08	12,75	29,82	745,558	31909,654
P133	3100,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	14,92	10,45	25,36	634,028	32543,682
P134	3125,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	12,63	8,31	20,94	523,493	33067,175
P135	3150,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	12,32	7,85	20,17	504,298	33571,473
P136	3175,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	10,80	6,80	17,60	439,931	34011,404
P137	3200,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	8,87	6,33	15,20	380,016	34391,420
P138	3225,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	9,30	5,98	15,28	382,010	34773,431
P139	3250,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	88058,650	8,99	5,43	14,42	360,576	35134,006
P140	3275,000	25,000	0,00	1,96	1,96	49,049	88107,699	2,33	0,86	3,20	79,926	35213,932
P141	3300,000	25,000	2,78	7,15	9,93	248,357	88356,056	0,35	0,31	0,66	16,521	35230,452
P142	3325,000	25,000	12,02	15,47	27,49	687,165	89043,221	0,00	0,00	0,00	0,000	35230,452
P143	3350,000	25,000	26,92	30,86	57,78	1444,593	90487,814	0,00	0,00	0,00	0,000	35230,452
P144	3375,000	16,888	41,54	47,83	89,37	1509,308	91997,122	0,00	0,00	0,00	0,000	35230,452
P145	3383,775	12,500	40,97	51,11	92,08	1150,953	93148,075	0,00	0,00	0,00	0,000	35230,452
P146	3400,000	20,612	36,27	47,32	83,59	1723,002	94871,077	0,00	0,00	0,00	0,000	35230,452
P147	3425,000	25,000	21,10	32,23	53,33	1333,210	96204,287	0,00	0,00	0,00	0,000	35230,452
P148	3450,000	25,000	18,29	21,00	39,29	982,350	97186,638	0,00	0,00	0,00	0,000	35230,452
P149	3475,000	25,000	15,15	17,48	32,63	815,626	98002,264	0,00	0,00	0,00	0,000	35230,452
P150	3500,000	25,000	9,77	11,90	21,67	541,843	98544,106	0,00	0,00	0,00	0,000	35230,452
P151	3525,000	25,000	7,22	7,52	14,74	368,529	98912,636	0,07	0,07	0,14	3,379	35233,831
P152	3550,000	25,000	7,57	8,24	15,82	395,375	99308,011	0,02	0,01	0,03	0,815	35234,647
P153	3575,000	25,000	7,96	9,91	17,87	446,734	99754,745	0,00	0,00	0,00	0,000	35234,647
P154	3600,000	25,000	8,47	14,34	22,81	570,216	100324,961	0,00	0,00	0,00	0,000	35234,647
P155	3625,000	25,000	9,53	17,27	26,80	669,960	100994,920	0,00	0,00	0,00	0,000	35234,647
P156	3650,000	25,000	11,81	18,00	29,81	745,346	101740,266	0,00	0,00	0,00	0,000	35234,647
P157	3675,000	25,000	14,49	20,52	35,01	875,190	102615,456	0,00	0,00	0,00	0,000	35234,647
P158	3700,000	25,000	18,35	21,65	40,00	999,931	103615,387	0,00	0,00	0,00	0,000	35234,647
P159	3725,000	25,000	19,26	18,18	37,44	935,932	104551,319	0,00	0,00	0,00	0,000	35234,647
P160	3750,000	25,000	12,85	1,08	13,93	348,270	104899,589	0,51	5,23	5,74	143,476	35378,123
P161	3775,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	104899,589	37,76	49,18	86,93	2173,363	37551,486
P162	3800,000	25,000	19,63	28,65	48,28	1207,063	106106,651	0,00	0,00	0,00	0,000	37551,486
P163	3825,000	25,000	26,81	31,24	58,05	1451,223	107557,874	0,00	0,00	0,00	0,000	37551,486
P164	3850,000	25,000	26,54	31,20	57,73	1443,363	109001,237	0,00	0,00	0,00	0,000	37551,486
P165	3875,000	25,000	23,89	29,04	52,93	1323,314	110324,551	0,00	0,00	0,00	0,000	37551,486
P166	3900,000	19,825	25,35	29,10	54,45	1079,476	111404,027	0,00	0,00	0,00	0,000	37551,486
P167	3914,651	12,500	8,25	28,71	36,96	461,942	111865,969	0,00	0,00	0,00	0,000	37551,486
P168	3925,000	17,675	0,00	22,40	22,40	395,867	112261,836	0,00	0,00	0,00	0,000	37551,486
P169	3950,000	25,000	0,00	22,30	22,30	557,602	112819,438	0,00	0,00	0,00	0,000	37551,486
P170	3975,000	25,000	4,40	20,62	25,02	625,459	113444,897	0,00	0,00	0,00	0,000	37551,486
P171	4000,000	25,000	8,12	19,72	27,84	696,037	114140,934	0,00	0,00	0,00	0,000	37551,486
P172	4025,000	25,000	7,58	18,72	26,30	657,507	114798,441	0,00	0,00	0,00	0,000	37551,486
P173	4050,000	25,000	5,34	18,83	24,17	604,277	115402,718	0,00	0,00	0,00	0,000	37551,486
P174	4075,000	25,000	1,51	11,22	12,73	318,296	115721,013	0,28	0,19	0,47	11,687	37563,173
P175	4100,000	25,000	0,58	8,25	8,83	220,734	115941,747	0,89	0,37	1,26	31,559	37594,732
P176	4125,000	25,000	1,75	8,61	10,36	258,964	116200,711	0,54	0,28	0,82	20,414	37615,147
P177	4150,000	24,798	3,62	13,31	16,93	419,926	116620,637	0,03	0,00	0,03	0,691	37615,838
P178	4174,596	12,298	3,17	9,15	12,33	151,590	116772,228	0,05	0,00	0,05	0,578	37616,416

- **Volume de déblai total : 37616,416m³**
- **Volume de remblai total : 116772,228m³**

- **Excès de remblai:** 79155,812m³

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 del'itinéraire	m	4129,81	4175,61	+	-
Pourcentage AlignementDroit	%	41%	35%	+	-
Pourcentage courbe	%	59%	65%	+	-
Rayon minimal	m	200	250	-	+
Rayon maximal	m	2500	2000	+	-
Nombre de courbes	/	7	5	-	+
Quantité de déblai	m ³	102758.599	37616,416	-	+
Quantité de remblai	m ³	22869.506	116772,228	+	-
				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 raccords 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 la plus courante utilisée est la 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 de projet de façon à tenir en compte :

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

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

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

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

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

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

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

✓ Eviter une hauteur excessive en remblai.

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

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

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

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

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

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

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

III-6-DECLIVITE :

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

A) Déclivité minimum :

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

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

B) Déclivité maximum :

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

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

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

Tableau III.1: Valeur de déclivité maximal.

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

Pour notre cas la vitesse **Vr = 100 km/h** donc la pente maximale **Imax = 5%**.

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 raccords :

A)-Raccords convexes (angle saillant) :

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

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

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

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

Tel que :

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

❖ Condition de visibilité

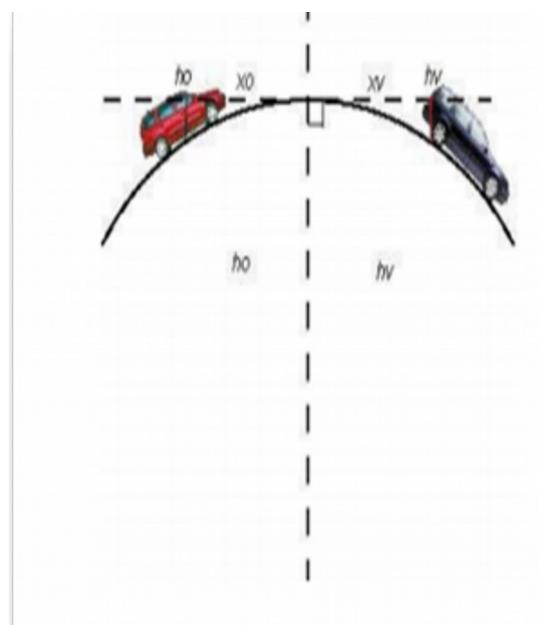
Elle intervient seulement dans les raccords des points hauts comme condition supplémentaire à celle de la condition de confort.

Il faut deux véhicules circuler en sens opposés puissent s'apercevoir à une distance double de la distance d'arrêt minimum.

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

$$R_v = \frac{D_1^2}{2 \cdot h_0}$$

- d : Distance d'arrêt (m).
- h_0 : Hauteur de l'œil (m).



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

Dans le cas d'une route unidirectionnelle :

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

On trouve:

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

Les rayons assurant ces deux conditions sont données par les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnelle et pour une vitesse de base $Vb = 100$ (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 :

Rv' : rayon minimum du cercle de raccordement.

d_1 : distance d'arrêt.

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

❖ Rayon minimal absolu :

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

$$R_{vm} (Vr) = (0.3 \times Vr)^2 = (0.3 \times 100)^2 = 3000 \text{ m}$$

❖ Rayon minimal normal :

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

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

$$Rvn = 0.3 (Vr + 20)^2$$

$$Rvn = 0.3 \times 14400 = 4320m$$

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

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

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R' Vm	3000
Min -normal	R'VN	4320

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

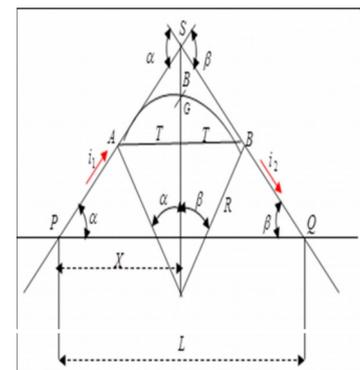


Figure III.1 Eléments du profil en long

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

III-9- DETERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG :

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

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

Pratiquement, le calcul des 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.

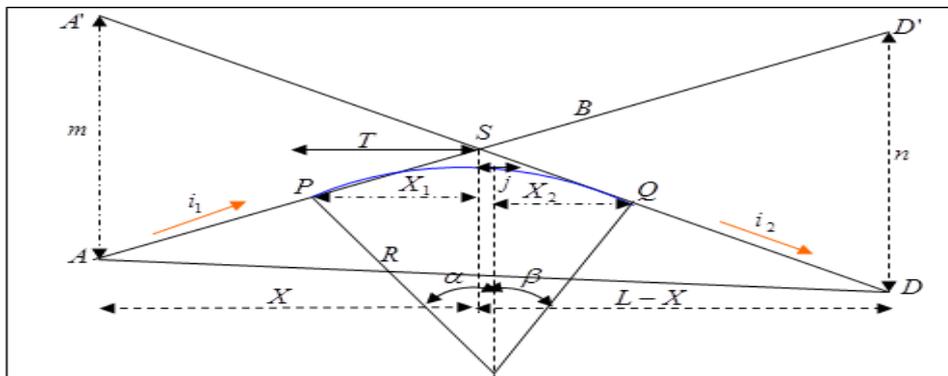


Figure III.2: Pratiques du profil en long.

❖ **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 :

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

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

❖ **Calculs De La Tangente :**

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

La tangente (**T**) permet de positionner les pentes de tangentes **B** et **C**.

L'équation de la parabole est:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$LR = 2T$$

❖ **Calcul De La Flèche :**

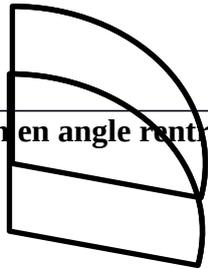
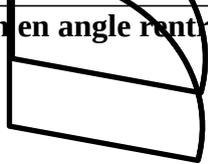
$$H = T^2 / 2R$$

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

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

III-10- APPLICATION DE PROJET :

Tableau III.4: Caractéristique des rayons verticaux.

Catégorie	C1	
Environnement	E1	
Vitesse (km/h)	100	
Rayon en angle saillant RV 	Route unidirectionnelle :	(2x2 voies)
	RVm1 (minimal absolu) en m	2500
	RVn1 (minimal normal) en m	6000
Rayon en angle rentrant RV 	Route unidirectionnelle :	(2x2 voies)
	RVm1 (minimal absolu) en m	3000
	RVn1 (minimal normal) en m	4320
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 :

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

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

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

1- Calcul les déclivités :

Pente / Rampe	Xi = Pi x R	Yi = ((Pi) ² x R) / 2
P1 = -3,709 %	X1 = -0,03709 x 2000 = -74,18m	Y1 = ((-0,03709) ² x 2000) / 2 = 1,38m
P2 = -0,059 %	X2 = -0,00059 x 1350 = -0,80m	Y2 = ((-0,00059) ² x 1350) / 2 = 0,00024m
P3 = 4,398 %	X3 = 0,04398 x 3500 = 153,93m	Y3 = (0,04398 ² x 3500) / 2 = 3,38m
P4 = -0,912 %	X4 = -0,00912 x 1500 = -13,68m	Y4 = ((-0,00912) ² x 1500) / 2 = 0,062m
P5 = 4,815 %	X5 = 0,04815 x 1000 = 48,15m	Y5 = (0,04815 ² x 1000) / 2 = 1,16m
P6 = -6,933 %	X6 = -0,06933 x 1250 = -86,66m	Y6 = ((-0,06933) ² x 1250) / 2 = 3,004m
P7 = 10,122 %	X7 = 0,10122 x 2300 = 232,81m	Y7 = (0,10122 ² x 2300) / 2 = 11,780m
P8 = 0,230 %	X8 = 0,00230 x 1250 = 2,88m	Y8 = (0,00230 ² x 1250) / 2 = 0,003m
P9 = -4,694 %	X9 = -0,04694 x 2500 = -117,35m	Y9 = ((-0,04694) ² x 2500) / 2 = 2,750m

P10=1,135%	X10=0,01135x3000=34,05m	Y10=(0,01135) ² x3000)/2=0,190m
P11=-6,639 %	X11=-0,06639x1500=-99,59m	Y11=(-0,06639) ² x1500)/2=3,310m
P12=-0,057 %	X12=-0,00057x7500=-4,28m	Y12=(-0,00057) ² x7500)/2=0,001m
P13=2,419%	X13=0,02419x7500=181,425m	Y13=(0,02419) ² x7500)/2=2,190m

2- Calcul de la tangente :

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

$$T1= (2000(-0,03709+0,00059))/2=36,500m$$

$$T2= (1350(-0,00059+0,04398))/2=25,704m$$

$$T3= (3500(0,04398-0,00912))/2=61,005m$$

$$T4= (1500(-0,00912+ 0,04815))/2=29,273m$$

$$T5= (1000(0,04815-0,06933))/2=10,590m$$

$$T6= (1250(-0,06933+0,10122))/2=19,931m$$

$$T7= (2300(0,10122-0,00230))/2=8,995m$$

$$T8= (1250(0,00230-0,04694))/2=27,900m$$

$$T9= (2500(-0,04694+0,01135))/2=44,488m$$

$$T10= (3000(0,01135-0,06639))/2=82,560m$$

$$T11= (1500(-0,06639+0,00057))/2=49,365m$$

$$T12= (7500(-0,00057+0,02419))/2=88,575m$$

3- Calcul de la flèche :

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

$$F1=0,33m$$

$$F2= 0,24m$$

$$F3=0,53m$$

$$F4=0,28m$$

$$F5= 0,06m$$

$$F6= 0,15m$$

$$F7=0,02m$$

$$F8=0,31m$$

$$F9=0,40m$$

$$F10=1,13m$$

$$F11=0,81m$$

$$F12=0,52m$$

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

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

Elément Sommet	P1 P2	Nature du rayon	Sens des pentes	Les rayons (m)	T (m)	F (m)
S1	-3,709 -0,059	Rentrant	Mm sens	2000	36,5	0,33
S2	-0,059 4,398	Rentrant	diff sens	1350	25,704	0,24
S3	4,398 -0,912	Saillant	diff sens	3500	61,005	0,53
S4	-0,912 4,815	Rentrant	diff sens	1500	29,273	0,28
S5	4,815 -6,933	Saillant	diff sens	1000	10,59	0,06
S6	-6,933 10,122	Rentrant	diff sens	1250	19,93	0,15
S7	10,122 0,230	Rentrant	Mm sens	2300	8,995	0,02
S8	0,230 -4,694	Saillant	diff sens	1250	27,9	0,31
S9	-4,694 1,135	Saillant	diff sens	2500	44,488	0,40
S10	1,135 -6,639	Rentrant	diff sens	3000	82,56	1,13
S11	-6,639 -0,057	Saillant	Mm sens	1500	49,365	0,81
S12	-0,057 2,419	Saillant	diff sens	7500	88,575	0,52

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.
- S_L** : Corde (K_A – K_E).

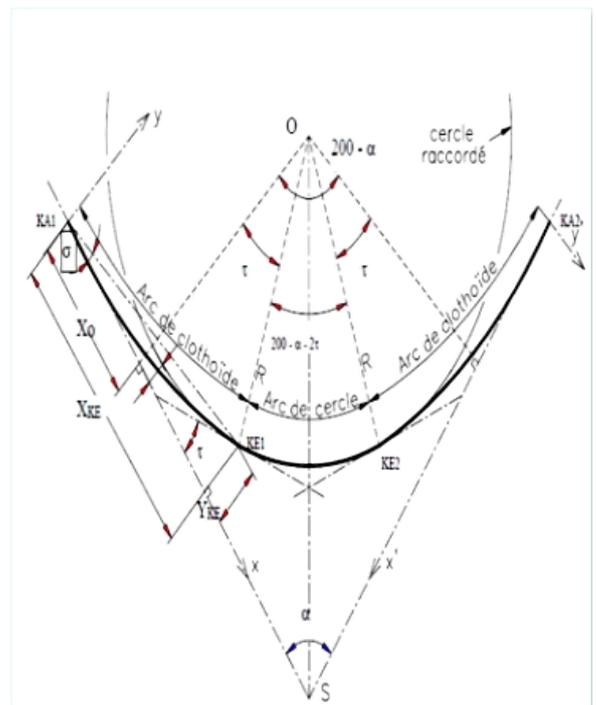


Figure IV.1 : Les éléments de la clothoïde.

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.

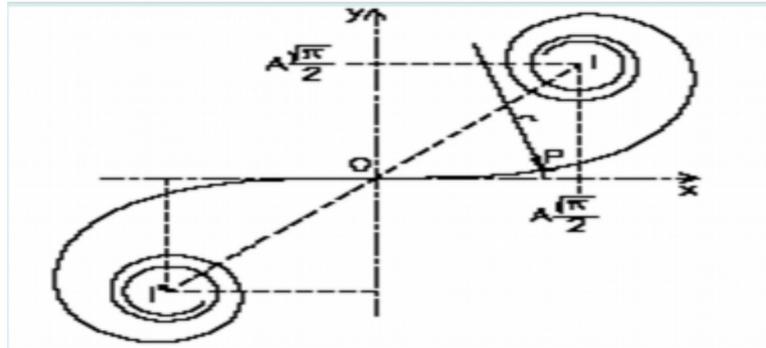


Figure IV.2 : La propriété de clothoïde.

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 DERACCORDEMENT :

IV-5-1- Condition de confort optique :

Elle permet d'assurer à l'usager 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 $R > 5000\text{m}$ $\Rightarrow \Delta R$ 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 :

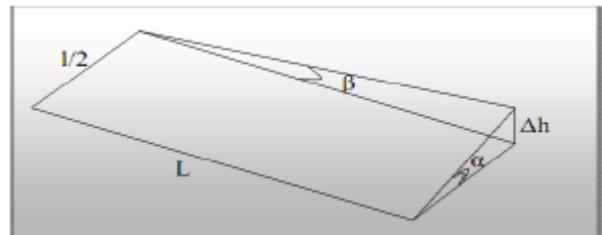
Elle se traduit par la limitation de la pente relative en profil en long du bord de la chaussée déversée.

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

L : Longueur de raccordement.

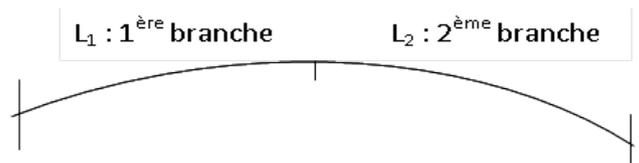
l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.



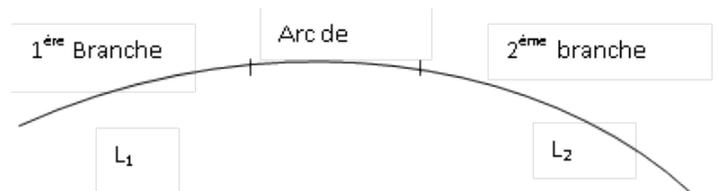
IV-5-4- La Vérification de non chevauchement :

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



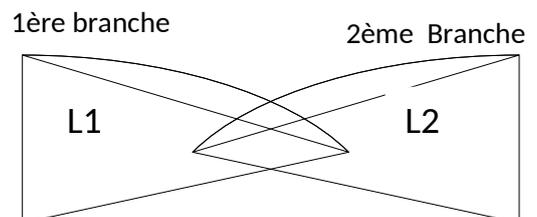
Clothoïde sans arc de cercle.

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 etnotamment 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 %)	437	450
RHN (5 %)	630	650
RHd (2.5 %)	1575	1600
RHnd (-2.5 %)	2250	2200

Rayons Choisis(m)	
R1	200
R2	400
R3	250
R4	1000
R5	250
R6	1000
R7	2500

Devers associé d(R)	
d(R1)	2,5 %
d(R2)	2,5 %
d(R3)	2,5%
d(R4)	3,5%
d(R5)	2,5%
d(R6)	3,5%
d(R7)	9,5%

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

Exemple pour $R_1=200$ m :

a- Condition d'optique :

$$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \quad \text{Comme } R = 200 \text{ m} \leq 1500 \text{ m} \quad \Delta R = 1 \text{ m}$$

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

b- Condition de gauchissement :

$$L_2 \geq L \cdot \Delta d \cdot V_r \quad \text{Avec : } \Delta d = df - di$$

$$\Delta d = 7 - (-2,5) \quad \Delta d = 9,5 \%$$

- $L = 14$ m
- $V_r = 100$ Km/ h

$$L_2 \geq 14 \times 0,095 \times 100 \quad L_2 \geq 133 \text{ m}$$

c- Condition dynamique :

$$L_3 \geq \frac{100^2}{18} \left(\frac{100^2}{127 \cdot 200} - 0,095 \right) \quad L_3 \geq 165,94 \text{ m}$$

$$L = \text{Max} (L_1, L_2, L_3) = 165,94 \text{ m.}$$

Exemple pour $R_2=2500$ m :

a- Condition d'optique :

$$L \geq \frac{R}{9} \quad \text{Comme } R : 1500 < R \leq 5000 \text{ m}$$

$$L \geq 277,78$$

b- Condition de gauchissement :

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

- $L = 14$ m
- $V_r = 100$ Km/ h

$$L_2 \geq 14 \times 0,095 \times 100 \quad L_2 \geq 133 \text{ m}$$

b- Condition dynamique :

$$L3 \geq \frac{100^2}{18} \left(\frac{100^2}{127.2500} - 0.095 \right) \quad L3 \geq 70,27$$

L=Max (L1, L2, L3) = 277,78m.

Tableau IV.2: Longueur de la clothoïde.

N° Virages	Conditions					Lmax (m)	L choisie (m)	Remarques
	Optique	gauchissement	dynamique	Non Chevauchement				
	L1	L2	L3	τ (g)	β/2 (gr)			
1	69,28	133	165,94	0,41	13,28	165,94	166	P.de che
2	97,98	133	95,47	0,17	13,02	133	133	P.de che
3	77,46	133	122,20	0,27	30,04	133	133	P.de che
4	154,92	133	24,30	0,08	10,70	154,92	155	P.de che
5	77,46	133	122,20	0,27	22,45	133	133	P.de che
6	154,92	133	24,30	0,08	16,35	154,92	155	P.de che
7	277,78	133	70,27	0,06	11,33	277,78	278	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	Virage 6	Virage 7
R	Rayon (m)	200	400	250	1000	250	1000	2500
L	Longueur de la clothoïde (m)	166	133	133	155	133	155	278
A = √R.L	Paramètre de la clothoïde (m)	182,21	163,10	182,35	393,70	182,35	393,70	833,67
α = 200 - β	Angle ausommet (gr)	173,44	173,96	139,92	178,60	155,10	167,30	177,34
β = 200 - α	Angle au centre (gr)	26,56	26,04	60,08	21,40	44,90	32,70	22,66
τ = L/2.R	Angle des tangentes (gr)	0,41	0,17	0,27	0,08	0,27	0,08	0,06
γ = 200 - α - 2τ	Angle au centre Partie circulaire (gr)	25,74	25,7	59,54	21,24	59,54	21,24	22,54
XKE = L - (L³/40.R²)	Abscisse de l'extrémité de la clothoïde.	163,14	132,63	132,06	154,91	132,06	154,91	277,91
YKE = L²/6.R	Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde.	22,96	7,37	11,79	4,00	11,79	4,00	5,15
θ = arctg(YK E/XKE)	Angle Polaire (gr)	8,90	3,53	5,66	1,64	5,66	1,64	1,18
Lcercle = π.R.θ/200	Long. de la partie circulaire (m)	27,96	22,18	22,23	25,76	22,23	25,76	46,34

$SL = \sqrt{(X_{KE}^2 + Y_{KE}^2)}$	Longueur de la corde KA-KE (m)	164,75	132,84	132,58	154,95	132,58	154,95	277,96
$X_o = X_{KE} - R \cdot \sin \tau$	Abscisse du centre (m)	161,85	131,56	130,99	153,65	130,99	153,65	275,56
$Y_o = Y_{KE} + R \cdot \cos \tau$	Ordonnées du centre (m)	222,96	407,37	261,79	1004,01	261,79	1004,01	2505,15
$\Delta R = L^2 / 24 \cdot R$	Ripage (m)	5,74	1,84	2,95	1,001	2,95	1,001	1,29
$D_{\text{cercle}} = \pi R \gamma / 200$	Développée de cercle	80,86	161,48	233,81	333,64	233,81	333,64	885,14
$DT = 2L + D_{\text{cercle}}$	Développée totale (m)	412,86	427,48	499,81	643,64	499,81	643,64	1441,14
$TK = Y_{KE} / \sin \tau$	Tangente longue (m)	3565,73	2760,15	2780,54	3186,43	2780,54	3186,43	5466,73
$TL = X_{KE} - (Y_{KE} / \cos \tau)$	Tangente courte (m)	140,18	125,26	120,27	150,90	120,27	150,90	272,76
Bissectrice	Bissectrice (m)	204,43	408,51	280,67	1014,29	280,67	1014,29	2540,12

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 réponses à ces insuffisances une réhabilitation du tronçon étudié été envisagé 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 nécessaire 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- DIFFERENTSTYPESDE 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 :

$TJMA_0$: 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 :

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

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 al'horizon, il est exprimé en (uvp) et donné par formule :

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

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 donner pendant une heure, il est déterminé par la formule suivante :

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

Avec :

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

Cth : capacité effective par oie, 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** à **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 2020 $TJMA_{2020} = 7858v/j$
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4\%$
- La vitesse de base sur le tracé $V_b = 100km/h$
- Le pourcentage moyen de poids lourds $Z = 14\%$
- $n = 4$ ans (étude + réalisation)
- L'année de mise en service sera en **2024**
- Environnement E1- Catégorie **C1**
- La durée de vie estimée de **20 ans**
- Coefficient d'équivalence pour le poids lourd : **p=3**

V-6-1- Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2020)

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

Avec :

T_n: trafic à l'horizon (année de mise en service 2024)

T₀ : trafic à l'année zéro (origine 2020)

$$TMJA_{2020} = 7858(1+0.04)^4 = 9193 \text{ v/j}$$

Donc :

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

Trafic à l'année horizon (2044) pour une durée de vie de 20 Ans :

$$TMJA_{2044} = 9193(1+0.04)^{20} = 20143 \text{ v/j}$$

Donc :

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

V.6.2 Calcul du trafic effectif :

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

Avec :

• P : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourd pour une route à deux voies et un environnement E1 on a P=3.

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

$$T_{eff} = [(1-0.14) + (3 \times 0.14)] \times 20143 = 23366 \text{ uvp/j}$$

Donc :

$$T_{eff} = 23366 \text{ v/j}$$

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

➤ Année de mise en service :

$$Q \text{ (u/vp/h)} = 0,12 \times 23366 = 2804 \text{ uvp/j}$$

V-6-4- La capacité admissible :

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

Avec :

K1 : coefficient correcteur pris égale à 0.75 pour E1 et Cat 1.

K2 : coefficient correcteur pris égale à 1,00 pour E1.

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

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

Donc :

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

V.6.5 : Le nombre des voies :

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

$$N = \left(\frac{2}{3} \right) \times \left(\frac{2804}{1350} \right) = 2,08 \text{ Donc : } N = 2 \text{ voies /sens}$$

Les résultats de calculs sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau V.5 : résultats du calcul de trafic

<i>T J M A</i> ₂₀₂ 0 (v/j)	<i>T J M A</i> ₂₀₂ 4 (v/j)	<i>T J M A</i> _{2044(v/j)} <i>T e f f</i>	<i>T e f f</i> ₂₀₄₄ (uvp/j)	Q (uvp/j)	N
7858	9193	20143	23366	2804	2

V-7- CONCLUSION :

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

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

Chapitre VI

Paramètres Cinématiques

VI-1- DEFINITION :

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

VI-2- DISTANCE DE FREINAGE :

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

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

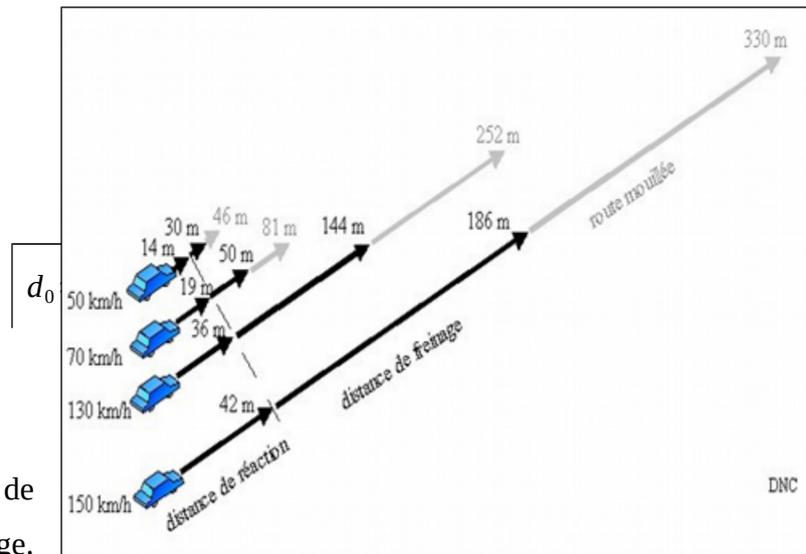


Figure VI.1.Distance de freinage.

Avec :

V_r : vitesse de référence $V_r=100\text{Km/h}$.

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 ona :

Catégorie 1

$f\ell=0,36$

$V_r=100\text{km/}$

❖ En alignement droit :

$$d_0=0,04 \times \frac{V_r^2}{g(f\ell)}$$

❖ En rampe :

$$d_0=0,04 \times \frac{V_r^2}{g(f\ell+i)}$$

❖ En pente :

$$d_0=0,04 \times \frac{V_r^2}{g(f\ell-i)}$$

VI-2-1 Application :

❖ En alignement droit : $i = 0$;

$$d_0=0,04 \times \frac{V_r^2}{g(f\ell \pm i)} = 0,04 \times \frac{100^2}{10(0,36)} \longrightarrow d_0=111\text{m}$$

❖ En Pente avec: $i=-3,709 \%$

$$d_0=0,04 \times \frac{V_r^2}{g(f\ell \pm i)} = 0,04 \times \frac{100^2}{10(0,36-0,03709)} \longrightarrow d_0=124\text{m}$$

❖ En Pente avec : $i = -0,059\%$

$$d_0=0,04 \times \frac{V_r^2}{g(f\ell \pm i)} = 0,04 \times \frac{100^2}{10(0,36-0,00059)} \longrightarrow d_0=111\text{m}$$

❖ En Rampe avec $i= 4,398 \%$

$$d_0=0,04 \times \frac{V_r^2}{g(f\ell \pm i)} = 0,04 \times \frac{100^2}{10(0,36+0,04398)} \longrightarrow d_0=99\text{m}$$

❖ En Pente avec : $i = -0,912\%$

$$d_0=0,04 \times \frac{V_r^2}{g(f\ell \pm i)} = 0,04 \times \frac{100^2}{10(0,36-0,00912)} \longrightarrow d_0=114\text{m}$$

❖ En Rampe avec : $i = 4,815\%$

$$d_0=0,04 \times \frac{V_r^2}{g(f\ell \pm i)} = 0,04 \times \frac{100^2}{10(0,36+0,04815)} \longrightarrow d_0=100\text{m}$$

❖ En Pente avec : $i = -6,933\%$

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{100^2}{10(0,36 - 0,06933)} \quad \longrightarrow \quad d_0 = 138\text{m}$$

❖ En Rampe avec : $i = 10,122\%$

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{100^2}{10(0,36 + 0,10122)} \quad \longrightarrow \quad d_0 = 87\text{m}$$

❖ En Rampe avec : $i = 0,230\%$

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{100^2}{10(0,36 + 0,00230)} \quad \longrightarrow \quad d_0 = 110\text{m}$$

❖ En Pente avec : $i = -4,694\%$

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{100^2}{10(0,36 - 0,04694)} \quad \longrightarrow \quad d_0 = 100\text{m}$$

❖ En Rampe avec : $i = 1,135\%$

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{100^2}{10(0,36 + 0,01135)} \quad \longrightarrow \quad d_0 = 128\text{m}$$

❖ En Pente avec : $i = -6,639\%$

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{100^2}{10(0,36 - 0,06639)} \quad \longrightarrow \quad d_0 = 136\text{m}$$

❖ En Pente avec : $i = -0,057\%$

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{100^2}{10(0,36 - 0,00057)} \quad \longrightarrow \quad d_0 = 111\text{m}$$

❖ En Rampe avec : $i = 2,419\%$

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{100^2}{10(0,36 + 0,02419)} \quad \longrightarrow \quad d_0 = 104\text{m}$$

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 apparaît.

Ce temps est en général appelé temps de perception du conducteur, il diffère d'une personne à une autre et varie en fonction de l'état psychique et physiologique.

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

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

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

- **Dans une attention concentrée :**

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

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

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

➤ $t = 1.8 \text{ s}$ pour des vitesses $> 80 \text{ Km/h}$.

➤ $t = 2 \text{ s}$ pour des vitesses $\leq 80 \text{ Km/h}$.

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

$$d_1 = v \times t \text{ Avec } V = 100 \text{ Km/h} \Rightarrow t = 1,8 \text{ s}$$

VI-4- DISTANCE D'ARRÊT :

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

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

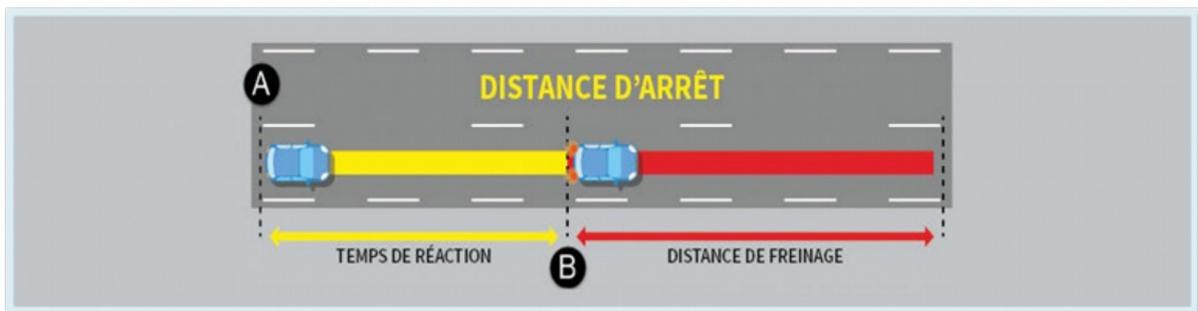


Figure VI.2: Temps de perception-réaction.

a-En alignement droit :

$$t = 1.8 \text{ s} : d = d_0 + 0.50 \times Vr$$

$$\text{Si } t = 2 \text{ s} : d = d_0 + 0.55 \times Vr$$

b-En courbe :

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

$$t = 1.8 \text{ s} : d = 1.25 \times d_0 + 0.50 \times Vr$$

Si

$$t = 2 \text{ s} : d = 1.25 \times d_0 + 0.55 \times Vr$$

VI.4.1 Application

a- En alignement droit :

$$Vr = 100 \text{ Km/h} \Rightarrow t = 1.8 \text{ s} \Rightarrow d = d_0 + 0.50 Vr$$

❖ En palier avec : $i=0$

$$d = 111 + (0.50 \times 100) = 161\text{m}$$

❖ En pente avec : $i=-3,709\%$:

$$d = 124 + (0.50 \times 100) = 174\text{m}$$

❖ En pente avec : $i = -0.059\%$:

$$d = 111 + (0.50 \times 100) = 161\text{m}$$

❖ En rampe avec $i= 4,398\%$:

$$d = 99 + (0.50 \times 100) = 149\text{m}$$

❖ En pente avec : $i = -0,912\%$

$$d = 114 + (0.50 \times 100) = 164\text{m}$$

❖ En rampe avec : $i = 4,815\%$

$$d = 100 + (0.50 \times 100) = 150\text{m}$$

❖ En pente avec : $i = -6,933\%$

$$d = 138 + (0.50 \times 100) = 188\text{m}$$

❖ En rampe avec : $i = 10,122\%$

$$d = 87 + (0.50 \times 100) = 137\text{m}$$

❖ En rampe avec : $i = 0,230\%$

$$d = 110 + (0.50 \times 100) = 160\text{m}$$

❖ En pente avec : $i = -4,694\%$

$$d = 100 + (0.50 \times 100) = 150\text{m}$$

❖ En rampe avec : $i = 1,135\%$

$$d = 128 + (0.50 \times 100) = 178\text{m}$$

❖ En pente avec : $i = -6,639\%$

$$d = 136 + (0.50 \times 100) = 186\text{m}$$

❖ En pente avec : $i = -0,057\%$

$$d = 111 + (0.50 \times 100) = 161\text{m}$$

❖ **En rampe avec : $i = 2,419\%$**

$$d = 104 + (0.50 \times 100) = 154\text{m}$$

b- En courbe:

$$V_r = 100 \text{ Km/h } t = 1.8 \text{ s } \Rightarrow d = 1.25 \times d_0 + 0.50 \times V_r$$

❖ **En palier : $i = 0$:**

$$d = (1.25 \times 111) + (0.50 \times 100) = 189\text{m}$$

❖ **En pente avec $i = -3,709\%$:**

$$d = (1.25 \times 124) + (0.50 \times 100) = 205 \text{ m}$$

❖ **En pente avec : $i = -0,059\%$:**

$$d = (1.25 \times 111) + (0.50 \times 100) = 189\text{m}$$

❖ **En rampe avec $i = 4,398\%$:**

$$d = (1.25 \times 99) + (0.50 \times 100) = 174\text{m}$$

❖ **En pente avec : $i = -0,912\%$:**

$$d = (1.25 \times 114) + (0.50 \times 100) = 193\text{m}$$

❖ **En rampe avec : $i = 4,815\%$:**

$$d = (1.25 \times 100) + (0.50 \times 100) = 175 \text{ m}$$

❖ **En pente avec : $i = -6,933\%$:**

$$d = (1.25 \times 138) + (0.50 \times 100) = 223\text{m}$$

❖ **En rampe avec : $i = 10,122\%$:**

$$d = (1.25 \times 87) + (0.50 \times 100) = 159 \text{ m}$$

❖ **En rampe avec : $i = 0,230\%$:**

$$d = (1.25 \times 110) + (0.50 \times 100) = 188 \text{ m}$$

❖ **En pente avec : $i = -4,694\%$:**

$$d = (1.25 \times 100) + (0.50 \times 100) = 175\text{m}$$

❖ **En rampe avec : $i = 1,135\%$:**

$$d = (1.25 \times 128) + (0.50 \times 100) = 210 \text{ m}$$

❖ **En pente avec : $i = -6,639\%$:**

$$d = (1.25 \times 136) + (0.50 \times 100) = 220\text{m}$$

❖ **En pente avec : $i = -0,057\%$:**

$$d = (1,25 \times 111) + (0,50 \times 100) = 189 \text{ m}$$

❖ **En rampe avec : $i = 2,419 \%$:**

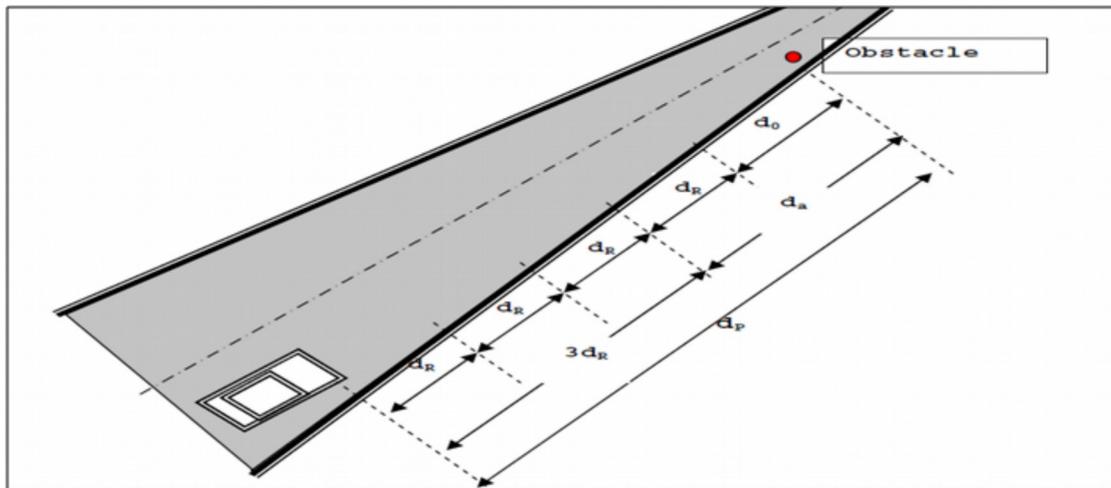
$$d = (1,25 \times 104) + (0,50 \times 100) = 180 \text{ m}$$

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.

$$d_p = d + \frac{6}{3,6} V_r \quad \text{Vr est en Km/h}$$



F

figureVI.3 : Distance de perception.

VI-5-1- Application :

a- En alignement droit :

En palier: $d_p = 161 + (6/3,6) \times 100 = 328 \text{ m}$

En pente: $d_p = 174 + (6/3,6) \times 100 = 341 \text{ m}$

En rampe: $d_p = 149 + (6/3,6) \times 100 = 316 \text{ m}$

b- En courbe :

En palier $i=0$: $d_p = 189 + (6/3,6) \times 100 = 356 \text{ m}$

En pente $i=-3,709$: $d_p = 205 + (6/3,6) \times 100 = 372 \text{ m}$

En rampe $i=4,398$: $d_p = 174 + (6/3,6) \times 100 = 341 \text{ m}$

Dp(m):En alignement droit	Dp (m): En courbe
----------------------------------	--------------------------

En palier:	328	356
En pente avec: i= -3,709%	341	372
En pente avec : i= -0,059%	328	356
En Rampe avec: i = 4,398%	316	341
En pente avec : i= -0,912%	331	360
En Rampe avec: i = 4,815%	317	342
En pente avec : i= -6,933%	355	390
En Rampe avec: i = 10,122%	304	326
En Rampe avec: i = 0,230%	327	355
En pente avec : i= -4,694%	317	342
En Rampe avec: i = 1,135%	345	377
En pente avec : i= -6,639%	353	287
En pente avec : i= -0,057%	328	256
En Rampe avec: i = 2,419%	321	247

VI-6- ESPACEMENT ENTRE DEUX VEHICULES :

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

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

L'espacement sera donc théoriquement :

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

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

L : longueur moyenne d'un véhicule

En général, on prend $t' = 0.75$ 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'espace supplémentaire de sécurité :

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

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

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.

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

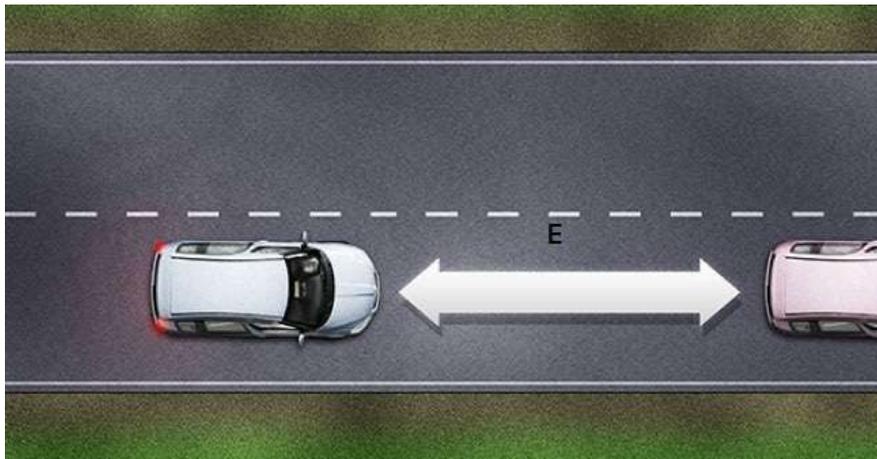


Figure VI.4 : L'espace entre deux véhicules.

Exemple : si deux véhicules se suivent à une vitesse de $V = 100$ Km/h .La distance de sécurité sera

➤ **1^{er} Cas :** $Es = \frac{V}{5} + l = \frac{100}{5} + 5 = 25\text{m}$

➤ **2^{ème} Cas :** $Es = \frac{V}{3} = \frac{100}{3} = 33,34 \text{ m}$

VI-7- DISTANCE DE VISIBILITÉ DE DÉPASSANT ET DE MANŒUVRE:

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

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

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

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

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

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

Application : Vr= 100 Km/h

$$\mathbf{dvdm} = 420\text{m}$$

$$\mathbf{dvdn} = 620\text{ m}$$

$$\mathbf{dmd} = 300\text{m}$$

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.

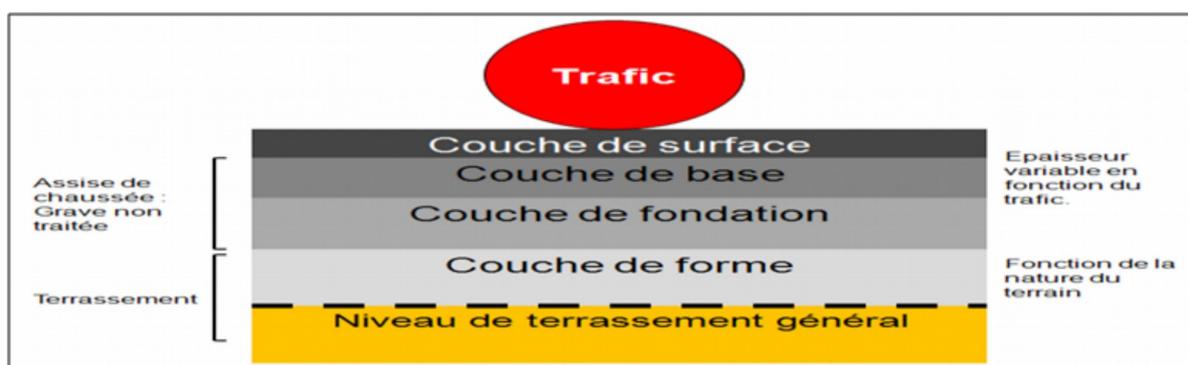


Figure VII.1 : Structure type d'une chaussée souple.

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.

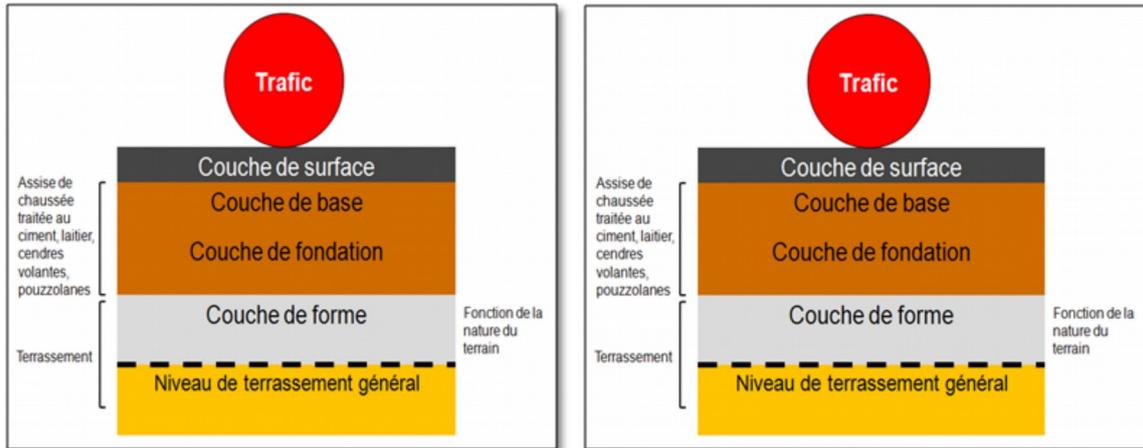


Figure VII.2 : Structure type d'une chaussée semi-rigide.

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 stabilisée 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 3.5tonnes) .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 comptage 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:

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

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 enrobé dense	2.0
Grave ciment – gravelaitier	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 2024 : $TJMA_{2024} = 9193 \text{ v/j}$.
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4\%$
- Le pourcentage moyen de poids lourds $Z = 14\%$
- La durée de vie estimée de 20ans
- ICBR = 15 (ce sol appartient à la classe (S2))

VII-5-2- Répartition de trafic :

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

$$TPL_{2020} = TMJA_{2024} * \%PL$$

$$TPL_{2020} = 9193 \times 0.14 = 1287 \text{ VPL/j}$$

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

$$TPL_{2044} = TPL_{2024} \times (1 + \tau)^{20}$$

$$TPL_{2044} = 1287 \times (1 + 0.04)^{20}$$

$$TPL_{2044} = 2820 \text{ VPL/j}$$

VII-5-3- Calcul d'épaisseur:

$$e = 100 + \sqrt{6.5 \cdot i \cdot i}$$

$e = 40$ cm

VII-5-4- Epaisseur équivalente :

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

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

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche :

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

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	26	15,6
	Somme	40	41,2

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

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

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

Figure VII.4 : La structure de chaussée.

Chapitre VIII

Profile En Travers

VIII-1- DEFINITION:

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

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « Profil en travers » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc...).

VIII-2- TYPES DE PROFIL EN TRAVERS:

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

VIII-2-1- profil en travers type :

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

VIII-2-2- profil en travers courants :

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

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

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

a) - La chaussée :

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

b) - La largeur roulable:

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

c) - La plate forme :

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

d) - Assiette :

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

e) - L'emprise :

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

f) - Les accotements :

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

Ils comportent généralement les éléments suivants :

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

g) - Le terre-plein central :

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

h) - Le fossé :

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

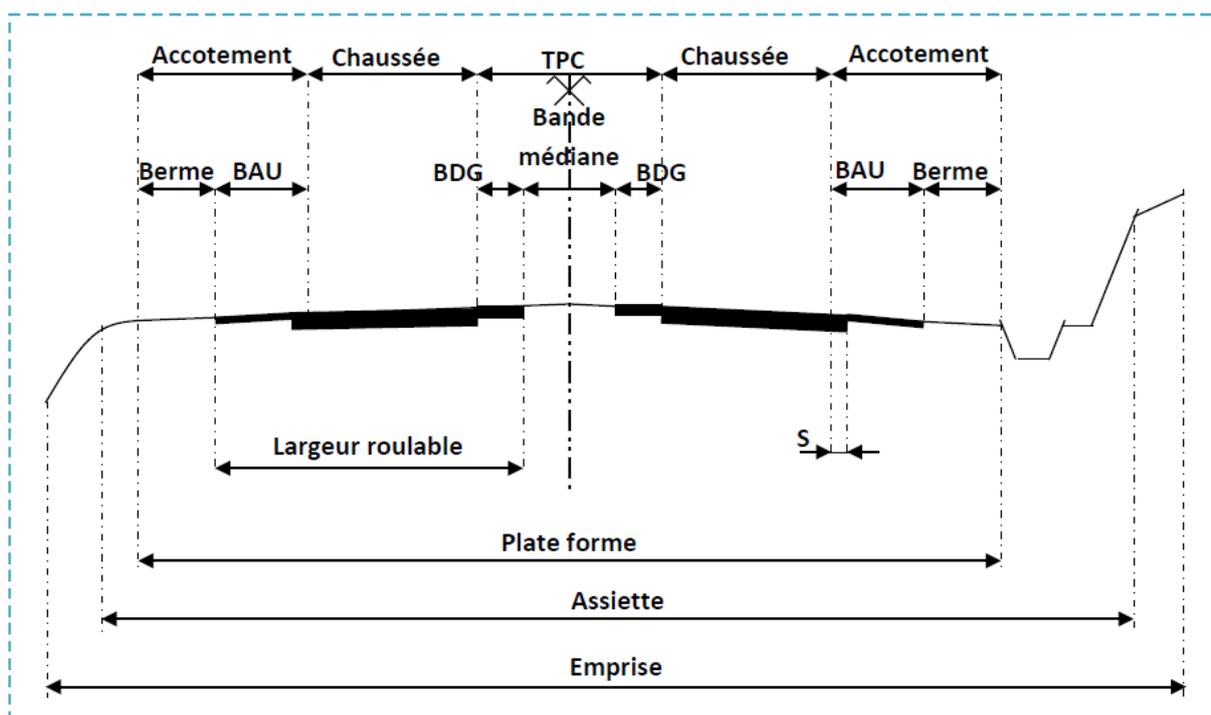


Figure VIII.1: Les éléments constitutifs du profil en travers.

VIII-4- Application au projet :

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

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

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

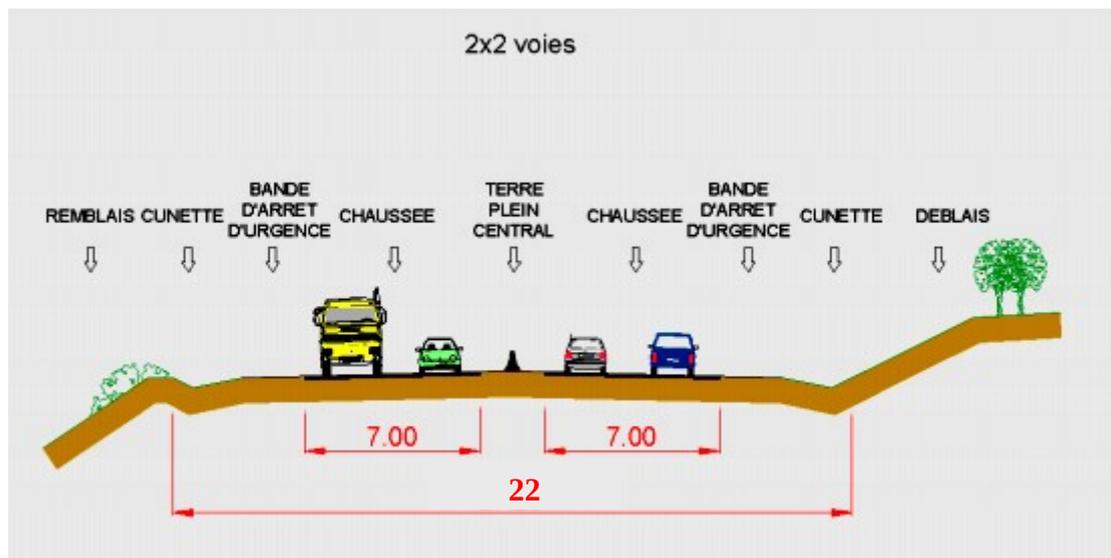


Figure VIII.2: Le profil en travers.

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

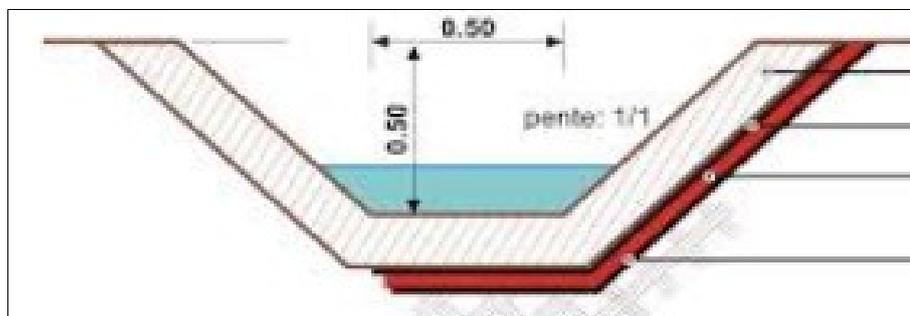


Figure VIII.3 : Dimensions du fossé.

Chapitre IX

Cubatures Et Mouvements

Des Terres

IX-1- INTRODUCTION:

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

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

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

IX-2- CUBATURES TERRASSEMENTS :

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

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

IX-3- Méthode utilisée :

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

IX-3-1- Description de la Méthode:

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

Où h , S_1 , S_2 et S_0 désignant respectivement :

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

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

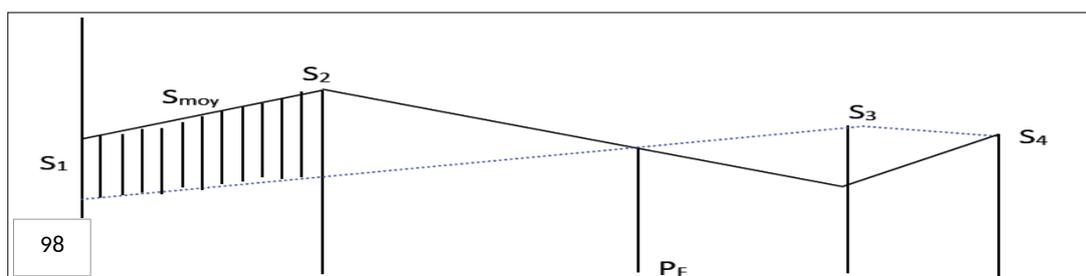




Figure IX.1: Schéma représentant la surface entre profil.

Le volume compris entre les deux profils en travers P1 et P2 de section S_1 et S_2 sera

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

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

voisines les deux expressions S_{moy} 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 consiste à évaluer les cubes du déblai et du remblai existant dans un projet, l'opération qui consiste à transporter les terres de déblais ou d'emprunt en remblai ou en dépôt dite mouvement des terres.

A cette opération deux facteurs interviennent :

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

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

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

IX-4-2- Foisonnement :

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

Lorsqu'on remet en place les sols remaniés, ils ne représentent par 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 :

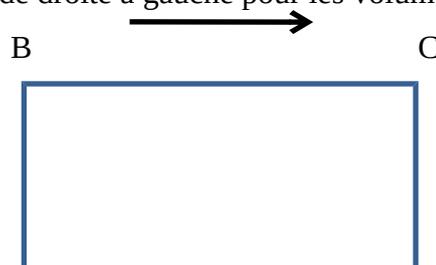
- On représente les volumes par des lignes verticales dont la longueur est proportionnelle aux cubes représentés
- On trace une ligne horizontale initiale appelé ligne des terres sur laquelle on porte l'échelle choisie l'emplacement des profile en travers.
- On porte les déblais de bas en haut et les 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.



A D

Figure IX.3 : Sens de transport.

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

IX-5- Calculs des cubatures :

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

Tableau IX.1: cubatures détaillées

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Déblais (dans l'emprise de la ligne Projet)					Remblais (dans l'emprise de la ligne Projet)				
			Surf. G (m ²)	Surf. D (m ²)	Surf. Tot (m ²)	Volume (m ³)	Cumul Vol. (m ³)	Surf. G (m ²)	Surf. D (m ²)	Surf. Tot (m ²)	Volume (m ³)	Cumul Vol. (m ³)
P1	0,000	4,755	6,93	11,75	18,67	88,799	88,799	0,01	0,00	0,01	0,042	0,042
P2	9,511	15,000	5,39	17,90	23,29	349,359	438,157	0,30	0,28	0,58	8,653	8,695
P3	30,000	25,245	4,38	11,01	15,39	388,433	826,591	0,19	0,11	0,29	7,405	16,100
P4	60,000	30,000	0,03	2,77	2,80	84,087	910,678	1,91	0,60	2,51	75,285	91,385
P5	90,000	25,908	0,04	7,16	7,21	186,723	1097,401	1,34	0,53	1,87	48,406	139,791
P6	111,817	15,000	0,10	8,75	8,84	132,617	1230,018	10,57	1,27	11,84	177,617	317,408
P7	120,000	19,092	0,23	9,92	10,15	193,814	1423,832	1,43	0,43	1,86	35,460	352,868
P8	150,000	30,000	3,47	15,31	18,78	563,315	1987,147	0,36	0,00	0,36	10,832	363,700
P9	180,000	25,442	7,05	17,49	24,54	624,446	2611,593	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P10	200,884	15,000	10,24	20,76	31,01	465,133	3076,725	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P11	210,000	19,558	10,95	21,12	32,07	627,232	3703,957	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P12	240,000	30,000	9,82	22,21	32,04	961,127	4665,084	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P13	270,000	30,000	14,62	29,16	43,78	1313,320	5978,404	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P14	300,000	30,000	19,56	27,03	46,59	1397,617	7376,021	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P15	330,000	30,000	25,40	24,56	49,97	1498,960	8874,981	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P16	360,000	17,269	25,18	30,89	56,07	968,274	9843,255	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P17	364,538	12,422	26,15	31,87	58,02	720,740	10563,995	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P18	384,845	12,731	27,09	33,26	60,35	768,305	11332,301	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P19	390,000	17,578	26,72	33,15	59,87	1052,303	12384,604	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P20	420,000	30,000	22,42	31,65	54,07	1622,216	14006,820	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P21	450,000	30,000	18,74	25,70	44,43	1332,935	15339,755	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P22	480,000	30,000	10,02	19,75	29,77	893,200	16232,954	0,00	0,00	0,00	0,000	363,700
P23	510,000	30,000	0,81	15,65	16,46	493,759	16726,713	0,96	0,00	0,96	28,734	392,434
P24	540,000	30,000	1,36	13,53	14,89	446,636	17173,349	5,75	0,00	5,75	172,508	564,942
P25	570,000	30,000	3,88	12,02	15,89	476,809	17650,158	2,38	0,00	2,38	71,368	636,311
P26	600,000	25,380	4,46	0,05	4,51	114,407	17764,564	0,05	8,68	8,72	221,440	857,750
P27	620,760	15,000	8,08	0,04	8,12	121,789	17886,353	0,28	5,52	5,80	86,976	944,727
P28	630,000	19,620	8,15	0,04	8,19	160,653	18047,006	0,37	3,00	3,37	66,124	1010,851
P29	660,000	30,000	8,61	8,65	17,26	517,802	18564,808	0,00	0,00	0,00	0,000	1010,851
P30	690,000	30,000	9,91	11,20	21,11	633,167	19197,975	0,00	0,00	0,00	0,000	1010,851
P31	720,000	30,000	12,28	28,53	40,81	1224,382	20422,357	0,00	0,00	0,00	0,000	1010,851
P32	750,000	30,000	6,40	22,43	28,82	864,701	21287,059	0,00	0,00	0,00	0,000	1010,851
P33	780,000	30,000	1,63	18,26	19,89	596,699	21883,758	0,31	0,00	0,31	9,352	1020,203
P34	810,000	30,000	5,16	20,63	25,79	773,584	22657,342	0,02	0,00	0,02	0,644	1020,847

P35	840,000	30,000	2,88	19,21	22,09	662,789	23320,131	0,00	0,00	0,00	0,000	1020,847
P36	870,000	30,000	8,82	19,01	27,83	834,827	24154,958	0,00	0,00	0,00	0,000	1020,847
P37	900,000	30,000	7,68	15,32	23,00	689,970	24844,928	0,00	0,00	0,00	0,000	1020,847
P38	930,000	30,000	6,56	10,82	17,38	521,481	25366,409	0,17	0,13	0,30	8,953	1029,800
P39	960,000	19,388	3,03	9,13	12,16	235,663	25602,072	0,52	0,25	0,77	14,873	1044,673
P40	968,775	15,000	0,78	6,78	7,56	113,453	25715,525	1,73	0,24	1,97	29,549	1074,223
P41	990,000	25,612	0,19	4,87	5,06	129,497	25845,022	4,68	0,36	5,04	129,044	1203,267
P42	1020,000	30,000	0,04	3,85	3,89	116,688	25961,710	7,60	0,50	8,09	242,800	1446,067
P43	1050,000	30,000	0,00	4,35	4,35	130,646	26092,355	6,68	0,55	7,23	216,861	1662,928
P44	1080,000	30,000	0,10	3,93	4,04	121,136	26213,491	6,70	0,43	7,13	213,807	1876,735
P45	1110,000	30,000	0,09	5,02	5,12	153,450	26366,942	7,08	0,25	7,33	220,049	2096,784
P46	1140,000	30,000	2,45	5,52	7,98	239,293	26606,235	0,69	0,10	0,79	23,618	2120,403
P47	1170,000	30,000	0,93	4,11	5,04	151,232	26757,467	0,67	0,62	1,29	38,593	2158,996
P48	1200,000	30,000	2,85	10,68	13,52	405,688	27163,155	0,65	0,10	0,74	22,220	2181,216
P49	1230,000	30,000	0,00	3,05	3,05	91,467	27254,621	9,91	2,00	11,91	357,439	2538,655
P50	1260,000	30,000	0,00	2,21	2,21	66,345	27320,966	8,86	1,92	10,77	323,209	2861,864
P51	1290,000	22,493	2,25	7,85	10,10	227,287	27548,253	0,29	0,00	0,29	6,441	2868,305
P52	1304,987	15,000	3,31	8,13	11,44	171,668	27719,921	0,03	0,00	0,04	0,532	2868,837
P53	1320,000	8,255	5,20	9,07	14,27	117,775	27837,696	0,00	0,00	0,00	0,000	2868,837
P54	1321,498	15,000	5,28	9,08	14,36	215,400	28053,096	0,00	0,00	0,00	0,000	2868,837
P55	1350,000	29,251	4,26	10,13	14,40	421,126	28474,222	0,31	0,00	0,31	8,956	2877,793
P56	1380,000	30,000	10,68	12,25	22,93	687,837	29162,058	0,00	0,00	0,00	0,000	2877,793
P57	1410,000	30,000	8,08	9,59	17,67	530,136	29692,194	0,00	0,00	0,00	0,000	2877,793
P58	1440,000	30,000	7,00	12,15	19,14	574,319	30266,513	0,00	0,00	0,00	0,000	2877,793
P59	1470,000	28,897	2,46	8,48	10,94	316,160	30582,673	0,40	0,36	0,76	21,851	2899,644
P60	1497,794	15,000	3,60	7,68	11,27	169,071	30751,744	0,27	0,24	0,52	7,752	2907,397
P61	1500,000	16,103	3,82	7,63	11,45	184,369	30936,112	0,22	0,19	0,40	6,494	2913,891
P62	1530,000	30,000	5,51	9,36	14,88	446,265	31382,378	0,07	0,04	0,11	3,273	2917,163
P63	1560,000	17,715	1,63	8,45	10,07	178,411	31560,788	0,33	0,25	0,58	10,250	2927,414
P64	1565,431	15,000	1,81	8,98	10,78	161,775	31722,563	0,30	0,21	0,51	7,652	2935,066
P65	1590,000	27,285	0,22	7,47	7,69	209,911	31932,474	1,68	0,46	2,14	58,412	2993,478
P66	1620,000	30,000	0,00	0,04	0,04	1,325	31933,798	21,24	31,94	53,19	1595,557	4589,035
P67	1650,000	30,000	0,00	1,54	1,54	46,279	31980,077	13,14	2,78	15,92	477,486	5066,521
P68	1680,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	31980,077	21,58	20,48	42,06	1261,782	6328,303
P69	1710,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	31980,077	27,78	15,90	43,68	1310,545	7638,848
P70	1740,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	31980,077	21,52	9,97	31,48	944,510	8583,359
P71	1770,000	30,000	0,00	0,18	0,18	5,366	31985,443	22,51	7,23	29,75	892,358	9475,717
P72	1800,000	30,000	0,00	1,11	1,11	33,300	32018,743	15,49	4,29	19,79	593,596	10069,313
P73	1830,000	30,000	0,00	1,78	1,78	53,523	32072,267	10,21	2,61	12,83	384,846	10454,159
P74	1860,000	30,000	3,64	13,13	16,77	503,067	32575,334	0,21	0,00	0,21	6,358	10460,517
P75	1890,000	30,000	0,95	10,11	11,06	331,825	32907,159	0,46	0,26	0,72	21,623	10482,140
P76	1920,000	30,000	0,01	7,79	7,79	233,780	33140,939	3,60	0,56	4,15	124,646	10606,786
P77	1950,000	30,000	3,68	17,77	21,45	643,433	33784,372	0,32	0,00	0,32	9,621	10616,408
P78	1980,000	30,000	7,71	22,02	29,73	891,946	34676,318	0,00	0,00	0,00	0,000	10616,408
P79	2010,000	30,000	9,97	24,14	34,10	1023,105	35699,423	0,00	0,00	0,00	0,000	10616,408
P80	2040,000	30,000	10,37	23,24	33,61	1008,255	36707,678	0,00	0,00	0,00	0,000	10616,408
P81	2070,000	19,563	5,23	14,34	19,57	382,787	37090,465	0,00	0,00	0,00	0,000	10616,408
P82	2079,125	15,000	2,19	11,04	13,22	198,308	37288,773	0,22	0,14	0,36	5,384	10621,792
P83	2100,000	25,437	0,00	3,52	3,52	89,547	37378,320	6,95	1,09	8,05	204,676	10826,468
P84	2130,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	37378,320	27,59	15,43	43,02	1290,744	12117,212
P85	2160,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	37378,320	45,80	36,63	82,43	2472,998	14590,210
P86	2190,000	18,149	0,00	0,00	0,00	0,000	37378,320	47,48	35,64	83,12	1508,559	16098,769
P87	2196,299	15,000	0,00	0,00	0,00	0,000	37378,320	27,10	24,75	51,85	777,725	16876,494
P88	2220,000	26,851	16,95	17,11	34,05	914,336	38292,656	0,00	0,00	0,00	0,000	16876,494

P89	2250,000	30,000	40,58	49,35	89,93	2697,966	40990,623	0,00	0,00	0,00	0,000	16876,494
P90	2280,000	30,000	51,56	67,22	118,78	3563,468	44554,091	0,00	0,00	0,00	0,000	16876,494
P91	2310,000	30,000	44,11	62,67	106,78	3203,322	47757,413	0,00	0,00	0,00	0,000	16876,494
P92	2340,000	30,000	21,94	42,93	64,88	1946,298	49703,711	0,00	0,00	0,00	0,000	16876,494
P93	2370,000	30,000	6,01	23,69	29,70	890,988	50594,699	0,04	0,00	0,04	1,196	16877,690
P94	2400,000	30,000	6,76	17,56	24,32	729,644	51324,342	0,00	0,00	0,00	0,000	16877,690
P95	2430,000	30,000	1,67	12,33	14,00	419,990	51744,332	0,45	0,03	0,48	14,351	16892,041
P96	2460,000	30,000	0,33	10,43	10,76	322,747	52067,078	2,65	0,17	2,82	84,635	16976,677
P97	2490,000	30,000	1,76	11,40	13,15	394,620	52461,699	0,30	0,12	0,43	12,788	16989,464
P98	2520,000	30,000	1,90	14,92	16,82	504,654	52966,353	0,75	0,00	0,75	22,597	17012,061
P99	2550,000	30,000	11,16	20,08	31,24	937,164	53903,516	0,00	0,00	0,00	0,000	17012,061
P100	2580,000	30,000	8,63	18,78	27,41	822,344	54725,861	0,00	0,00	0,00	0,000	17012,061
P101	2610,000	30,000	8,17	14,13	22,30	668,967	55394,828	0,00	0,00	0,00	0,000	17012,061
P102	2640,000	30,000	14,30	22,78	37,08	1112,417	56507,245	0,00	0,00	0,00	0,000	17012,061
P103	2670,000	30,000	10,43	23,96	34,39	1031,825	57539,069	0,00	0,00	0,00	0,000	17012,061
P104	2700,000	30,000	8,74	20,33	29,07	872,216	58411,285	0,00	0,00	0,00	0,000	17012,061
P105	2730,000	30,000	3,40	13,77	17,17	515,239	58926,524	0,00	0,00	0,00	0,011	17012,073
P106	2760,000	30,000	1,59	10,62	12,21	366,394	59292,918	0,70	0,23	0,93	27,849	17039,922
P107	2790,000	30,000	1,55	10,82	12,37	371,071	59663,989	0,42	0,17	0,59	17,698	17057,620
P108	2820,000	30,000	0,64	9,46	10,10	303,033	59967,022	1,49	0,31	1,80	54,033	17111,654
P109	2850,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	59967,022	24,03	53,13	77,16	2314,853	19426,507
P110	2880,000	30,000	0,04	7,73	7,78	233,262	60200,283	1,95	0,54	2,50	74,901	19501,408
P111	2910,000	30,000	4,14	15,71	19,84	595,304	60795,587	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P112	2940,000	30,000	15,75	26,54	42,29	1268,584	62064,171	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P113	2970,000	30,000	26,09	34,25	60,34	1810,347	63874,518	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P114	3000,000	30,000	32,96	40,59	73,55	2206,405	66080,923	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P115	3030,000	30,000	36,42	44,61	81,03	2430,885	68511,808	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P116	3060,000	28,117	38,59	45,88	84,46	2374,875	70886,683	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P117	3086,235	15,000	38,45	43,80	82,25	1233,700	72120,384	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P118	3090,000	16,883	38,65	44,21	82,86	1398,899	73519,283	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P119	3120,000	30,000	35,81	41,70	77,51	2325,325	75844,609	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P120	3150,000	30,000	32,56	37,60	70,17	2105,001	77949,610	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P121	3180,000	30,000	28,15	32,93	61,08	1832,394	79782,004	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P122	3210,000	30,000	21,51	26,85	48,37	1450,987	81232,991	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P123	3240,000	30,000	12,52	18,63	31,15	934,492	82167,483	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P124	3270,000	30,000	8,35	10,88	19,23	576,755	82744,238	0,00	0,00	0,00	0,000	19501,408
P125	3300,000	30,000	4,38	7,38	11,76	352,833	83097,071	0,27	0,25	0,53	15,825	19517,233
P126	3330,000	30,000	6,33	10,13	16,45	493,641	83590,712	0,01	0,00	0,01	0,192	19517,424
P127	3360,000	30,000	10,95	12,08	23,03	690,983	84281,696	0,00	0,00	0,00	0,000	19517,424
P128	3390,000	30,000	17,23	16,86	34,09	1022,614	85304,310	0,00	0,00	0,00	0,000	19517,424
P129	3420,000	30,000	15,92	14,25	30,18	905,321	86209,630	0,00	0,00	0,00	0,000	19517,424
P130	3450,000	30,000	0,00	0,30	0,30	8,970	86218,601	3,04	2,04	5,08	152,442	19669,866
P131	3480,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86218,601	15,10	10,43	25,53	765,756	20435,622
P132	3510,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86218,601	16,54	12,56	29,10	873,063	21308,685
P133	3540,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86218,601	13,18	9,16	22,34	670,200	21978,884
P134	3570,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86218,601	8,89	7,33	16,22	486,708	22465,592
P135	3600,000	30,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86218,601	7,13	5,34	12,46	373,914	22839,506
P136	3630,000	30,000	4,71	8,28	12,99	389,712	86608,312	0,13	0,10	0,22	6,734	22846,240
P137	3660,000	30,000	9,85	13,32	23,18	695,289	87303,601	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P138	3690,000	30,000	8,91	8,72	17,63	528,768	87832,369	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P139	3720,000	30,000	10,17	0,00	10,17	305,153	88137,522	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P140	3750,000	30,000	2,34	0,00	2,34	70,075	88207,598	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P141	3780,000	30,000	3,58	0,00	3,58	107,500	88315,097	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P142	3810,000	30,000	5,41	16,53	21,94	658,182	88973,279	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240

P143	3840,000	30,000	10,38	23,40	33,78	1013,325	89986,604	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P144	3870,000	30,000	11,22	24,16	35,39	1061,615	91048,219	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P145	3900,000	30,000	13,59	26,06	39,65	1189,588	92237,807	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P146	3930,000	30,000	12,34	25,46	37,80	1134,101	93371,908	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P147	3960,000	30,000	14,81	33,75	48,56	1456,657	94828,566	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P148	3990,000	30,000	23,90	42,15	66,05	1981,644	96810,209	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P149	4020,000	30,000	26,54	49,77	76,31	2289,290	99099,500	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P150	4050,000	30,000	20,22	35,55	55,77	1673,145	100772,645	0,00	0,00	0,00	0,000	22846,240
P151	4080,000	30,000	2,19	12,80	14,99	449,726	101222,371	0,15	0,03	0,17	5,160	22851,399
P152	4110,000	30,000	2,19	12,44	14,63	439,028	101661,399	0,34	0,27	0,60	18,068	22869,468
P153	4140,000	29,971	9,19	19,59	28,77	862,399	102523,798	0,00	0,00	0,00	0,000	22869,468
P154	4169,943	14,971	7,34	8,35	15,68	234,801	102758,599	0,00	0,00	0,00	0,039	22869,506

Volume de déblai total : 102758.599 m³

Volume de remblai : 22869.506 m³

Excès de déblai : 79889,093 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:

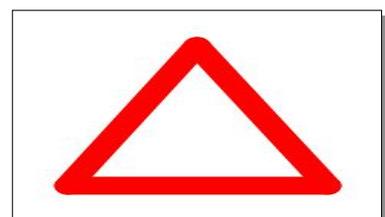
a- Signalisation Verticale :

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 :

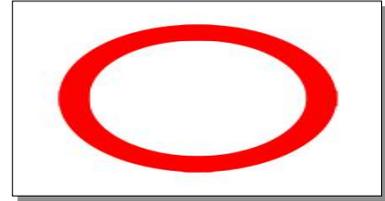


Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).

❖ **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 lesquelles 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 périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

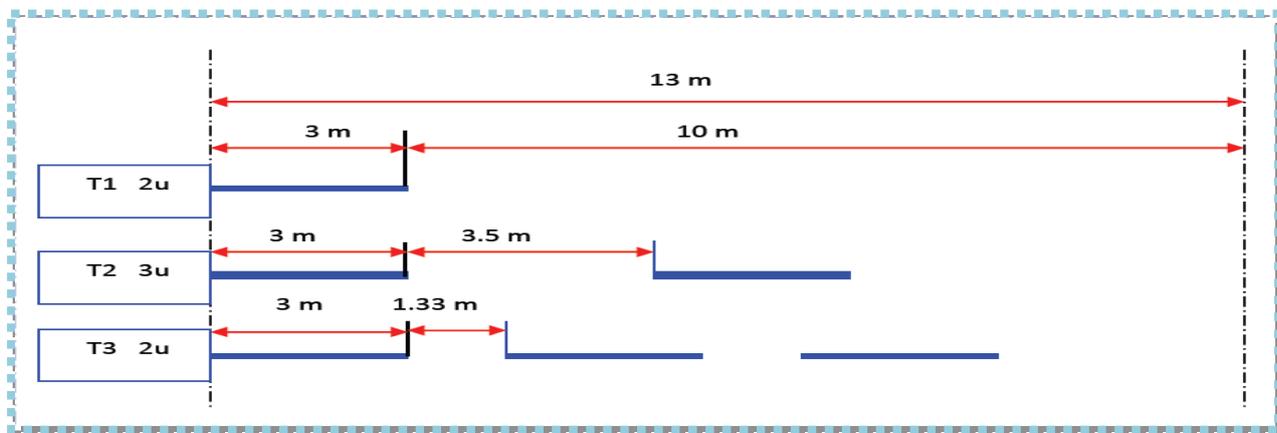


Figure XI.1 : Types de modulation.

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 m marquage :**

- **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 :

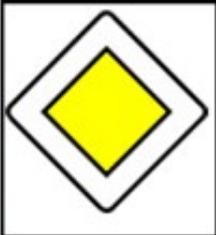
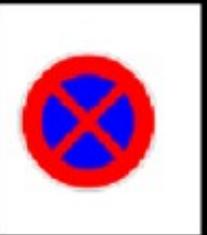
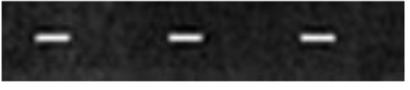
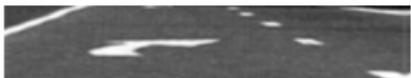
			
A1b Virage à gauche	A1a Virage à droite	AB3a Céder le passage à l'intersection. Signal de position	
			
AB6 Indication du caractère prioritaire d'une route	Passage piéton	AB25 Carrefour à sens giratoire	B6d Arrêt et stationnement interdits

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...).

	Ligne d'avertissement : Annonce une ligne continue. Des flèches de rabattement avertissent le conducteur qu'il va rencontrer une ligne continue.
	Flèches de rabattement : Indiquent la voie dans laquelle il faut se rabattre.
	Ligne mixte : Peut être franchie par le conducteur situé du côté de la ligne discontinue.
	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.
	Hachurage : Sur le nez d'îlot.

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 but 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.

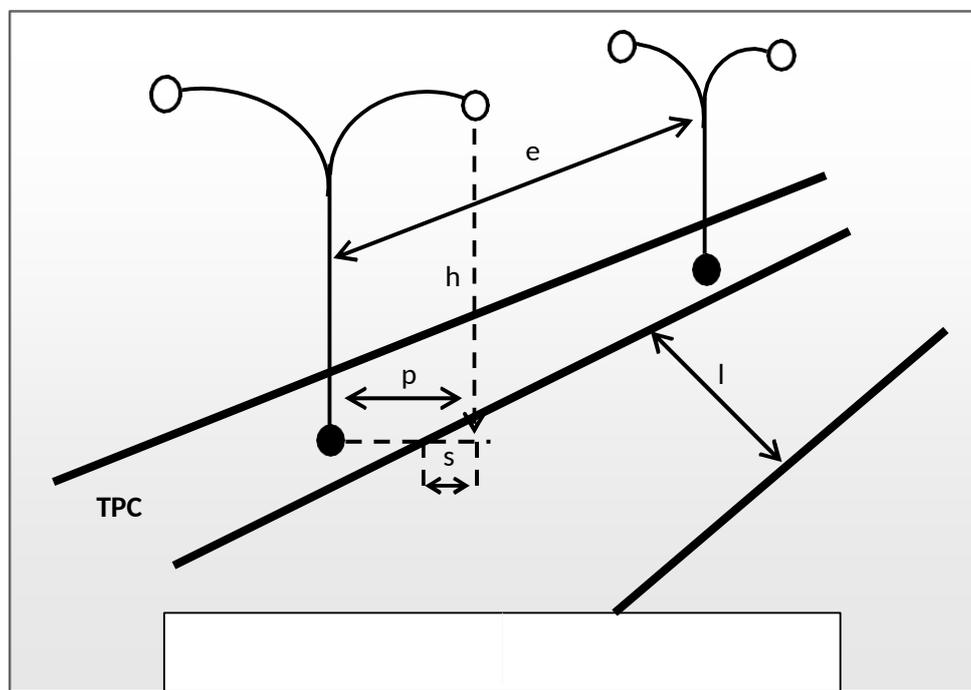
X-7-3 PARAMETRES DE L'IMPLANTATION DES LUMINAIRES:

- L'espace (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 facile 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	1751,246	100	175124,600
2	Déblais	m ³	79889,093	325	25963955,200
3	Remblais	m ³	22869,506	500	11434753,000
Corps de chaussée					
4	F/mise en œuvre de la couche en béton bitumineux 0/10 sur une ép : de 06 cm y compris couche d'imprégnation 0/1 et toute sujétions de mise en œuvre.	T	7549,920	9400	70969248,000
5	F/mise en œuvre de la couche en Grave Bitumineux 0/14 sur une ép : de 8 cm	T	12089,280	9400	113639232,000
6	Rechargement de la plate-forme en TUF sur une ép : de 26 cm y compris arrosage, compactage et toutes sujétions de mise en œuvre	T	64864,800	1350	87567480,000
Séparateurs					
7	Type DBA	ML	4200,00	3500	14700000,000
8	Type GBA	ML	4200,00	3500	14700000,000
Assainissement					
9	Fossé en béton	ML	8400,00	2500	21000000,000
Signalisation					
10	Ligne axiale de séparation de voies	ML	4200,00	170	714000,000
11	Ligne de rive de chaussée (Limite BAU)	ML	8400,00	170	1428000,000
12	Ligne continue (Rive DBA)	ML	8400,00	170	1428000,000
MONTANT EN H T					363719792,800
TVA 19%					69106760,630
MONTANT EN TTC					432826553,400

Le montant en TTC en lettre est : Quatre cent trente-deux millions huit cent vingt-six mille cinq cent cinquante-trois virgule quatre cents

CONCLUSION GÉNÉRALE

L'objet de ce projet porte essentiellement sur l'étude d'un tracé reliant la wilaya de Mostaganem à la wilaya de Chelef au ville OULED BOUGHALEM sur 4,2 km qui va être bénéfique pour les deux wilaya.

Au début de l'élaboration du projet, on s'est approché des organismes concernés (DTP) pour récolter le maximum de données géotechniques et topographiques. On a essayé de choisir un tracé en respectant les règles qui conduisent à la conception d'un bon projet.

Le taux d'accroissement du trafic qui est lié à plusieurs facteurs économiques, démographiques et politiques a été estimé par comparaison aux comptages précédents réalisés par la direction des travaux publics. Dans notre démarche d'étude nous avons essayé de respecter tout les contraintes et les normes techniques existantes qu'on ne peut pas les négligés et on prend en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement lié à l'impact de la réalisation de cette route.

De plus une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels de COVADIS 2013 et l'AUTO CAD 2013 Compte tenu de leur traitement rapide et exact des données, ces outils nous permettent de bien exploiter l'espace qui nous est réservé et d'éviter les contraintes existantes, tout en déterminant un meilleur tracé.