



Faculty of Sciences and Technology
Civil Engineering Department
N° d'ordre : M2... /GC/2026

كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Travaux publics

Spécialité : Voies et Ouvrages d'art (VOA)

Thème

"Étude et modernisation d'un tronçon routier reliant la Route
Nationale N°11 et le Chemin de Wilaya N°69 sur un linéaire de 4
km du PK 0+000 au PK 4+000"

Présenté par :

- Mlle ZOUBIR Chiraz
- Mlle AKEB DAOUD Fatima

Soutenu le 04 /06/ 2026 devant le jury composé de

- **Président** : Mr. MEBROUKI Abdelkader (Pr)
- **Examineur** : Mr. RAOUAM SERIK Mohamed (MAA)
- **Encadrante** : Mm. EL MASCRI Setti (MCB)
- **Co- Encadrant** : Mr. CHERIF Mourad (P. associe)
- **Invité d'honneur** : Mr. MOKHTARI Cherif (STP de Mesra)

Remerciements

Au terme de ce travail, nous exprimons notre sincère gratitude à toutes les personnes ayant contribué à sa réalisation.

*Nous remercions les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'évaluer ce mémoire, notamment Monsieur **MEBROUKI ABDELKADER** pour la présidence, ainsi que Monsieur **RAOUAM SERIK MOHAMED** pour son examen et ses remarques enrichissantes.*

*Nous adressons nos remerciements les plus sincères à notre encadrante Madame **EL MASCRI Setti** pour son accompagnement, ainsi qu'à Monsieur **CHERIF Mourad** pour ses conseils et son soutien.*

*Nos remerciements vont également à Monsieur **MOKHTARI Cherif** (STP de Mesra) pour son aide précieuse.*

Enfin, nous remercions nos amis pour leur soutien et leurs encouragements.

Dédicace

Je dédie ce travail : À moi-même

À la persévérance que j'ai su préserver, à la discipline que j'ai acquise et aux efforts que j'ai choisis de ne jamais abandonner. Aux jours de doute où j'ai continué malgré tout, et aux moments difficiles que j'ai transformés en force et en maturité.

Ce travail est le reflet de mon engagement, de mon évolution et de la confiance que j'ai appris à construire

Et parce qu'aucun chemin ne se construit seul...

*À mon père **MOHAMED**, merci pour ta droiture et la sagesse que tu m'as transmise. Tu m'as appris que la vraie valeur se construit par le travail, la persévérance et la capacité de se relever après chaque difficulté.*

À ma mère, merci pour ton amour inconditionnel, ta patience infinie et ton soutien constant. Tu as été ma lumière dans l'ombre, ma force dans les épreuves, et chaque réussite que j'ai connue porte ton empreinte.

*À mes frères **WÆEL . SEIF EDDINE** et **ADAM**, merci pour votre présence constante, votre soutien sincère et vos sourires qui ont su alléger mes moments de fatigue.*

*À ma meilleure amie **FATIMA** et **HAYET** et **DOUAA**, **SALSABIL**, merci pour ta présence précieuse, ton écoute, ton soutien sincère et les moments de réconfort que tu m'as offerts.*

AKEB DAOUD FATIMA

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à Dieu,
qui m'a donné la force, le courage et la patience nécessaires pour arriver
jusqu'ici.*

*Je me dédie également ce travail à moi-même, pour tous les efforts fournis,
les nuits de fatigue, ainsi que la patience et la
persévérance dont j'ai fait preuve tout au long de mon parcours
universitaire. Je suis fière du chemin parcouru et de tout ce que j'ai
accompli.*

*À mes très chers parents, mon père et ma mère,
pour leur amour infini, leurs sacrifices, leurs prières et leur soutien
inestimable. Que dieu vous protège et vous garde parmi nous.*

*À ma chère sœur **WAFAE**,
Merci pour ton soutien, ta présence et tes encouragements dans les moments
difficiles.*

*À mes chers frères **MOHAMED AMINE** et mon petit **ANES**,
Pour leur affection, leur soutien et tous les beaux souvenirs partagés. À
toute ma famille,
Et à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation
de ce travail.*

*Je vous dédie ce mémoire avec tout mon amour, ma gratitude et mon profond
respect.*

ZOUBIR CHIRAZ

المخلص

يُندرج مشروع نهاية الدراسة هذا ضمن مجال منشآت النقل، ويتمحور حول تحديث المقطع الطرقي الرابط بين الطريق الوطني RN11 وسد واد كراميس. ويتمثل الهدف الرئيسي للمشروع في تحسين أداء المسار الحالي من خلال رفع قدرة الاستيعاب المروري، وتعزيز السلامة، وتحسين راحة مستعملي الطريق

تعتمد الدراسة على تشخيص تقني معمق يشمل الحالة الهندسية للطريق، والخصائص الهيكلية، إضافة إلى تحليل حركة المرور الحالية. وعلى أساس هذه الدراسة، تم اقتراح مجموعة من حلول التهيئة، من بينها تصحيح مسار الطريق، وتوسيع عرض المعبد، وتقوية الهيكل الطرقي

وتضمن التدخلات المقترحة انسيابية أفضل لحركة المرور، وتحسين مستوى الرؤية، مع التقليل بشكل ملحوظ من مخاطر حوادث المرور. وبالتالي، يساهم هذا المشروع في رفع مستوى خدمة الطريق وتوفير حل دائم وملائم لمتطلبات مستعمليها

الكلمات المفتاحية: تحديث الطرق – حركة المرور – المخطط الأفقي للمسار – البنية التحتية الطرقية

Résumé

Ce projet de fin d'études s'inscrit dans le domaine des infrastructures de transport et porte sur la modernisation du tronçon routier reliant la RN11 au barrage d'Oued Kramis. L'objectif principal est d'optimiser les performances de l'itinéraire existant en améliorant sa capacité de circulation, sa sécurité et le confort des usagers.

La démarche s'appuie sur un diagnostic technique approfondi, couvrant l'état géométrique, les caractéristiques structurelles et l'analyse du trafic actuel. Sur cette base, des solutions d'aménagement ont été définies, notamment la correction du tracé, l'élargissement de la chaussée et le renforcement de la structure routière.

Les interventions proposées garantissent une fluidification du trafic, une visibilité optimisée et une réduction significative des risques d'accidents. Ainsi, ce projet permet d'élever le niveau de service de la voie tout en offrant une solution pérenne et adaptée aux exigences des usagers.

Mots-clés : Modernisation routière – Trafic – Tracé en plan- infrastructures routières

Abstract

This final-year project falls within the field of transport infrastructure and focuses on the modernisation of the road section connecting the national road RN11 to the Oued Kramis dam. The main objective is to optimise the performance of the existing route by improving its traffic capacity, safety, and user comfort.

The approach is based on a thorough technical diagnosis covering the geometric condition, structural characteristics, and current traffic analysis. On this basis, several improvement solutions were defined, including alignment correction, carriageway widening, and road structure reinforcement.

The results obtained demonstrate smoother traffic flow, optimised visibility, and a significant reduction in accident risks. This project therefore raises the level of service of the road whilst providing a sustainable solution adapted to the needs of road users.

Keywords : Road modernisation - Traffic – Horizontal alignment – Road infrastructure

Sommaire

Remerciement.....	I
الملخص.....	IV
Résumé.....	V
Abstract	VI
INTRODUCTION GENERALE	1
Partie I : Étude de la route existante	3
Chapitre I : Présentation du Projet	4
I.1 Introduction.....	5
I.2. Présentation de la Wilaya de MOSTAGANEM	5
I.2.1. Situation géographique.....	5
I.2.2. Potentialités de la wilaya	5
I.2.3. Caractéristiques naturelles et conditions climatiques.....	6
I.2.4. Infrastructure de base.....	7
I.3. Présentation de la Daïra de Achaâcha.....	8
1.3.1. Caractéristiques géographiques et topographiques.....	9
1.3.2. Hydrologie et drainage	9
1.3.3. Réseau routier et accessibilité.....	9
I.4. Problématique	10
I.5. Description du projet.....	10
I.6. Objectif du projet	11
I.7. Données de base du tronçon routier	12
I.8. Levé topographique	12
I.9. Classification selon les normes B-40	12
I.10. Données de base du projet existante :	13
Chapitre II: Etude de Trafic	14
II.1. Introduction	15
II.2. Différentes types de trafics	15
II.3. Analyse de trafic :	15
II.4.1. La procédure de détermination de nombre de voies.....	16
II.4.1.1. Calcul de TJMA horizon (Tn).....	16
II.4.1.2 Calcul des trafics effectifs	17
II.4.1.3. Débit de point horaire normal	18

II.4.1.4.Débit horaire admissible.....	18
II.4.1.5.Calcul de nombre de voies	19
<i>Chapitre III: Tracé en plan.....</i>	22
III.1. Introduction	23
III.2. Les règles à respecter dans le tracé en plan	23
III.3.Constitution du tracé en plan.....	23
III.4.Calcul de l'axe de la route existante.....	24
III.4.1. Détermination des coordonnées des sommets	24
III.4.2. Calcul des gisements de distance et des angles au centre.....	24
III.4.2.La vitesse de référence.....	28
III.4.3.La courbure en plan.....	29
III.4.4.Le choix des rayons	30
III.4.5.Le Devers.....	30
III.4.6.Pourcentage en alignement droit et en courbe	31
III.4.7.Déclivités-profil en long	32
Chapitre IV : Étude en avant-projet sommaire de la chaussée existante (APS).....	33
IV.1.Introduction.....	34
IV.2.Objectif de l'APS	34
IV.3.L'axe de la chaussée.....	34
IV.4.Calcul des Gisements, angles au centre et les distances.....	36
IV.5.Calcul et vérification du pourcentage des alignements droits dans le tracé.....	40
IV.6.Calcul vérification du pourcentage des courbes dans le tracé.....	41
Partie II. Modernisation de la route (trace)	48
Chapitre V: Étude en avant-projet détaillé (APD)	49
V.1.Introduction	50
V.2.Calcul du nouveau tracé modernisé	51
<i>Chapitre VI :Raccordement progressif.....</i>	61
VI.1 Introduction.....	62
VI.2. Propriétés de la clothoïde	62
VI.3.Vérification de non chevauchement :	65
VI.4.Application au projet:.....	72
<i>Chapitre VII: Profil en long.....</i>	74
VII.1.Introduction.....	75
VII.2.Règles à respecter dans le tracé du profil en long	76
VII.3.Les éléments de composition du profil en long.....	76

VII.3.1. Déclivité minimale	77
VII.3.2. Déclivité maximale.....	77
VII.4. Raccordements en profil en long	77
VII.5. Détermination des paramètres cinématiques	78
VIII.1. Introduction	82
VIII.2. Les éléments constitutifs du profil en travers	82
VIII.3. Différents types de profil	84
VIII.4. Le profil en travers type du projet	84
Chapitre IX : Dimensionnement du corps de chaussée	86
IX.1. Introduction.....	87
IX.2. Principe de la constitution des chaussées.....	87
IX.3. Différents types de structures de chaussée	87
IX.3.1. Chaussée rigide :	87
IX.3.2. Chaussée semi rigide :	88
IX.3.3. Chaussée souple :	88
IX.3.3.1. Couche de surface :	89
IX.3.3.2. Couche de base :.....	89
IX.3.3.3. Couche de fondation :.....	89
IX.3.3.4. Une éventuelle couche de forme :	90
IX.4. Dimensionnement de la chaussée :	90
IX.4.1. Le trafic :	90
IX.4.2. Environnement :	91
IX.4.3. Le sol support :	91
IX.5. Dimensionnement du corps de chaussée.....	91
IX.5.1. Méthode de C.B.R	92
IX.5.2. Notion d'épaisseur équivalente	92
IX.6. Application au projet :.....	93
Chapitre X : Étude cinématique	96
X.1. Introduction	97
X.2. Distance de freinage	97
X.3. Temps de réaction :	98
X.4. Distance d'arrêt	99
X.5. Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	100
X.6. Distance de sécurité entre véhicules	100
X.7. Application au projet :.....	101

X.8.Distance de visibilité de dépassement et de manœuvre:	101
<i>Chapitre XI : Calcul des terrassements (cubatures)</i>	103
XI.1.Introduction :	104
XI.2.Méthode de calcul des cubatures :	104
XI.2.1.Méthode sarraus :	104
<i>Chapitre XII : Implantation</i>	120
XII.1.Introduction.....	121
XII.2.Implantation planimétrique des sommets des alignements	121
XII.3.Contrôle et vérification de l'implantation	123
<i>Chapitre XIII : Assainissement</i>	131
XIII.1.Introduction :	132
XIII.2.Assainissement de la chaussée :	133
XIII.3.Objectif de l'assainissement :	134
XIII.4.Types de canalisations :	135
XIII.5.Evaluation des débits des eaux pluviales :	135
XIII.5.1.La Méthode Rationnelle.....	135
XIII.5.2.La Méthode de Caquot.....	136
XIII.5.3.Paramètres clés pour le calcul.....	136
<i>Chapitre XIV: Signalisation routier</i>	137
XIV.1.Introduction:	138
XIV.2.Objet de la signalisation routière :	138
XIV.3.Catégories de signalisation	138
XIV.4.Règles à respecter de la signalisation routière	138
XIV.5.Type de signalisation	139
XIV.5.1.signalisation horizontale	139
XIV.5.2.Signalisation verticale :	140
Devis Quantitatif et Estimatif	142
<i>CONCLUSION GENERALE</i>	145
Références bibliographiques	147

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Les reliefs de la Wilaya de Mostaganem.	06
Tableau I.2 : Réseau routier	07
Tableau II.1 : Trafic effectifs	17
Tableau II.2 : Valeurs de K1	18
Tableau II.3 : Valeurs de K2	18
Tableau II.4 : Valeurs de Cth	19
Tableau II.5 : Données de base du projet existante (DTP – MOSTAGANEM)	19
Tableau II.6 : Résultats des paramètres calculés du trafic	21
Tableau III.1: Formules de calcul des éléments des raccordements circulaire	26
Tableau III.2 : Classification du terrain dénivelée cumulée	27
Tableau III.3 : Sinuosité	28
Tableau III.4 : Environnement de la route	28
Tableau III.5 : Vitesse de référence	29
Tableau III.6 : Devers	31
Tableau III.7 : Coefficient transversal ft	31
Tableau III.8 : coefficient F''	31
Tableau IV.1: les coordonnées des points au sommet de la route existante	35
Tableau IV.2: Gisements, Angles au centre et Distances	37
Tableau IV.3 : Valeur des éléments de raccordements circulaires	38
Tableau IV.4: Récapitulatif des résultats	41
Tableau IV.5: dénivelée cumulée moyenne	41
Tableau IV.6: Récapitulatif des paramètres cinématiques	46
Tableau IV.7: Récapitulatif des rayons.	47
Tableau V.1 : Les coordonnées des sommets.	50
Tableau V.2: Gisements, Angles au centre et Distances	51
Tableau V.3: Valeurs des éléments de raccordements circulaires	52
Tableau V.4: dénivelée cumulée moyenne	53
Tableau V.5 : Récapitulatif des résultats	59
Tableau V.6: Récapitulatif des rayons	60
Tableau VI.1: Vérification de non chevauchement	65
Tableau VI.2: Formule de calcul des éléments de la clothoïde	66
Tableau VI.3 : Données principales	67
Tableau VI.4 suivants résumant les longueurs calculées des clothoïdes	68
Tableau VI.5 : Valeur des éléments de clothoïdes	70
Tableau VI.6 : Variation de devers pour le rayon 650 m	73
Tableau VII.1 : La déclivité du projet maximum	77
Tableau VII.2 Récapitulatif des paramètres cinématique	78
Tableau VII.3 : Valeurs des Rayons verticaux en angle saillant Cat 3-4-5.	79
Tableau VII.4: Rayons concaves (angle rentrant)	80
Tableau IX.1 : Classes du sol en fonction de l'indice CBR	91
Tableau IX.2 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau	93
Tableau IX.3 : l'épaisseur de chaque couche	95
Tableau X.1: coefficient de frottement longitudinal	98
Tableau X.2 : Distance de visibilité de manœuvre de dépassement.	100
Tableau X.3 : Récapitulatif des résultats	101

Tableau X.4 : Distance de visibilité de manœuvre de dépassement(B40)	101
Tableau XI.1: terrassements en déblais	107
Tableau XI.2: terrassements en remblais	113
Tableau XI.3 : volume cumulé de déblais et remblais	119
Tableau XII.1.: Implantation par coordonnées X Y et Z	125
Tableau XIV.1 : Signaux à simple indication	141

Liste des figures

figure.I. 1:Carte de Réseau routier de la wilaya de Mostaganem.....	8
figure.I. 2:La Daïra de Achaacha.....	9
figure.I. 3:Localisation de la trace du projet.....	11
figure.I. 4:État actuel de dégradation du tronçon routier étudié.....	11
FIGURE.III. 1:Élément de tracé en plan	24
figure.III. 2:angle au centre.....	25
figure.III. 3:Les éléments d'un raccordement circulaire.....	26
figure.III. 4:Dénivelée cumulée moyenne	27
FIGURE.VI. 1:Les éléments de la clothoïde.....	62
FIGURE.VI. 2:schéma de la clothoïde.....	63
FIGURE.VI. 3:Condition de gauchissement.	65
FIGURE.VII. 1:profil en long de notre projet.	76
FIGURE. VIII. 1:les éléments constitutifs du profil en travers	82
FIGURE. VIII. 2:profil en travers de notre projet	85
FIGURE. IX. 1:Chaussée rigide.....	88
FIGURE. IX. 2:chaussée semi rigide	88
FIGURE. IX. 3:chaussée souple	89
FIGURE. IX. 4:Coupe transversale de chaussée	90
FIGURE. IX. 5:Différentes couches du corps de chaussée.....	95
FIGURE.X. 1:distance de freinage.....	97
FIGURE.X. 2:La distance d'arrêt.....	99
FIGURE.X. 3:Distance d'arrêt en courbe	100
FIGURE. XI. 1:Profil en travers mixte.....	105
FIGURE. XI. 2:les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné	106
FIGURE.XII. 1:Par rayonnement.....	121
FIGURE.XII. 2:par coordonnées polaires.....	122
FIGURE.XII. 3:Par intersection	122
FIGURE.XII. 4:Contrôles après implantation.....	123
FIGURE.XII. 5:Implantation partie circulaire.....	124
FIGURE.XII. 6:Coordonnées polaires.....	124
FIGURE.XII. 7:Méthode d'implantation.	125
FIGURE. XIII. 1:L'emplacement des ouvrages d'assainissement.....	132
FIGURE. XIII. 2:Dégradation de la chaussée et des talus au niveau du projet étudié	133
FIGURE. XIII. 3:Exemple d'un ouvrage de franchissement	134
FIGURE.XIV. 1:Ligne discontinue.....	139

FIGURE.XIV. 2:Ligne continue.....	140
FIGURE.XIV. 3:Les signaux de danger	140

Liste de abréviations

RN	Route Nationale
B40	Normes techniques d'aménagement routier Algérien
ft	Coefficient de frottement transversal
fL	Coefficient de frottement longitudinal
Rhm	Rayon minimal absolu
Rhn	Rayon minimal normal
Rhd	Rayon au dévers minimal
Rhnd	Rayon minimal non déversé
Δd	Variation des dévers
Imax	Déclivité maximum
Imin	Déclivité minimum
Rvmin	Rayon vertical minimal
R	rayon de cercle
L	longueur de la branche de clothoïde
A	paramètre de la clothoïde
T	Distance S-KA
KA	origine de la clothoïde
KE	extrémité de la clothoïde
XKE	Abscisse de l'extrémité de la clothoïde
YKE	Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde
SL	Longueur de la corde KA-KE
ΔR	Ripage
α	Angle des alignements droits

β	Angle au centre (Raccordement circulaire)
σ	Angle Polaire
τ	angle des tangentes

γ	Angle au centre Partie circulaire
DT	Développée totale
TK	tangente courte
TL	tangente longue
SL	corde KE – KA
M	centre du cercle d'abscisse XM.
XM	abscisse du centre du cercle de M à partir de KA
YM	ordonnée du centre du cercle M à partir de KA
d0	Distance d'arrêt
df	Distance de freinage
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 de dépassement
T.P.C	Terre-plein central
B.A.U	Bande d'arrêt d'urgence
B.D.G	Bande dérasée de gauche
TN	Terrain naturel
PL	Profil en long
TP	Tracé en plan
BB	Béton bitumineux
TVO	Tout venant du oued

GC	Grave concassée
TJMA	Trafic journalier moyen annuel
a	coefficient qui dépend du nombre de voies
TPL	Trafic poids loure
p	pourcentage de poids lourds.
Téq	trafic équivalent par essieu de 13t.
r	Taux d'accroissement annuel
PL	Poids lourd
CBR	California Bearing Ratio

ICBR	Indice CBR
e	épaisseur équivalente
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
PK	Point kilométrique
P.U	Prix unitaire
H.T	Hors taxe
TVA	Taxe à valeur à jouter
T.T.C	Toutes taxes comprises

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Facteur stratégique de la croissance économique, une infrastructure routière cohérente et performante constitue un atout majeur pour le développement territorial. En effet, un réseau de qualité est indispensable pour fluidifier les échanges entre les zones de production et les marchés, tout en renforçant la compétitivité régionale et les échanges internationaux [1]. Toutefois, cette dynamique suppose un entretien et des réhabilitations constants, la détérioration progressive des chaussées étant inéluctable sous l'effet du vieillissement des matériaux et de l'augmentation continue du trafic [2]. Dans ce contexte, la gestion des réseaux exige une approche proactive et un suivi technique rigoureux [3, 4], fondés sur des indicateurs normalisés articulés autour de quatre axes complémentaires : l'évaluation de la régularité de surface, le diagnostic des pathologies, l'analyse de la capacité structurelle et l'appréciation des critères de sécurité routière.

En Algérie, cette réalité prend une acuité particulière. De nombreux axes secondaires présentent des déficiences géométriques et structurelles qui altèrent leur niveau de service, compromettant à la fois la sécurité, le confort et la durabilité des ouvrages [5]. C'est dans cette optique que s'inscrit le présent mémoire, consacré au diagnostic et à la modernisation d'un tronçon de 4 km reliant la RN 11 à la CW 69, via le barrage d'Oued Kramis, dans la wilaya de Mostaganem. Axe structurant pour la desserte des exploitations agricoles et l'intégration du réseau local au maillage régional, ce linéaire souffre aujourd'hui de pathologies majeures : un tracé excessivement sinueux (34 virages sur 4 km) avec des rayons de courbure inférieurs aux normes, une chaussée dégradée marquée par des fissurations longitudinales et transversales, ainsi qu'une accidentologie préoccupante, cohérente avec les tendances observées sur les routes rurales algériennes à géométrie déficiente.

L'objectif principal de cette étude est d'établir un diagnostic technique complet de l'infrastructure existante, en caractérisant ses paramètres géométriques, structurels et fonctionnels, afin de proposer un réaménagement optimisé strictement conforme aux normes algériennes en vigueur, notamment le guide B40. Les améliorations visées portent sur trois axes indissociables : la sécurité routière, le confort de circulation et la durabilité de la chaussée. Pour y parvenir, la méthodologie retenue s'articule autour de plusieurs phases interdépendantes : l'analyse et la projection du trafic à l'horizon de projet, l'étude géométrique du tracé en plan et du profil en long, le dimensionnement du corps de chaussée selon la méthode CBR, l'étude cinématique et le calcul des distances de visibilité, le calcul des cubatures de terrassement, ainsi

INTRODUCTION GENERALE

que la conception des principes d'assainissement hydraulique et de signalisation routière. L'ensemble de ces étapes intègre systématiquement les contraintes hydrologiques, topographiques et environnementales du site [6].

Enfin, ce travail ambitionne de formuler des solutions techniquement robustes et économiquement viables, favorisant une intégration harmonieuse du projet dans son écosystème territorial et s'inscrivant dans les orientations stratégiques de désenclavement des zones rurales. Le présent mémoire s'organise en quatorze chapitres : le premier présente le contexte géographique, administratif et les données de base du projet. Les chapitres II à X détaillent successivement l'étude du trafic, la conception géométrique (tracé en plan, profils en long et en travers, raccordements progressifs), le dimensionnement de la chaussée, l'étude cinématique et le calcul des terrassements. Les chapitres XI à XIV abordent respectivement l'implantation topographique, les principes d'assainissement hydraulique, la signalisation routière et le devis quantitatif estimatif (DQE), avant de s'achever par une synthèse générale dressant le bilan des résultats et les perspectives de mise en œuvre.

Partie I : Étude de la route existante



Chapitre I : Présentation du Projet

I.1 Introduction

L'analyse de la route existante représente une étape préliminaire cruciale dans la réalisation de tout projet visant l'aménagement, la réhabilitation ou le renforcement des infrastructures routières. Elle a pour objectif d'établir un état des lieux précis du tronçon étudié en examinant ses caractéristiques géométriques, structurelles et fonctionnelles, ainsi que son comportement face aux contraintes du trafic et aux conditions environnementales. Ce diagnostic permet d'identifier les éventuelles dégradations, d'évaluer le niveau de service offert aux usagers, et de mettre en évidence les insuffisances de la chaussée actuelle. De plus, cette analyse s'appuie sur une collecte rigoureuse de données techniques fiables telles que les volumes de trafic, la composition des matériaux, les conditions géotechniques et climatiques, ainsi que l'historique d'entretien. Ces informations s'avèrent essentielles pour orienter les choix de conception et proposer des solutions qui soient à la fois adaptées, pérennes et économiquement rentables. Par conséquent, cette étape constitue une base incontournable avant d'entamer toute étude approfondie, y compris l'analyse du contexte géographique et administratif de la zone concernée.

I.2. Présentation de la Wilaya de MOSTAGANEM

I.2.1. Situation géographique

La wilaya de Mostaganem se situe au Nord-Ouest de l'Algérie exactement entre les méridiens $0^{\circ} 4' 0,083''$ de longitude Est et les parallèles $35^{\circ} 54' 35,900$ de latitude Nord. Et couvre une superficie de 2269 Km². Elle est délimitée par les Wilaya de Chlef et Relizane à l'Est, Mascara et Relizane au sud, Oran et Mascara à l'Ouest et par la Mer Méditerranée au Nord. La Wilaya de Mostaganem 877450 habitants avec une forte densité de 387 hab/km² [7].

I.2.2. Potentialités de la wilaya

La wilaya dispose d'importantes potentialités économiques dont l'exploitation offre de larges perspectives pour un développement ambitieux, intégré et durable dans tous les domaines : agriculture, pêche, tourisme.

Le sous-sol assez riche en gisements divers (matière à brique, gypse, pierres de construction argiles bentonite, sable de verre, sable de moulage) offre la possibilité de créer une industrie basée sur la complémentarité.

De par sa position géographique le long du littoral avec un réseau de voie de communication assez dense, Mostaganem est appelée à jouer le rôle de ville relais pour Oran en développant ses services économiques tels que les bases logistiques, l'ingénierie et la technologie de la communication.

I.2.3. Caractéristiques naturelles et conditions climatiques

➤ **Relief**

Le relief de la Wilaya de Mostaganem se divise en quatre unités morphologiques appartenant à deux (02) régions distinctes : le Plateau et le Dahra

Unités	Communes Concernés
Vallées basses de l'Ouest	<ul style="list-style-type: none"> ● MAZAGRAN ● H/ MAMECHE ● STIDIA ● AIN NOUISSY ● EL HACIANE ● FORNAKA
Plateau Mostaganem	<ul style="list-style-type: none"> ● MOSTAGANEM ● SAYADA ● KHEIR EDDINE ● A/ TEDELES ● SOUR ● BOUGUIRAT ● MESRA ● SIRAT ● TOUAHRIA ● SOUAFLIAS ● MANSOURAH
Mont Dahra	<ul style="list-style-type: none"> ● OUED EL KHEIR ● SAF SAF ● OULED MAALAH ● AIN BOUDINAR ● NEKMARIA ● SIDI ALI ● TAZGAIT ● SIDIBELATAR

Vallées de l'Est	<ul style="list-style-type: none"> • BEN A/RAMDANE • HADJADJ • SIDI LAKHDAR • KHADRA • ACHAACHA • O/ BOUGHALEM
------------------	--

➤ **Climat et Altitude**

Le climat de Mostaganem se caractérise par un climat semi-aride en hiver tempéré et une pluviométrie qui varie entre 350 mm sur le plateau et 400 mm sur les piémonts du Dahra ; elle est située à une altitude moyenne d'environ **104 mètres** au-dessus du niveau de la mer.

I.2.4. Infrastructure de base

➤ **Réseau routier**

Elle est connectée à l'Autoroute Est-Ouest via la pénétrante A60 de 66 km et desservie par les RN11, RN4 et RN90

Tableau I.2 : Réseau routier

Autoroutes (km)	Routes Nationales (km)	Chemins de wilaya (km)	Chemins communaux (km)
35	332.43	653.83	1147.98

➤ **Réseau ferroviaire**

Il existe une voie pour le transport de marchandises reliant le port à la gare de Mostaganem en direction de Mohammedia

➤ **Réseau Aéroportuaire**

La Wilaya de Mostaganem dispose d'un aéroport dont :

- Piste principale : 1360 m x 30 m
- Piste secondaire : 700 m x 30 m
- Aires de stationnement : 13 000 m²
- Voies de circulation : 450 m x 20 m

➤ Réseau Portuaire

La wilaya compte trois ports :

- Port de marchandises de Mostaganem.
- Port de pêche de Sidi Lakhdar.
- Port de pêche et de plaisance de Salamandre.

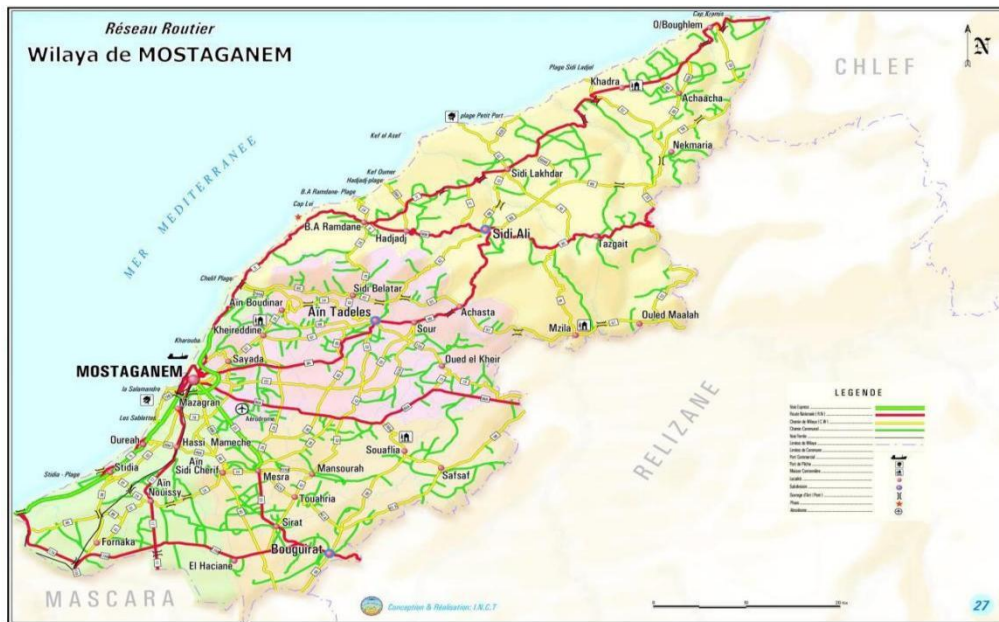


figure.I. 1: Carte de Réseau routier de la wilaya de Mostaganem

I.3.Présentation de la Daïra de Achaâcha

La daïra d'Achaacha, située dans la wilaya de Mostaganem au nord-ouest de l'Algérie, constitue un territoire à dominante rurale où les activités agricoles occupent une place prépondérante. Elle est caractérisée par un réseau de voiries reliant les différents douars et zones agricoles aux centres urbains voisins.



figure.I. 2:La Daïra de Achaacha

1.3.1. Caractéristiques géographiques et topographiques

La région présente un relief globalement peu accidenté, constitué de plaines et de faibles ondulations. Cette morphologie facilite l'implantation des infrastructures routières, bien que certaines zones puissent nécessiter des adaptations locales liées aux variations altimétriques et aux écoulements naturels.

1.3.2. Hydrologie et drainage

Le réseau hydrographique est constitué de petits oueds saisonniers pouvant provoquer des écoulements importants lors des périodes pluvieuses. Ces phénomènes imposent la mise en place d'ouvrages hydrauliques adaptés (buses, dalots, fossés) afin d'assurer la protection de la chaussée et la continuité du trafic.

1.3.3. Réseau routier et accessibilité

Le réseau routier de la daïra est principalement composé de routes communales et de chemins ruraux reliant les zones agricoles aux axes structurants de la wilaya. L'amélioration et la modernisation de ces infrastructures constituent un enjeu majeur pour le désenclavement des localités et le développement économique local.

I.4.Problématique

Dans le cadre du développement des infrastructures routières, le tronçon routier reliant la RN11 sur une distance de 4 km présente des insuffisances significatives tant sur le plan géométrique que structurel. Ces limitations impactent directement la sécurité des usagers, le confort de circulation et la pérennité de la chaussée, notamment face aux contraintes liées au trafic intense et aux conditions environnementales de la région. L'objectif de cette étude est donc d'évaluer l'état actuel de ce tronçon routier afin d'identifier les principales dégradations et difficultés existantes. Elle vise également à formuler des solutions de modernisation adaptées, prenant en compte les dimensions techniques, économiques et sécuritaires. La problématique centrale peut ainsi se résumer à la question suivante : comment concevoir un aménagement routier optimisé capable d'offrir de meilleures performances, d'accroître la durabilité du réseau et d'améliorer le niveau de service sur ce tronçon stratégique entre la RN11 et le barrage d'Oued Kramis ?

I.5.Description du projet

Le projet s'inscrit dans la modernisation de la liaison routière entre la RN 11 et la CW 69, en direction du barrage d'Oued Kramis, sur un linéaire total de 13 km. La présente étude se concentre sur un tronçon de 4 km, délimité par les points kilométriques PK 0+000 à PK 4+000. (figure I.3) bien que le relief soit globalement plan, la sinuosité prononcée du tracé entraîne un mauvais écoulement des eaux pluviales, favorisant des phénomènes de stagnation récurrents. Ces conditions hydrologiques ont provoqué des dégradations avancées de la structure routière (Figure I.4), justifiant une intervention de réhabilitation incluant le renforcement du corps de chaussée. Par ailleurs, la mise aux normes de cet axe constituera un itinéraire alternatif stratégique, permettant une optimisation du réseau local et une réduction significative du temps de parcours.



figure.I. 3:Localisation de la trace du projet



figure.I. 4:État actuel de dégradation du tronçon routier étudié

Figure I.4: État actuel de dégradation du tronçon routier étudié

I.6.Objectif du projet

Cette étude a pour objectif central la modernisation d'un tronçon routier de 4 kilomètres reliant la RN11 au barrage d'Oued Kramis, au sein de la commune d'Achaacha. Elle s'inscrit dans une démarche visant à optimiser les performances techniques et fonctionnelles de cette infrastructure routière stratégique. Dans ce contexte, une évaluation approfondie des caractéristiques géométriques actuelles du tronçon sera menée, en se focalisant sur le tracé en

plan et le profil en long. Cette analyse mettra en lumière les insuffisances des paramètres planimétriques et altimétriques qui ne respectent pas les normes applicables. Sur la base des résultats obtenus, des solutions adaptées seront proposées pour conformer cette route aux exigences d'une infrastructure moderne. En outre, un nouveau tracé optimisé sera élaboré en prenant en compte les contraintes topographiques, physiques et fonctionnelles, dans l'optique de garantir une meilleure intégration environnementale du projet. L'étude poursuit également plusieurs objectifs spécifiques, parmi lesquels : Renforcer la sécurité des usagers de la route, améliorer la qualité et le niveau de service de l'infrastructure, réduire les temps de trajet, les embouteillages et les risques d'accidents, promouvoir une mobilité plus fluide et durable, stimuler le développement économique tant à l'échelle locale qu'à celle de la région.

I.7. Données de base du tronçon routier

Dans tout projet de dimensionnement ou d'évaluation d'une infrastructure routière, il est primordial de disposer d'une connaissance approfondie des données de base du tronçon concerné. Ces données englobent les caractéristiques géométriques, géotechniques, climatiques et le volume de trafic, facteurs qui influent directement sur le comportement et la longévité de la chaussée. Elles servent à établir un diagnostic précis de l'état existant et à formuler les hypothèses de calcul nécessaires, que ce soit pour la conception initiale ou pour la réhabilitation de la route.

Par conséquent, la collecte et l'analyse minutieuse de ces informations constituent une étape incontournable pour assurer à la fois la fiabilité des analyses et la pertinence des solutions techniques envisagées.

I.8. 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.

I.9. Classification selon les normes B-40

Les routes peuvent être classées en cinq (05) catégories selon la classification technique B40 [8] .

- **Catégorie 1** : Liaison entre les grands centres économique et les centres industriels lourdes considérés deux a deux, et liaisons assurant le rabattement des centres d'industries de transformation vers réseau de base ci-dessus.

- **Catégorie 2** : Liaison des pôles d'industries de transformation entre eux, et liaisons de raccordement des pôles d'industries légers diversifiées avec le réseau précédent.
- **Catégorie 3** : Liaison des chefs-lieux de daïra et des chefs-lieux de wilaya, non desservies par le réseau précédent, avec le réseau de catégorie 1 et 2.
- **Catégorie 4** : Liaison entre tous les centres de vie qui ne sont pas reliés au réseau de catégorie 1-2 et 3 avec le chef-lieu de daïra, dont ils dépendent, et avec le réseau précédent.
- **Catégorie 5** : routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

I.10. Données de base du projet existante :

- TJMA = **1600V/J**
- Taux de croissance : = **5%**
- Pourcentage du poids lourd : **Z= 35%**
- Année de comptage : **2023**
- Année de mise en service : **2026**
- Durée de vie : **10 ans**
- Coefficient d'équivalence : **P= 3**
- Coefficient lié à l'environnement : **K1=1.00**
- Coefficient de réduction de capacité : **K2=0.75**
- Capacité effective par voie : **1500 ≤ Cth ≤ 1800 UVP/h**
- ICBR= **7**

Chapitre II: Etude de Trafic

II.1. Introduction

Les études de trafic sont essentielles à tout projet de construction ou de rénovation routière. Elles analysent le trafic actuel et prévoient les tendances futures, permettant ainsi de concevoir une infrastructure adaptée aux besoins des usagers. Cette étude détermine les caractéristiques techniques de la route, notamment le nombre de voies, sa capacité et l'épaisseur de chaque couche de chaussée. Elle joue également un rôle stratégique dans la planification du réseau routier, contribuant à évaluer la faisabilité économique et les coûts d'entretien des projets.

II.2. Différentes types de trafics

➤ **Trafic normal :**

C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement indépendamment du nouveau projet.

➤ **Trafic dévié (dérivé)**

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. En d'autres termes la déviation de trafic n'est qu'un transfert entre les différentes routes qui atteignent le même point.

➤ **Trafic induit :**

Correspond aux nouveaux déplacements rendus possibles par l'amélioration des infrastructures routières, qui facilitent les trajets auparavant difficiles et stimulent la production et les ventes grâce à la réduction des coûts.

➤ **Trafic total :**

Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

II.3. Analyse de trafic :

Pour déterminer précisément le volume et la composition du trafic à un point donné, une phase de comptage et d'enquête est indispensable. Ces données permettent de quantifier la sollicitation de l'infrastructure et de justifier ses caractéristiques géométriques.

Les principaux procédés utilisés sont :

➤ **Le Recensement Général du Trafic :** Réalisé de manière périodique, il permet de suivre l'évolution macroscopique des flux sur le réseau national. Ces données historiques sont essentielles pour déterminer les tendances de croissance et projeter le trafic à l'horizon final retenu pour le projet.

- **Les Comptages sur sections de routes :**
 - **Comptages manuels** : Utiles pour distinguer précisément les catégories de véhicules (véhicules légers, poids lourds, deux-roues) et les mouvements directionnels aux carrefours.
 - **Comptages automatiques** : Réalisés via des compteurs de débit, des radars de vitesse ou des boucles magnétiques, ils permettent des mesures sur de longues durées (Moyenne Journalière Annuelle - TMJA).
 - **Les Enquêtes de circulation** : Elles permettent de comprendre la structure des déplacements (origine-destination) et de distinguer le trafic de transit du trafic local.
- **Les technologies de pointe** : L'usage de caméras à analyse d'image et de capteurs embarqués permet aujourd'hui d'affiner la précision des mesures de densité II.4.

II.4. Calcul de la capacité :

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

- Des conditions de trafic.
- Des conditions météorologiques.
- Le type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire.
- Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre).

II.4.1. La procédure de détermination de nombre de voies

Le choix de nombre de voies résulte de la comparaison entre l'offre et la demande, c'est à dire, le débit admissible et le trafic prévisible à l'année d'exploitation. Pour cela il est donc nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la vingtième année d'exploitation.

II.4.1.1. Calcul de TJMA horizon (T_n)

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

$$T_n = T_0 (1 + \tau)^n \quad (\text{II.1})$$

T_0 : TMJA₀ service : trafic journalier moyen à l'année de mise en service

n : nombre d'année à partir de l'année de mise en service.

τ : taux d'accroissement annuel du trafic (%).

II.4.1.2 Calcul des trafics effectifs

C'est le trafic traduit en unités de véhicules particuliers (UVP) en fonction de type de routes et de l'environnement (en plaine, vallonné ou montagneux).

Pour cela, on utilise des coefficients d'équivalence (P) pour convertir les PL en uvp (II.1).
Le trafic effectif est donné par la relation :

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + PZ]. T_n \quad (\text{II.2})$$

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P/j) Z : pourcentage de poids lourds (%).

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

Tableau II.1 : Trafic effectifs

Environnement	E1	E2	E3
Routes à bonnes caractéristique	2-3	4-6	8-12
Routes étroites	3-6	6-12	16-24

II.4.1.3. Débit de point horaire normal

Le débit de point horaire normal est une traction du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule :

$$Q = (1/n) T_{\text{eff}} \quad (\text{II.3})$$

Q : Débit de pointe horaire ; [uvp/h]

n : Nombre d'heure, (en général n=8 heures) d'après le B40 on prend $(1/n) = 0.12$; **T_{eff}** : Trafic effectif.

II.4.1.4. Débit horaire admissible

Le débit horaire maximal accepté par voie est déterminé par application de la formule :

$$Q_{\text{adm}} \text{ (uvp/h)} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{Th}} \quad (\text{II.4})$$

K₁ : coefficient lié à l'environnement.

K₂ : coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable (UVP/h)

Valeurs de K₁

Tableau II.2 : Valeurs de K₁

Environnement	E ₁	E ₂	E ₃
K₁	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Valeur de K₂

Tableau II.3 : Valeurs de K₂

Environnement	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
E ₁	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E ₂	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E ₃	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Valeur de C_{th} : Capacité théorique du profil en travers en régime stable.

Tableau II.4 : Valeurs de C_{th}

	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

II.4.1.5. Calcul de nombre de voies

- Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On compare Q à Q_{adm} et en prend le profil permettant d'avoir : $Q_{adm} \geq Q$

- Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

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

$$N = \frac{Q \times S}{Q_{adm}} \quad (\text{II.5})$$

S : coefficient dissymétrie en général = 2/3

Q_{adm} : débit admissible par voie

II.4.2. Application au projet

Tableau II.5 : Données de base du projet existante [9]

Désignation	Valeurs
Trafic TJMA	1600 V/J
Pourcentage de poids lourds (Z)	35%
Année de comptage (année d'origine)	2023
Coefficient d'équivalence P	3
Taux d'accroissement τ annuel du trafic	5%
Durée de vie	10 ans
L'indice CBR	07

1. Calcul de TJMA de mise en service :

$$T_1 = T_0 (1 + \tau)^n = 1600 (1 + 0.05)^3$$

$$T_1 = 1852 \text{ UPV / J}$$

2. Calcul de TJMA horizon à la 10^{ème} année :

$$T_{10} = T_0 (1 + \tau)^n = 1852 (1 + 0.05)^{10}$$

$$T_{10} = 3017 \text{ VPL/J}$$

3. Calcul de trafic effectif :

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + P.Z] \times T_{10} = [(1 - 0.35) + 3 \cdot 0.35] \cdot 3017$$

$$T_{\text{eff}} = 5129 \text{ V/J}$$

4. Débit de point horaire normal :

$$Q = (1/n) \cdot T_{\text{eff}} = (1/8) \cdot 5129$$

$$Q = 641 \text{ UVP/h}$$

- Pour une catégorie de route 3 et Environnement 1

$$K_1 = 0.75, K_2 = 1$$

- Pour la chaussée bidirectionnelle $C_{th} = 1800$

D'après B40 :

$$\bullet Q_{\text{adm}} = K_1 K_2 \cdot C_{th}$$

$$Q_{\text{adm}} = 0.75 \cdot 1 \cdot 1800$$

$$Q_{\text{adm}} = 1350 \text{ UVP/J}$$

5. Nombre de voie :

On compare Q à Q_{adm} et on prend le profil permettant d'avoir : $Q_{\text{adm}} \geq Q$

$$: Q_{\text{adm}} \geq Q \quad 1350 > 641$$

$$N = \frac{Q}{Q_{\text{adm}}} = \frac{641}{1350} = 0.47$$

$$N = 1 \text{ voie /sens}$$

Le tableau II.6 résume les résultats calculés du trafic

Tableau II.6 : Résultats des paramètres calculés du trafic

Paramètres	Valeurs
Trafic a l'année de mise en service (2026)	1852 V/J
Trafic moyen journalier (TJMA) horizon (2036)	3017 V/J
Trafic effectif	5129 V/J
Débit du point horaire normal	641 UVP/J
Débit admissible	1350 UVP/J
Nombre de voies	1 voie/sens
La largeur de la chaussée	2 x 3,50 = 7m



Chapitre III: Tracé en plan

III.1. Introduction

La modernisation du réseau routier est une étape cruciale pour adapter les infrastructures aux exigences actuelles de sécurité, de confort et de fluidité. Au cœur de cette démarche, le tracé en plan constitue la projection sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée.

Géométriquement, il se définit comme une succession de segments de droite (alignements), d'arcs de cercle et de raccordements à courbure variable (courbes de transition). La combinaison de ces éléments, impérativement coordonnée avec le profil en long, doit avant tout garantir une visibilité suffisante pour permettre les manœuvres de dépassement en toute sécurité.

Au-delà de la simple trajectoire, une conception rigoureuse vise à rompre la monotonie du parcours et à limiter, lors de la conduite nocturne, la durée d'éblouissement par les phares des véhicules croisés dans les grands alignements. Ainsi, l'optimisation du tracé horizontal assure non seulement une conduite fluide, mais minimise également l'impact environnemental tout en maîtrisant les coûts de construction et d'entretien.

III.2. Les règles à respecter dans le tracé en plan

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

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant
- Éviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières
- Éviter au maximum les propriétés privées
- Éviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais.

III.3. Constitution du tracé en plan

Le tracé en plan n'est pas une ligne arbitraire ; il résulte de l'assemblage géométrique de trois types d'éléments complémentaires, comme illustré sur la figure (III1) :

- ✓ Des alignements droits.
- ✓ Des arcs de cercle.
- ✓ Des courbes de raccordement progressif.

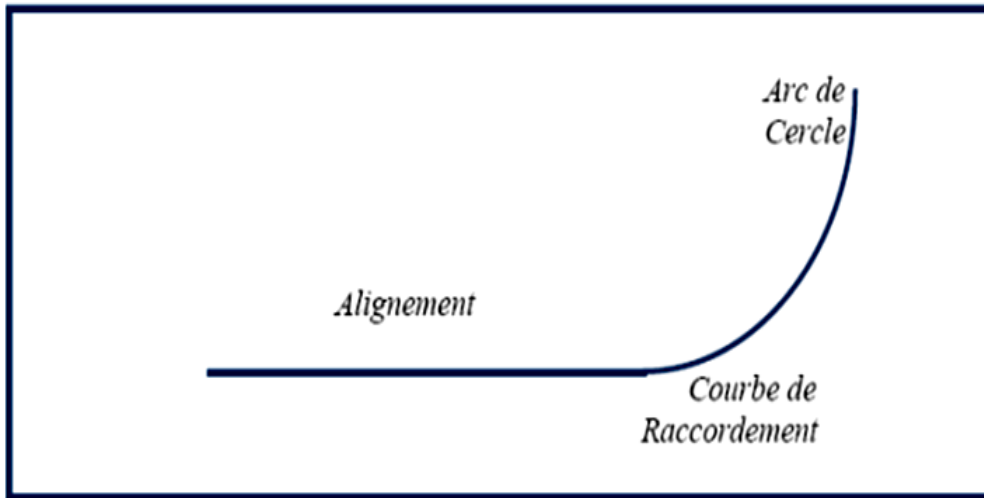


FIGURE.III. 1:Élément de tracé en plan

III.4. Calcul de l'axe de la route existante

Le calcul de l'axe existant consiste à reconstituer la géométrie réelle de la route à partir d'un levé topographique. Cette étape se déroule en trois points :

III.4.1. Détermination des coordonnées des sommets

Dans cette partie on relèvera à partir du tracé en plan, les coordonnées planimétriques définissant l'axe de la route. Une fois les coordonnées relevées, on calcule les gisements de toutes les directions définissant les alignements droits, on détermine ensuite les angles au centre de chaque raccordement ainsi que les longueurs des tangentes et ceci dans le but de calculer les rayons planimétriques des virages de la route existante.

III.4.2. Calcul des gisements de distance et des angles au centre

a)-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 considérée.

$$G_{BS} = \arctg \left| \frac{\Delta X}{\Delta Y} \right| \quad (\text{III.1})$$

b) Distance

La distance SB est donnée par la relation :

$$SB = \sqrt{(X_B - X_S)^2 + (Y_B - Y_S)^2} \quad (\text{III.2})$$

C) L'angle au centre d'après le cas de figure :

L'angle au centre β est donné par

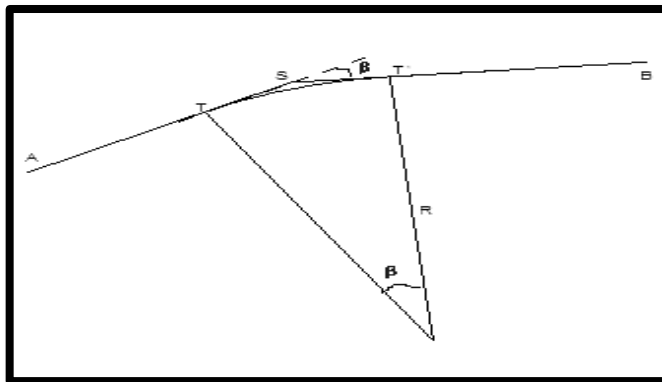


FIGURE.III. 2:angle au centre

d) Alignement droit LAD

$$AD_i = D_i - (D_{i-1} - (T_{i-1} - T_i)) \quad (\text{III.3})$$

$$LAD = \sum AD_i = \sum (D_i - (D_{i-1} - (T_{i-1} - T_i))) \quad (\text{III.4})$$

b) Détermination des éléments des Raccordements

Les éléments à calculer concernent les : Bissectrice, développée, flèche et la tangente, dont les formules de base sont présentées au tableau 3.1:

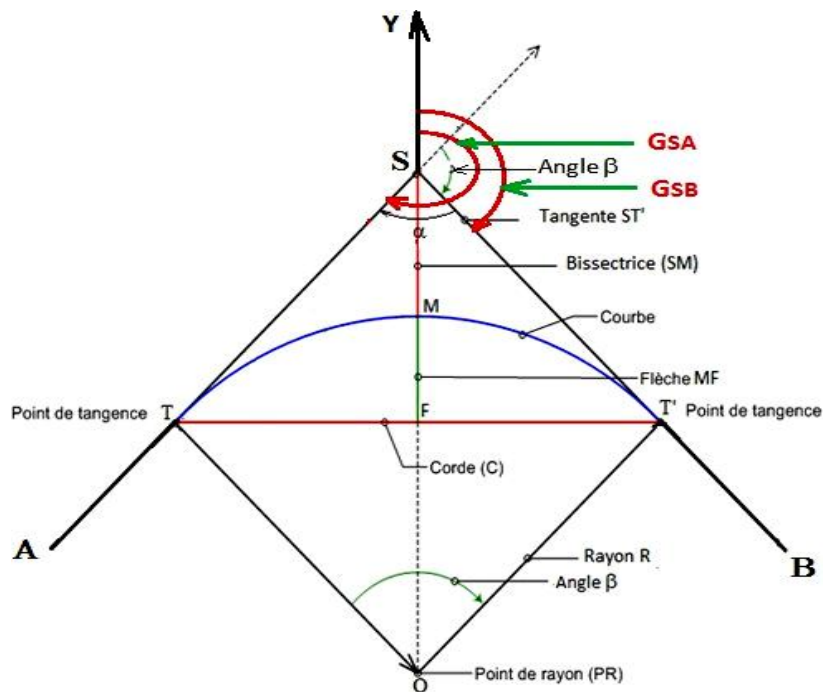


FIGURE.III. 3:Les éléments d'un raccordement circulaire

Tableau III.1: Formules de calcul des éléments des raccordements circulaire

Désignation	Formule
Tangente	$\beta ST = ST = R * \tan(\beta/2)$
Bissectrice	$Biss = R * (1/\cos(\beta/2) - 1)$
Développée	$D = (\pi * \beta(\text{deg}) * R)/180 = (\pi * \beta(\text{grad}) * R)/200$ $= R * \beta(\text{rad})$
Flèche	$F = R * (1 - \cos(\beta/2))$

c) Environnement de la route

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

- La dénivelée cumulée moyenne : DC
- La sinuosité "σ"
- ✓ **Dénivelée cumulée moyenne**

La somme des dénivelées cumulées, le long de l’itinéraire existant, rapportée à la longueur de cet itinéraire, permet de mesurer la variation longitudinale du relief.

(B40)

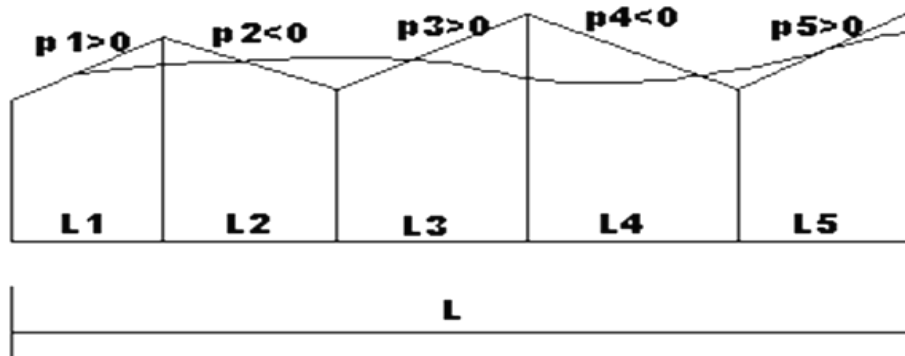


figure.III. 4:Dénivelée cumulée moyenne

$$\frac{H}{L} = \left| \frac{\sum_{P_i > 0} P_i \ell_i + \sum_{P_i < 0} P_i \ell_i}{L} \right|$$

(III.5)

Les valeurs seuils dans le tableau (III.3), déterminées par l’analyse de plusieurs itinéraires en Algérie, permettent de caractériser trois types de topographie au sein desquels les coûts d’aménagements d’itinéraires aux caractéristiques comparables sont relativement stables

Tableau III.2: Classification du terrain dénivelée cumulée

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
1	Plat	DC ≤ 1.5%
2	Terrain Vallonné	1.5% < DC ≤ 4%
3	Terrain montagneux	DC > 4%

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.

$$\text{Soit } L_s = \Delta D \text{ (} R \leq 200 \text{ m)}$$

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

(III. 6)

Tableau III.3 : Sinuosité

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

Les trois types d'environnement résultent du croisement des deux paramètres précédents selon le tableau (III.4) :

Tableau III. 4: Environnement de la route

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

III.4.2. La vitesse de référence

La vitesse de référence constitue un paramètre fondamental en ingénierie routière. Elle est définie comme la vitesse pratiquée par les usagers dans des conditions normales de circulation, caractérisées par un trafic fluide et en dehors des périodes de saturation. Elle correspond ainsi à une vitesse seuil en dessous de laquelle les véhicules, notamment les plus rapides, peuvent circuler sans gêne ni contrainte significative.

La vitesse est donc fonction de :

- La catégorie.
- L'environnement.

Tableau III.5: Vitesse de référence

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

III.4.3. La courbure en plan

a) Le rayon minimal absolu RHm

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

$$RHm = \frac{Vr^2}{127(d+ft)}$$

(III.7)

b) Le rayon minimal normal RHN

RHN est le rayon minimal absolu relatif à la vitesse de référence immédiatement supérieure. Il lui est associé un dévers égal à $d_{max} = -2\%$ pour les Catégories 1-2-3 et 4. Ce dévers est réduit à 6% ($d_{max} = -3\%$) pour la catégorie 5.

$$RHN = \frac{(Vr+20)^2}{127(d+ft)} V$$

(III.8)

c) Le rayon de dévers 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 %)

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

(III.9)

d) Le rayon non déversé RHnd

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

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

(III.10)

III.4.4. Le choix des rayons

Pour une route de catégorie donnée, aucun rayon ne doit être inférieur au rayon minimum absolu RHm. On doit utiliser, autant que possible des valeurs de rayons supérieures ou égales au rayon minimum normal RHN.

III.4.5. Le Devers

a) Devers en alignement

En alignement le devers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée.

L'épaisseur du film d'eau est conditionnée par deux types de paramètres :

- Paramètre indépendant de la route : intensité et durée de la pluie.
- Paramètres liés à la route : nature et état du revêtement de surface.

b) Devers vers l'intérieur des courbes

En courbe, le devers 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.

Le devers minimal nécessaire à l'écoulement des eaux en courbes est identique à celui préconisé en alignement droit.

Le devers maximal admissible dans les courbes est essentiellement limité par les

conditions de stabilité des véhicules lents ou l'arrêt, dans des conditions météorologique exceptionnelles.

c) Devers d_{min} et d_{max}

Tableau III.6 : Devers

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

d) Coefficient transversal f_t

Tableau III.7 : Coefficient transversal f_t

V_r	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	/

Coefficient F'' en fonction de la catégorie

Tableau III.8 : coefficient F''

Catégorie	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
F''	0,06	0,06	0,07	0,075	0,075

III.4.6. Pourcentage en alignement droit et en courbe

Historiquement, les tracés routiers rectilignes ont été privilégiés en raison de leur simplicité de conception et de leur optimisation en termes de distance parcourue. Néanmoins, les études en ingénierie routière ont démontré que les longs alignements droits peuvent engendrer des effets négatifs significatifs sur le comportement du conducteur. Parmi ces effets figurent l'éblouissement, la monotonie visuelle susceptible de provoquer une diminution de la vigilance (phénomène de torpeur), ainsi qu'une augmentation excessive de la vitesse, compromettant ainsi la sécurité routière [10].

Par ailleurs, ces configurations rectilignes présentent souvent des limites en matière d'intégration paysagère et d'esthétique, notamment dans les zones naturelles ou sensibles. Afin d'améliorer les conditions de conduite et de renforcer la sécurité, les recommandations

techniques préconisent de remplacer les longs alignements droits par une succession d'alignements plus courts ou par l'introduction de courbes à grand rayon, favorisant une conduite plus dynamique et attentive [11].

Dans ce contexte, le paramètre clé de conception est le pourcentage d'alignements droits sur une section de route donnée. Les guides techniques recommandent de limiter ce pourcentage dans une fourchette comprise entre 40 % et 60 %, afin d'assurer un compromis optimal entre sécurité, confort de conduite et performance géométrique de l'infrastructure.

III.4.7. Déclivités-profil en long

Le profil en long d'une route correspond à la représentation, dans un plan vertical, de la coupe longitudinale du terrain suivant l'axe du tracé. Il permet de décrire les variations altimétriques de l'infrastructure routière et constitue un élément fondamental de la conception géométrique.

Dans la pratique, le profil en long est constitué d'une succession de segments rectilignes, caractérisés par des pentes constantes, raccordés entre eux par des courbes de raccordement verticales. Ces courbes sont généralement de forme parabolique, assurant une transition progressive entre deux déclivités successives et garantissant ainsi le confort et la sécurité des usagers.

Du point de vue terminologique, on distingue deux types de déclivités selon le sens de progression du tracé :

- **La rampe** correspond à une inclinaison ascendante dans le sens du kilométrage, traduisant une augmentation de l'altitude le long de l'axe de la route.
- **La pente** désigne, à l'inverse, une inclinaison descendante dans le sens du kilométrage, correspondant à une diminution de l'altitude.
- **La maîtrise** des déclivités est essentielle dans la conception routière, car elle influence directement les performances des véhicules, la sécurité (notamment en phase de freinage) ainsi que le confort des usagers.

**Chapitre IV : Étude en avant-projet sommaire de la
chaussée existante (APS)**

IV.1. Introduction

L'Avant-Projet Sommaire (APS) constitue une phase déterminante dans le processus de conception d'un projet routier. Il vise à définir les orientations générales du projet à travers l'étude et la comparaison de différentes variantes, en intégrant les contraintes techniques, économiques et environnementales.

Cette étape permet ainsi de dégager une solution optimale servant de base aux études détaillées ultérieures.

IV.2. Objectif de l'APS

L'Avant-Projet Sommaire (APS) a pour objectif de fournir aux décideurs les éléments nécessaires à l'évaluation de la faisabilité du projet et au choix de la variante à retenir pour les études ultérieures, notamment l'Avant-Projet Définitif (APD).

À ce stade, l'APS est généralement accompagnée de documents synthétiques, comprenant des plans simplifiés, des estimations budgétaires préliminaires ainsi qu'une note explicative présentant les principales caractéristiques du projet.

IV.3. L'axe de la chaussée

La figure (IV.1) présente le tracé en plan du tronçon à étudier, qui s'étale du point PK0+000 AU PK4+000 sur une longueur de 4km composé des alignements droit raccordés par des arcs de cercle

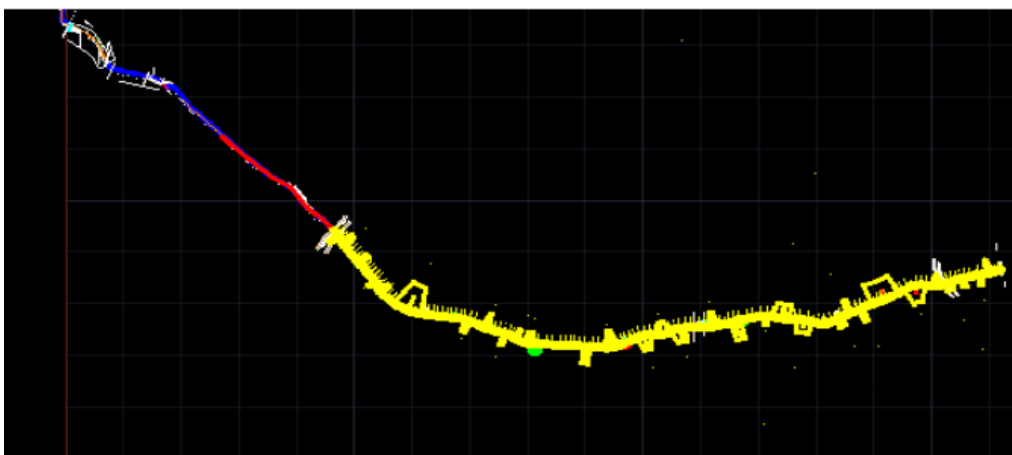


Figure. IV. 1: Levée du tracé en plan du tracé existant

Tableau IV.1: les coordonnées des points au sommet de la route existante

N	X	Y
1	1973,324	5062,715
2	2003,866	4998,66
3	2007,032	4948,665
4	2029,823	4852,765
5	2053,801	4772,514
6	2080,018	4720,038
7	2065,136	4590,481
8	2160,891	4437,354
9	2213,459	4300,329
10	2242,878	4243,897
11	2268,588	4177,93
12	2316,13	4109,606
13	2280,213	4001,813
14	2276,254	3875,456
15	2255,037	3787,859
16	2288,675	3621,864
17	2322,902	3507,522
18	2329,429	3308,879
19	2372,209	3238,341
20	2372,868	3128,352
21	2454,619	2955,229
22	2443,541	2818,084
23	2426,057	2505,609
24	2398,242	2437,824
25	2368,282	2383,582
26	2330,846	2268,036
27	2280,882	2178,591
28	2234,263	1842,962
29	2109,686	1696,831
30	2060,107	1686,522
31	1935,731	1589,913
32	1810,699	1495,138
33	1780,513	1481,269
34	1742,324	1452,401

IV.4.Calcul des Gisements, angles au centre et les distances

$$\Delta X_1 = 2003,866 - 1973,324 = 30,542 \text{ m}$$

$$\Delta Y_1 = 4998,66 - 5062,715 = -64,055 \text{ m}$$

$$\Delta X_2 = 2007,032 - 2003,866 = 3,166 \text{ m}$$

$$\Delta Y_2 = 4948,665 - 4998,66 = -50,001 \text{ m}$$

Distance

$$AS = \sqrt{(XA - XS)^2 + (YA - YS)^2}$$

$$AS_1 = \sqrt{(30,542)^2 + (-64,055)^2} = 70,9637 \text{ m}$$

$$AS_2 = \sqrt{(3,166)^2 + (-50,001)^2} = 50,1011 \text{ m}$$

Gisement

$$G_{BS} = \arctg \left| \frac{\Delta X}{\Delta Y} \right|$$

$$G_{BS1} = \arctg \left| \frac{30,542}{-64,055} \right| = 28,3246 \text{ (grad)}$$

Avec:

($\Delta X > 0$ et $\Delta Y < 0$) (avec gis > 0)

$$G_{BS1} = 200 - 28,3246 = 171,675 \text{ (grad)}$$

$$G_{BS2} = \arctg \left| \frac{3,166}{-50,001} \right| = 4,0256 \text{ (grad)}$$

Avec :

($\Delta X > 0$ et $\Delta Y < 0$) (avec gis > 0)

$$G_{BS2} = 200 - 4,0256 = 195,9744 \text{ (grad)}$$

Angle au centre

$$\beta = G_2 - G_{AS}$$

$$\beta = 195,9744 - 171,675 = 24,2994 \text{ (grad)}$$

Chapitre IV : Étude en avant-projet sommaire de la chaussée existante (APS)

Tableau IV.2: Gisements, Angles au centre et Distances

Direction	ΔX (m)	ΔY (m)	Gisements (gr)	Angle au centre β (gr)	Distances (m)
S1-S2	30,542	-64,055	171,675	24,2991	70,9632
S2-S3	3,1659	-49,9958	195,9744	10,8283	50,0959
S3-S4	22,7913	-95,8998	185,1458	3,6296	98,5709
S4-S5	23,9777	-80,2503	181,5162	11,0131	83,7558
S5-S6	26,2178	-52,4765	170,5031	36,778	58,6614
S6-S7	-14,8826	-129,5566	207,2811	42,8579	130,4086
S7-S8	95,7553	-153,1269	164,4232	12,2561	180,6016
S8-S9	52,5678	-137,0254	176,6794	7,273	146,7628
S9-S10	29,4195	-56,4319	169,4064	6,9355	63,6401
S10-S11	25,7092	-65,9668	176,3419	15,0435	70,7996
S11-S12	47,5423	-68,3243	161,2984	59,1775	83,2375
S12-S13	-35,9171	-107,7933	220,4758	18,4821	113,6197
S13-S14	-3,9585	-126,3567	201,9937	13,1346	126,4187
S14-S15	-21,2171	-87,5974	215,1283	27,8566	90,1303
S15-S16	33,6378	-165,9949	187,2717	5,7877	169,3689
S16-S17	34,2269	-114,342	181,484	16,425	119,3548
S17-S18	6,527	-198,6424	197,9089	32,6157	198,7496
S18-S19	42,7801	-70,538	165,2932	34,3256	82,4969
S19-S20	0,6585	-109,989	199,6189	27,7047	109,991
S20-S21	81,751	-173,1231	171,9141	33,2168	191,4545
S21-S22	-11,0773	-137,145	205,1309	1,5724	137,5916
S22-S23	-17,4847	-312,4755	203,5585	21,2302	312,9643
S23-S24	-27,8141	-67,7846	224,7887	7,3379	73,2692
S24-S25	-29,9607	-54,2424	232,1267	12,1804	61,9668
S25-S26	-37,4353	-115,5456	219,9463	12,4848	121,4586
S26-S27	-49,9644	-89,4448	232,4311	23,6447	102,454
S27-S28	-46,619	-335,6297	208,7864	36,1555	338,8519
S28-S29	-124,577	-146,1308	244,9419	42,0074	192,0251
S29-S30	-49,5794	-10,3086	286,9493	28,9919	50,6397
S30-S31	-124,3753	-96,6089	257,9574	0,751	157,4881
S31-S32	-125,0322	-94,7756	258,7084	13,8742	156,8932
S32-S33	-30,1866	-13,8688	272,5825	13,7902	33,2201
S33-S34	-38,189	-28,8684	258,7923		47,8726
				Σ	4025,777

paramètres des raccordements circulaires :

Tangente

$$S_T = S_{T'} = R \cdot \text{tg } \beta/2$$

$$S_T = S_{T'} = 100 \cdot \text{tg } \frac{24.2994}{2} = 19,319 \text{ grad}$$

Développée

$$D = \frac{\pi \cdot \beta \cdot R}{200}$$

$$D = \frac{\pi \cdot 24.2994 \cdot 100}{200} = 38,169 \text{ m}$$

Bissectrice

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

$$\text{Biss} = 100 \left[\frac{1}{\cos \frac{24.2994}{2}} - 1 \right] = 1,8491 \text{ m}$$

La flèche

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

$$F = R \left(1 - \cos \frac{24.2994}{2} \right) = 1,8156 \text{ m}$$

Tableau IV.3 : Valeur des éléments de raccordements circulaires

Rayon R (m)	β (gr)	Tangente SiTi (m)	Développée (m)	Bissectrice (m)	Flèche (m)
100	24,2991	19,3196	38,169	1,8491	1,8156
160	10,8283	13,6401	27,2144	0,5804	0,5783
450	3,6296	12,8317	25,6564	0,1829	0,1828
250	11,0131	21,6782	43,2482	0,9381	0,9346
80	36,778	23,7732	46,2166	3,4576	3,3143
180	42,8579	62,986	121,1779	10,7019	10,1014
850	12,2561	82,0742	163,641	3,9533	3,935
250	7,273	14,296	28,5609	0,4084	0,4078
250	6,9355	13,6313	27,2356	0,3713	0,3708
200	15,0435	23,7408	47,2605	1,4041	1,3944

Chapitre IV : Étude en avant-projet sommaire de la chaussée existante (APS)

40	59,1775	20,0566	37,1823	4,7467	4,2432
300	18,4821	43,8558	87,0948	3,1886	3,1551
450	13,1346	46,5868	92,8428	2,405	2,3923
100	27,8566	22,2345	43,7571	2,442	2,3838
650	5,7877	29,5671	59,0935	0,6721	0,6714
150	16,425	19,4583	38,7005	1,2568	1,2464
180	32,6157	47,1451	92,2188	6,0717	5,8735
120	34,3256	33,1584	64,7023	4,4969	4,3345
200	27,7047	44,2186	87,037	4,8299	4,716
140	33,2168	37,3755	73,0475	4,9032	4,7373
1200	1,5724	14,8199	29,6383	0,0915	0,0915
150	21,2302	25,2456	50,0225	2,1096	2,0804
150	7,3379	8,6544	17,2896	0,2495	0,249
150	12,1804	14,3936	28,6993	0,689	0,6859
150	12,4848	14,7556	29,4166	0,724	0,7205
120	23,6447	22,5443	44,5691	2,0993	2,0632
300	36,1555	87,5554	170,3786	12,5155	12,0143
80	42,0074	27,3953	52,788	4,5606	4,3147
80	28,9919	18,5377	36,4323	2,1197	2,065
2200	0,751	12,9767	25,9531	0,0383	0,0383
150	13,8742	16,4101	32,6902	0,895	0,8897
150	13,7902	16,31	32,4924	0,8841	0,8789
		ΣRC	1794.271		

Alignement droit L_{AD}

LAD1=	70,9632	_	19,3196	=	51,6436m	
LAD2=	50,0959	_	13,6401	_	19,3196	17,1362 m
LAD3=	98,5709	_	12,8317	_	13,6401	72,0991 m
LAD4=	83,7558	_	21,6782	_	12,8317	49,246 m
LAD5=	58,6614	_	23,7732	_	21,6782	13,21 m
LAD6=	130,4086	_	62,9860	_	23,7732	43,6494 m
LAD7=	180,6016	_	82,0742	_	62,986	35,5414 m
LAD8=	146,7628	_	14,2960	_	82,0742	50,3927 m
LAD9=	63,6401	_	13,6313	_	14,296	35,7128 m
LAD10=	70,7996	_	23,7408	_	13,6313	33,4275 m
LAD11=	83,2375	_	20,0566	_	23,7408	39,4401 m
LAD12=	113,6197	_	43,8558	_	20,0566	49,7073 m
LAD13=	126,4187	_	46,5868	_	43,8558	35,9761 m
LAD14=	90,1303	_	22,2345	_	46,5868	21,3091 m
LAD15=	169,3689	_	29,5671	_	22,2345	117,5673 m
LAD16=	119,3548	_	19,4583	_	29,5671	70,3294 m

LAD17=	198,7496	_	47,1451	_	19,4583=	132,1462 m
LAD18=	82,4969	_	33,1584	_	47,1451=	2,1934 m
LAD19=	109,9910	_	44,2186	_	33,1584=	32,614 m
LAD20=	191,4545	_	37,3755	_	44,2186=	109,8604 m
LAD21=	137,5916	_	14,8199	_	37,3755=	85,3962 m
LAD22=	312,9643	_	25,2456	_	14,8199=	272,8987 m
LAD23=	73,2692	_	8,6544	_	25,2456=	39,3692 m
LAD24=	61,9668	_	14,3936	_	8,6544=	38,9188 m
LAD25=	121,4586	_	14,7556	_	14,3936=	92,3094 m
LAD26=	102,4540	_	22,5443	_	14,7556=	65,154 m
LAD27=	338,8519	_	87,5554	_	22,5443=	228,7522 m
LAD28=	192,0251	_	27,3953	_	87,5554=	77,0744 m
LAD29=	50,6397	_	18,5377	_	27,3953=	4,7068 m
LAD30=	157,4881	_	12,9767	_	18,5377=	125,9737 m
LAD31=	156,8932	_	16,4101	_	12,9767=	127,5064 m
LAD32=	33,2201	_	16,3100	_	16,4101=	0,5 m
LAD33=	47,8726	_	16,31	=		31,5626m

$$L_{AD} = \Sigma \text{Adi } 3997,751\text{m}$$

IV.5. Calcul et vérification du pourcentage des alignements droits dans le tracé

Le tracé rectiligne est considéré comme le tracé le plus court d'une route, mais il présente des inconvénients dans les grands alignements droits parce qu'il cause la fatigue au conducteur (monotone dans la conduite), en même temps ils sont gênants en nuit du fait de l'éblouissement causé par les phares, et encore, ils permettent la conduite avec une vitesse excessive qui peut être la cause des graves accidents.

Donc il est préférable de remplacer les lignes droites par des alignements droits et des courbes, en respectant le pourcentage d'alignement droit qui a compris entre 20% et 60%

$$20\% \leq \frac{L_{AD}}{L_T} \leq 60\%$$

$$20\% < \frac{2203,324}{3997,751} = 55.11 < 60\% \quad \longrightarrow \text{Condition vérifier}$$

IV.6. Calcul vérification du pourcentage des courbes dans le tracé

Le pourcentage des courbes dans une section de route doit être compris entre 40% et 80%

$$40 \% \leq \frac{L_C}{L_T} \leq 80 \%$$

$$40 \% < \frac{1794,427}{3997,751} = 44.89 < 80 \% \longrightarrow \text{Condition vérifier}$$

Tableau IV.4: Récapitulatif des résultats

Paramètre	Symbole	Valeur
Longueur totale des alignements droits mesurée	LAD (m)	2203.324 m
Longueur totale des arcs de cercles calculées	LC (m)	1794.427 m
Longueur totale de tracé mesurée	Lt = Σ LAD- Σ LC (m)	3997,751 m
Pourcentage Des Alignements (%)	LAD/ Lt (%)	55.11
Pourcentage des courbes (%)	LC/ Lt (%)	44.89
Conclusion	Condition vérifié	

► **Dénivelée cumulée moyenne**

Tableau IV.5: dénivelée cumulée moyenne

N°	Distance	Z TN Axe	DN
1		100,347	
2	25,00	99,814	-0,534
3	25,00	99,919	0,105
4	25,00	100,083	0,164
5	25,00	100,257	0,174
6	25,00	100,084	-0,173
7	25,00	99,959	-0,125
8	25,00	100,092	0,132
9	25,00	100,148	0,057
10	25,00	100,417	0,268
11	25,00	100,309	-0,108
12	25,00	99,899	-0,410

Chapitre IV : Étude en avant-projet sommaire de la chaussée existante (APS)

13	25,00	98,555	-1,344
14	25,00	98,382	-0,173
15	25,00	98,371	-0,011
16	25,00	98,781	0,410
17	25,00	99,355	0,573
18	25,00	99,864	0,509
19	25,00	100,187	0,324
20	25,00	101,097	0,910
21	25,00	102,029	0,931
22	25,00	102,750	0,721
23	25,00	103,208	0,458
24	25,00	103,689	0,481
25	25,00	104,147	0,458
26	25,00	104,415	0,268
27	25,00	104,842	0,427
28	25,00	104,980	0,137
29	25,00	105,145	0,165
30	25,00	105,217	0,072
31	25,00	105,166	-0,051
32	25,00	105,388	0,222
33	25,00	105,625	0,237
34	25,00	105,367	-0,258
35	25,00	105,364	-0,003
36	25,00	105,338	-0,026
37	25,00	105,859	0,521
38	25,00	105,446	-0,412
39	25,00	105,399	-0,048
40	25,00	105,727	0,328
41	25,00	106,126	0,400
42	25,00	106,356	0,230
43	25,00	106,021	-0,335
44	25,00	105,957	-0,064
45	25,00	105,926	-0,032
46	25,00	105,426	-0,500
47	25,00	105,806	0,380
48	25,00	106,033	0,227
49	25,00	106,350	0,317
50	25,00	106,359	0,009
51	25,00	106,394	0,035
52	25,00	106,547	0,153
53	25,00	106,723	0,176
54	25,00	106,769	0,046
55	25,00	106,846	0,076
56	25,00	107,184	0,339
57	25,00	107,507	0,322
58	25,00	107,651	0,145
59	25,00	107,798	0,147

Chapitre IV : Étude en avant-projet sommaire de la chaussée existante (APS)

60	25,00	107,827	0,029
61	25,00	107,987	0,160
62	25,00	108,180	0,193
63	25,00	108,370	0,190
64	25,00	108,550	0,180
65	25,00	108,825	0,275
66	25,00	109,067	0,243
67	25,00	109,141	0,073
68	25,00	109,203	0,062
69	25,00	109,133	-0,070
70	25,00	109,102	-0,031
71	25,00	109,199	0,097
72	25,00	109,233	0,033
73	25,00	109,318	0,085
74	25,00	109,251	-0,067
75	25,00	109,077	-0,175
76	25,00	109,400	0,324
77	25,00	109,449	0,049
78	25,00	109,555	0,105
79	25,00	109,640	0,085
80	25,00	109,914	0,274
81	25,00	109,999	0,085
82	25,00	110,138	0,139
83	25,00	110,505	0,367
84	25,00	110,611	0,106
85	25,00	110,977	0,366
86	25,00	111,130	0,152
87	25,00	111,383	0,253
88	25,00	111,515	0,132
89	25,00	111,643	0,129
90	25,00	111,578	-0,065
91	25,00	111,208	-0,370
92	25,00	111,278	0,070
93	25,00	111,304	0,026
94	25,00	111,300	-0,004
95	25,00	111,472	0,172
96	25,00	111,634	0,161
97	25,00	111,642	0,008
98	25,00	111,650	0,008
99	25,00	111,764	0,114
100	25,00	111,932	0,168
101	25,00	112,172	0,240
102	25,00	112,366	0,194
103	25,00	112,453	0,087
104	25,00	112,587	0,134
105	25,00	112,763	0,176
106	25,00	112,801	0,038

Chapitre IV : Étude en avant-projet sommaire de la chaussée existante (APS)

107	25,00	112,922	0,121
108	25,00	112,995	0,074
109	25,00	113,090	0,095
110	25,00	113,180	0,090
111	25,00	113,312	0,132
112	25,00	113,446	0,134
113	25,00	113,542	0,096
114	25,00	113,735	0,193
115	25,00	113,869	0,134
116	25,00	113,985	0,116
117	25,00	114,121	0,136
118	25,00	114,116	-0,005
119	25,00	114,495	0,379
120	25,00	114,545	0,050
121	25,00	114,723	0,178
122	25,00	114,830	0,108
123	25,00	114,925	0,095
124	25,00	115,017	0,091
125	25,00	115,120	0,103
126	25,00	115,249	0,129
127	25,00	115,445	0,196
128	25,00	115,598	0,153
129	25,00	115,689	0,091
130	25,00	115,788	0,099
131	25,00	115,945	0,156
132	25,00	115,928	-0,016
133	25,00	116,261	0,333
134	25,00	116,449	0,188
135	25,00	116,803	0,354
136	25,00	116,961	0,158
137	25,00	117,156	0,195
138	25,00	117,250	0,094
139	25,00	117,329	0,079
140	25,00	117,328	-0,001
141	25,00	117,537	0,209
142	25,00	117,690	0,154
143	25,00	117,829	0,139
144	25,00	117,831	0,002
145	25,00	117,689	-0,142
146	25,00	117,622	-0,066
147	25,00	117,634	0,012
148	25,00	117,667	0,032
149	25,00	117,625	-0,041
150	25,00	117,520	-0,105
151	25,00	117,568	0,048
152	25,00	117,606	0,038
153	25,00	117,717	0,111

Chapitre IV : Étude en avant-projet sommaire de la chaussée existante (APS)

154	25,00	117,618	-0,100
155	25,00	116,795	-0,822
156	25,00	115,950	-0,845
157	25,00	115,474	-0,477
158	25,00	114,746	-0,727
159	25,00	113,651	-1,095
160	25,00	113,612	-0,039
161	22,75	113,597	-0,015
		Total	3997.751
		somme H/L(%)	13.250 0,331

1) Dénivelée cumule moyenne

$$D_c = 0,331 \% < 1.5\%$$

Donc le terrain est plat.

► Calcul de la Sinuosité

Puisque que la topographie le permet, on n'optera pas pour de rayons inférieur ou égale à 200 m

$$L_s = 1041.086$$

$$\sigma = \frac{L_s}{L_t} = \frac{1041.086}{3997.751} = 0.26$$

$$0.1 < 0.26 \leq 0.3$$

Donc selon le tableau de sinuosité (III.4) est **moyenne**

Le terrain : **Plat**.

Donc L'environnement de la route existante est : **E2**

La catégorie de route de notre projet

D'après la norme B40 on a la catégorie : **CAT 3**

► La vitesse de référence

La vitesse de référence est donc en fonction de :

L'environnement **E2** et la Catégorie **3** → $V_r = 80 \text{Km/h}$

► Courbes en plan

a) Le rayon minimal absolu RHM

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

$$\mathbf{RHM} = \frac{Vr^2}{127(Dmax+ft)} = \frac{80^2}{127(0.08+0.15)} = \mathbf{219.10m}$$

b) Le rayon minimal normal RHN

RHN est le rayon minimal absolu relatif à la vitesse de référence immédiatement supérieure

$$\mathbf{RHN} = \frac{(Vr+20)^2}{127(Dmax+ft)} = \frac{(80+20)^2}{127(0.06+0.15)} = \mathbf{374.95m}$$

b) Le rayon au dévers 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

$$\mathbf{RHD} = \frac{Vr^2}{127(Dmax*ft)} = \frac{80^2}{127(2*0.03)} = \mathbf{839.89 m}$$

Le rayon non déversé RHND

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

$$\mathbf{RHND} = \frac{Vr^2}{127(F'-Dmin)} = \frac{80^2}{127(0.07-0.03)} = \mathbf{1259.84m}$$

Tableau IV.6: Récapitulatif des paramètres cinématiques

Dévers	Cat3
dmin	-3%
dmax	8%
ft	0.15
F''	0.07

► **Rayons en plan**

Tableau IV.7: Récapitulatif des rayons.

Rayons en plan	Calculés (m)	Normes B40 (m)
RHm	219.10	220
RHN	374.95	375
RHd	839.89	800
RHnd	1259.84	1200

Partie II. Modernisation de la route
(trace)

Chapitre V: Étude en avant-projet détaillé (APD)

V.1.Introduction

La modernisation d'une infrastructure routière consiste à améliorer les caractéristiques géométriques du tracé, notamment par l'augmentation des rayons des courbes, tout en maintenant des conditions optimales pour les alignements droits. Cette démarche vise à assurer une vitesse de référence de 80 km/h, conformément aux prescriptions du B40 et à la catégorie de route définie préalablement.

À la suite de l'analyse de différentes propositions de tracé et en tenant compte de la topographie du terrain naturel, la solution retenue a permis de définir les nouvelles coordonnées géométriques présentées dans le tableau (V.1).

Tableau V.1 : Les coordonnées des sommets.

N	X	Y
1	1973.3236	5062.7146
2	2135.6855	4458.8330
3	2317.4225	4085.2592
4	2289.2319	3627.3042
5	2482.2056	2767.8048
6	2225.8300	1786.6763
7	1742.3235	1452.4005

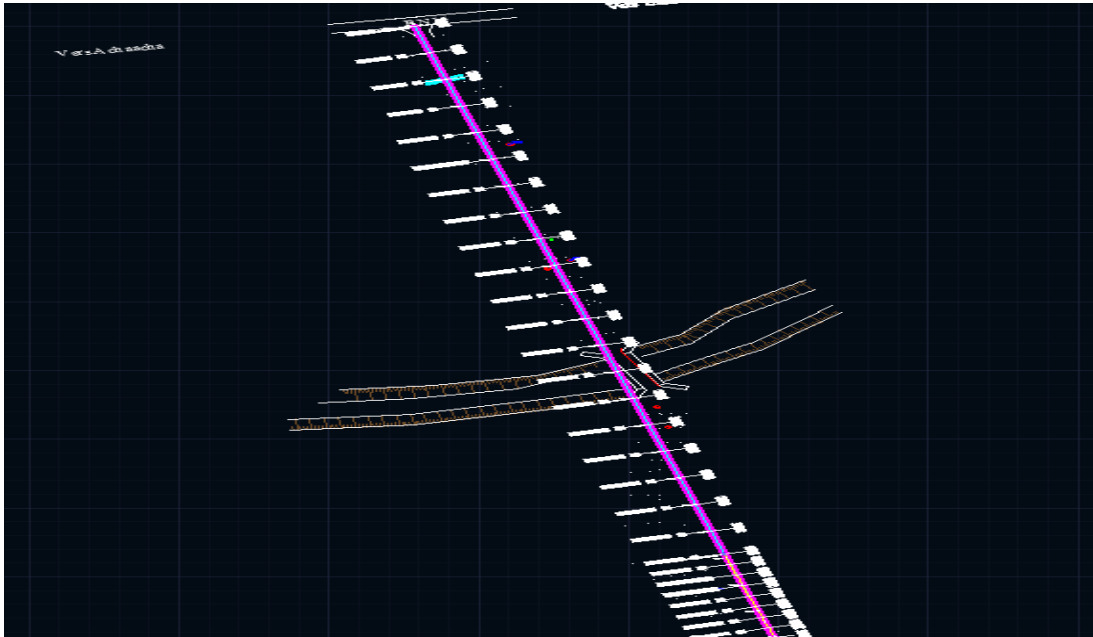


Figure V.1 : Levé du tracé en plan modernisé par évitement

V.2. Calcul du nouveau tracé modernisé

Calcul de Gisements, des angles au centre et des Distances

Tableau V.2: Gisements, Angles au centre et Distances

Direction	$\Delta X(m)$	$\Delta Y(m)$	Gisement (gr)	Angle decentre β (gr)		Distances (m)
S1-S2	162.3619	-603.8816	183.279			625.327
S2-S3	181.737	-373.5738	171.17754	$\beta_1=$	12.1036	415.434
S3-S4	-28.1906	-457.955	203.9139	$\beta_2=$	32.7385	458.822
S4-S5	192.9737	-859.4994	185.9399	$\beta_3=$	17.9741	880.896
S5-S6	-256.3756	-981.1285	216.2715	$\beta_4=$	30.3316	1014.072
S6-S7	-483.5065	-334.2758	261.4907	$\beta_5=$	45.2193	587.808
					$\Sigma=$	3982.359

Calcul des paramètres de raccordements circulaires

Tableau V.3: Valeurs des éléments de raccordements circulaires

Rayon (m)	Angle au centre β (gr)	Longueur de la tangente SiTi (m)	Développée (m)	Bissectrice (m)	Flèche (m)	LAD (m)
680	12.1036	64.8372	129.2836	3.0841	3.0702	560.4902
650	32.7385	170.9163	334.2659	22.0955	21.3691	179.6809
650	17.9741	92.3783	183.5187	6.5310	6.4660	582.1127
850	30.3316	206.4097	404.9805	24.7028	24.0052	362.6091
1200	45.2193	445.053	852.3637	79.8719	74.8874	142.7555
			Σ =1904.4124m			Σ =2023.18m

► Les longueurs de tracé

La longueur totale des alignements droits mesurées LAD

$$AD1 = 625.3274 - 64.8372 = 560.4902\text{m}$$

$$AD2 = 415.4337 - 64.8372 - 170.9163 = 179.6809\text{m}$$

$$AD3 = 458.822 - 92.3738 - 170.9163 = 195.5318\text{m}$$

$$AD4 = 880.8962 - 206.4097 - 92.3738 = 582.1127\text{m}$$

$$AD5 = 1014.0718 - 445.053 - 206.4097 = 362.6091\text{m}$$

$$AD6 = 587.8085 - 445.053 = 142.7555\text{m}$$

$$\text{LAD} = \Sigma AD = 2023.18\text{m}$$

Dénivelée cumulée moyenne

Tableau V.4: dénivelée cumulée moyenne

N°	Distance partielle	Z TN Axe	DN
1	0.00	100.348	
2	25.00	99.755	-0.593
3	25.00	99.581	-0.174
4	25.00	99.930	0.349
5	25.00	100.099	0.169
6	25.00	100.033	-0.065
7	25.00	99.953	-0.080
8	25.00	100.160	0.207
9	25.00	100.175	0.015
10	25.00	100.443	0.268
11	25.00	100.292	-0.152
12	25.00	99.658	-0.634
13	25.00	98.569	-1.089
14	25.00	98.429	-0.140
15	25.00	98.530	0.100
16	25.00	98.758	0.228
17	25.00	99.445	0.687
18	25.00	99.905	0.460
19	25.00	100.061	0.157
20	25.00	100.845	0.784
21	21.54	101.520	0.675
22	10.00	101.833	0.313
23	10.00	102.146	0.313
24	10.00	102.458	0.312
25	10.00	102.769	0.311
26	10.00	103.079	0.309
27	10.00	103.388	0.309
28	10.00	103.656	0.268
29	10.00	103.852	0.196
30	10.00	104.068	0.217
31	10.00	104.280	0.211
32	10.00	104.446	0.166
33	10.00	104.406	-0.039
34	7.75	104.092	-0.314
35	0.77	104.111	0.019
36	0.77	104.131	0.019
37	10.00	104.338	0.208
38	10.00	104.543	0.205
39	10.00	104.507	-0.036
40	10.00	104.457	-0.050
41	10.00	104.387	-0.070
42	10.00	104.422	0.035
43	10.00	104.447	0.025
44	10.00	104.418	-0.029
45	10.00	104.613	0.196

46	10.00	104.612	-0.001
47	10.00	104.612	0.000
48	10.00	104.886	0.274
49	7.75	105.086	0.199
50	25.00	105.582	0.497
51	25.00	105.496	-0.086
52	3.04	105.474	-0.022
53	10.00	105.251	-0.223
54	10.00	105.354	0.103
55	10.00	105.342	-0.012
56	10.00	105.288	-0.054
57	10.00	105.141	-0.147
58	10.00	105.263	0.121
59	10.00	105.304	0.042
60	10.00	105.926	0.622
61	10.00	105.417	-0.509
62	10.00	105.424	0.007
63	10.00	105.445	0.020
64	10.00	105.402	-0.042
65	4.90	105.518	0.116
66	15.00	105.143	-0.375
67	15.00	104.892	-0.251
68	15.00	105.003	0.111
69	15.00	105.132	0.130
70	15.00	105.162	0.030
71	15.00	105.178	0.015
72	14.68	105.237	0.059
73	0.32	105.247	0.011
74	15.00	105.781	0.533
75	15.00	105.953	0.172
76	15.00	105.789	-0.163
77	15.00	105.822	0.033
78	15.00	105.906	0.084
79	15.00	105.985	0.079
80	14.37	106.057	0.072
81	10.00	106.009	-0.048
82	10.00	105.971	-0.038
83	10.00	106.025	0.054
84	10.00	106.076	0.051
85	10.00	106.124	0.048
86	10.00	106.169	0.045
87	10.00	106.212	0.043
88	10.00	106.253	0.041
89	10.00	106.293	0.040
90	10.00	106.332	0.039
91	10.00	106.369	0.038
92	10.00	106.406	0.037
93	4.90	106.424	0.018
94	25.00	106.517	0.092

95	25.00	106.624	0.107
96	20.27	106.771	0.147
97	10.00	106.847	0.075
98	10.00	106.922	0.075
99	10.00	106.997	0.076
100	10.00	107.079	0.082
101	10.00	107.161	0.082
102	10.00	107.242	0.082
103	10.00	107.324	0.081
104	10.00	107.405	0.081
105	10.00	107.486	0.081
106	10.00	107.566	0.081
107	10.00	107.647	0.080
108	10.00	107.725	0.079
109	4.90	107.755	0.029
110	15.00	107.846	0.092
111	14.31	107.967	0.121
112	0.69	107.974	0.006
113	15.00	108.107	0.133
114	13.62	108.274	0.167
115	10.00	108.399	0.125
116	10.00	108.497	0.098
117	10.00	108.593	0.096
118	10.00	108.581	-0.012
119	10.00	108.733	0.153
120	10.00	108.812	0.079
121	10.00	108.805	-0.007
122	10.00	108.848	0.043
123	10.00	108.875	0.027
124	10.00	108.918	0.043
125	10.00	109.049	0.131
126	10.00	109.176	0.127
127	4.90	109.206	0.030
128	25.00	109.184	-0.022
129	25.00	109.242	0.058
130	25.00	109.257	0.016
131	25.00	109.178	-0.079
132	25.00	109.254	0.076
133	25.00	109.330	0.076
134	25.00	109.405	0.076
135	25.00	109.478	0.073
136	25.00	109.709	0.231
137	25.00	109.459	-0.250
138	25.00	109.501	0.043
139	25.00	109.648	0.146
140	25.00	109.892	0.245
141	25.00	110.137	0.245
142	25.00	110.381	0.245
143	25.00	110.626	0.245

144	25.00	110.887	0.261
145	22.90	111.138	0.251
146	10.00	111.246	0.108
147	10.00	111.361	0.116
148	10.00	111.496	0.135
149	10.00	111.559	0.063
150	10.00	111.562	0.003
151	10.00	111.720	0.158
152	10.00	111.815	0.095
153	10.00	111.712	-0.103
154	10.00	111.468	-0.244
155	10.00	111.240	-0.228
156	10.00	111.362	0.122
157	10.00	111.255	-0.107
158	10.00	111.248	-0.007
159	10.00	111.273	0.025
160	2.83	111.284	0.010
161	15.00	111.284	0.000
162	15.00	111.275	-0.008
163	15.00	111.237	-0.038
164	15.00	111.300	0.062
165	15.00	111.425	0.126
166	15.00	111.536	0.111
167	15.00	111.456	-0.080
168	15.00	111.404	-0.052
169	11.08	111.422	0.018
170	3.92	111.430	0.007
171	15.00	111.492	0.063
172	15.00	111.569	0.077
173	15.00	111.637	0.068
174	15.00	111.706	0.069
175	15.00	111.774	0.069
176	15.00	111.925	0.150
177	15.00	112.117	0.192
178	15.00	112.264	0.147
179	7.15	112.293	0.029
180	10.00	112.336	0.044
181	10.00	112.390	0.053
182	10.00	112.435	0.045
183	10.00	112.469	0.034
184	10.00	112.606	0.137
185	10.00	112.755	0.149
186	10.00	112.768	0.013
187	10.00	112.757	-0.011
188	10.00	112.718	-0.038
189	10.00	112.717	-0.002
190	10.00	112.754	0.037
191	10.00	112.799	0.045
192	10.00	112.740	-0.060

193	10.00	112.715	-0.025
194	2.83	112.809	0.095
195	25.00	113.093	0.283
196	25.00	113.065	-0.028
197	25.00	113.397	0.333
198	25.00	113.337	-0.061
199	25.00	113.422	0.085
200	25.00	113.351	-0.072
201	25.00	113.645	0.294
202	25.00	113.868	0.223
203	5.76	113.881	0.013
204	10.00	113.929	0.048
205	10.00	113.977	0.048
206	10.00	114.025	0.048
207	10.00	114.074	0.048
208	10.00	114.122	0.048
209	10.00	114.171	0.049
210	10.00	114.219	0.049
211	10.00	114.268	0.049
212	10.00	114.321	0.052
213	10.00	114.375	0.055
214	10.00	114.431	0.056
215	10.00	114.487	0.056
216	10.00	114.544	0.057
217	10.00	114.603	0.059
218	10.00	114.663	0.060
219	10.00	114.724	0.061
220	9.71	114.784	0.060
221	15.00	114.880	0.096
222	15.00	114.979	0.099
223	15.00	115.084	0.105
224	15.00	115.184	0.100
225	15.00	115.224	0.040
226	15.00	115.344	0.120
227	15.00	115.448	0.104
228	15.00	115.507	0.059
229	15.00	115.587	0.080
230	15.00	115.743	0.156
231	15.00	115.736	-0.007
232	15.00	115.657	-0.079
233	15.00	115.585	-0.072
234	15.00	115.676	0.091
235	15.00	115.853	0.177
236	15.00	115.941	0.088
237	15.00	116.029	0.088
238	15.00	116.117	0.089
239	15.00	116.207	0.089
240	15.00	116.296	0.090
241	15.00	116.387	0.090

242	15.00	116.477	0.091
243	11.33	116.546	0.069
244	3.67	116.568	0.022
245	15.00	116.660	0.092
246	15.00	116.752	0.092
247	15.00	116.844	0.092
248	15.00	116.937	0.093
249	15.00	117.030	0.093
250	15.00	117.083	0.053
251	15.00	117.127	0.044
252	15.00	117.165	0.038
253	15.00	117.198	0.033
254	15.00	117.224	0.027
255	15.00	117.246	0.021
256	15.00	117.298	0.052
257	15.00	117.366	0.068
258	15.00	117.428	0.062
259	15.00	117.483	0.055
260	15.00	117.541	0.058
261	15.00	117.549	0.008
262	15.00	117.589	0.040
263	15.00	117.487	-0.102
264	15.00	117.404	-0.083
265	15.00	117.446	0.042
266	15.00	117.524	0.078
267	7.66	117.507	-0.016
268	10.00	117.551	0.043
269	10.00	117.626	0.075
270	10.00	117.721	0.095
271	10.00	117.721	-0.001
272	10.00	117.705	-0.016
273	10.00	117.424	-0.281
274	10.00	117.085	-0.340
275	10.00	116.770	-0.315
276	10.00	116.265	-0.505
277	10.00	116.003	-0.263
278	10.00	115.822	-0.181
279	10.00	115.585	-0.237
280	10.00	115.364	-0.221
281	10.00	115.199	-0.166
282	10.00	114.932	-0.267
283	10.00	114.555	-0.377
284	9.71	114.074	-0.480
285	25.00	113.575	-0.500
286	25.00	113.613	0.038
287	7.55	113.597	-0.016
Total	3927.591	Σ DN	13.250
H/L(%)			0.337

Calcul de la déclivité moyenne

$$\frac{H}{L} = \frac{\left| \sum_{P_i > 0} P_i \ell_i + \sum_{P_i < 0} P_i \ell_i \right|}{L}$$

Avec: $\Sigma \text{Dist} = L_T = 3927.591 \text{ m}$

$L_s = \Sigma D (R \leq 200 \text{ m})$.

$$DC = \left| \frac{13.2496}{3927.591} \right| = 0.337 \% < 1,5 \%. \text{Donc le terrain est plat}$$

Calcul de la sinuosité

$$\sigma = \frac{L_s}{L_T} = \frac{0}{3927.9} = 0 \implies \text{Sinuosité faible}$$

Le terrain : Plat, La sinuosité : Faible. Donc L'environnement de la route existante est : **E1**

Tableau V.5 : Récapitulatif des résultats

Paramètre	Symbole	Valeur
Longueur totale des alignements droits mesurée	$L_{AD} \text{ (m)}$	2023.18
Longueur totale des arcs de cercles calculées	$L_C \text{ (m)}$	1904.411
Longueur totale de tracé mesurée	$L_t = \Sigma L_{AD} - \Sigma L_C \text{ (m)}$	3927.591
Pourcentage Des Alignements (%)	$L_{AD}/L_t \text{ (\%)}$	52
Pourcentage des courbes (%)	$L_C/L_t \text{ (\%)}$	49
Conclusion	Condition vérifié	
Sinuosité faible σ (%)	0.00 < 0.10	
Dénivelée Dc (%) terrain plat	0.337 < 1.5	
Environnement	E1	

➤ **Rayons en plan****Tableau V.6:** Récapitulatif des rayons

Rayons en plan	Calculés (m)	Normes B40 (m)
RHm	219.10	220
RHN	374.95	375
RHd	839.89	800
RHnd	1259.84	1200

▶ **Le 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

Chapitre VI : Raccordement progressif

VI.1 Introduction

Le fait que le tracé soit constitué d'alignement et d'arc ne suffit pas, il faut donc prévoir des raccords à courbure progressif, qui permettent d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires. En effet, lorsqu'un véhicule passe d'une trajectoire rectiligne (rayon infini) à une courbe de rayon constant, il subit brusquement une force centrifuge importante, nécessitant une manœuvre instantanée difficile, limitée uniquement par la largeur de la chaussée. Ce passage est nécessaire pour assurer

- Stabilité transversale des véhicules.
- Confort des passages en véhicules.
- Transition de la forme de la chaussée.

Tracé élégant, souple fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant. [12].

-

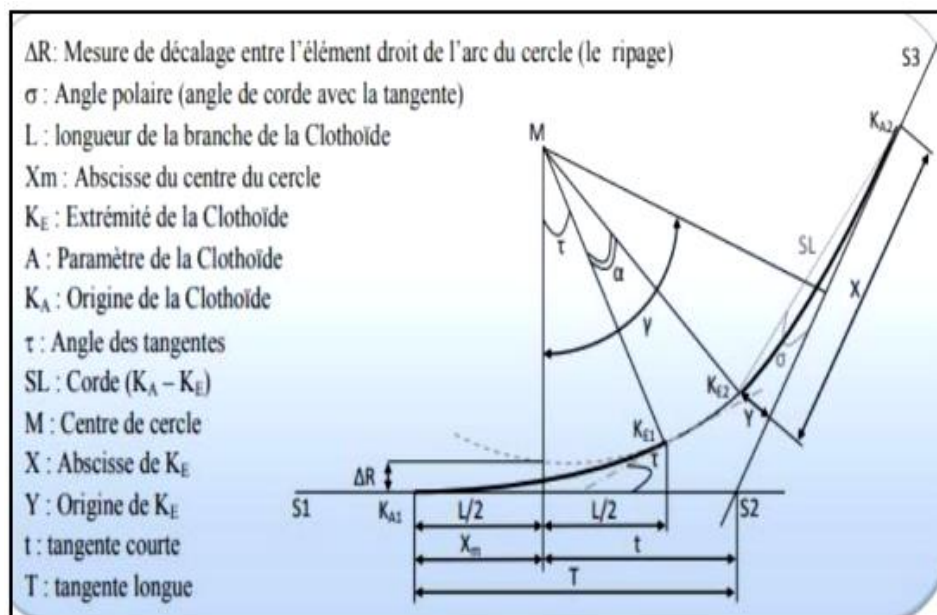


FIGURE.VI. 1:Les éléments de la clothoïde

VI.2. Propriétés de la clothoïde

La clothoïde est une Spirale dont le rayon de courbure diminue continuellement de l'infini à point asymptotique nul, avec une courbure linéaire par rapport à la longueur d'arc. À vitesse constante, elle assure une variation régulière de l'accélération transversale,

améliorant grandement le confort des usagers.

- **Expressions de la clothoïde**

La courbe K est proportionnelle à l'abscisse curviligne (ou longueur de l'arc)

(figure 6.2)

$$K = C.L = 1/R$$

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

$$A = \sqrt{RL}$$

(VI.1)

C'est -à- dire que pour le paramètre A choisi, le produit de la longueur L et du rayon R est constant

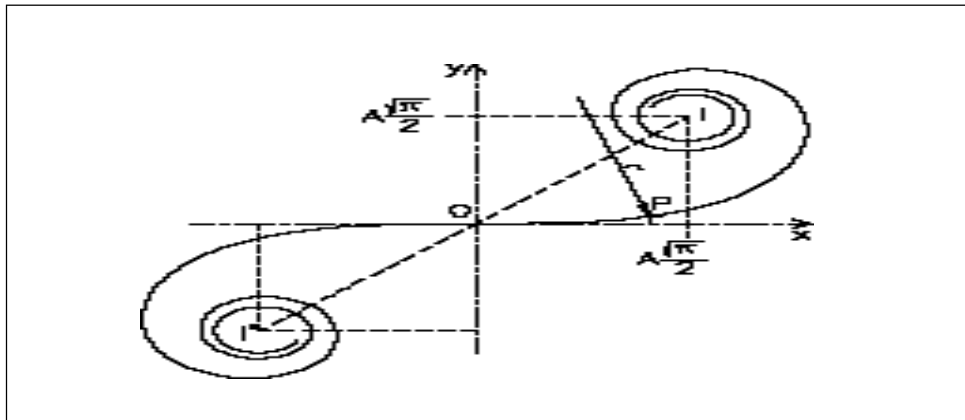


FIGURE.VI. 2:schéma de la clothoïde

Le calcul des caractéristiques de ces raccords courbure progressive permet de respecter les conditions de stabilité du véhicule, et de confort dynamique des usages. 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.

- **La longueur des raccords progressifs**

C'est une combinaison de plusieurs conditions de natures différentes, parmi ces conditions les trois principales sont :

La condition de confort dynamique :

La condition de confort dynamique a pour objectif d'assurer une transition progressive entre le dévers et la courbure, de manière à garantir la stabilité des véhicules ainsi qu'un niveau de confort satisfaisant pour les usagers.

Elle consiste notamment à limiter, par unité de temps, la variation des sollicitations transversales exercées sur les véhicules lors de leur circulation, afin d'éviter toute variation brusque susceptible d'affecter la sécurité et la tenue de route

$$L1 \geq \left(\frac{Vr^2}{127 R} - \Delta d \right) \quad (\text{VI.2})$$

- **La condition confort Optique**

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

$$L2 \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \quad (\text{VI.3})$$

- **Condition de gauchissement**

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

$$L3 \geq L \cdot \Delta d \cdot Vr \quad (\text{VI.4})$$

L : longueur de raccordement.

l : largeur de la chaussée

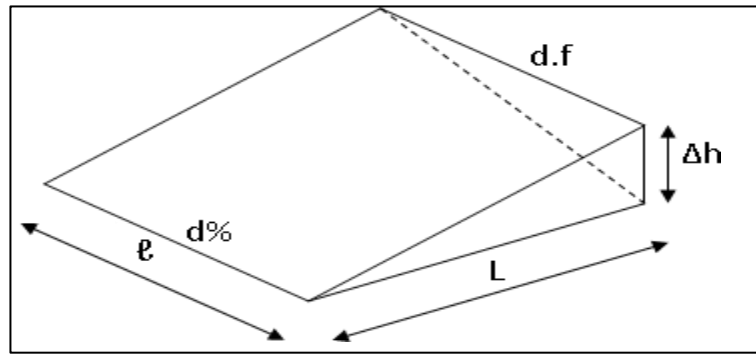


FIGURE.VI. 3:Condition de gauchissement.

VI.3. Vérification de non chevauchement :

Tableau VI.1: Vérification de non chevauchement

Cas de l'angle	Schémas représentative	Nature de la Clothoïde
1 er cas $\tau = \beta/2$		Sans arc de cercle
2ème cas : $\tau < \beta/2$		Avec arc de cercle.
3ème cas : $\tau > \beta/2$		impossible

Tableau VI.2: Formule de calcul des éléments de la clothoïde

Longueur de la clothoïde	L
Paramètre de la clothoïde (m)	$A = \sqrt{R \cdot L}$
Angle des alignements droits	$\alpha = 200 - \beta$
Angle au centre (Raccordement circulaire)	β
Angle des tangentes	$\tau = \frac{L}{2R}$
Angle Polaire	$\sigma = \arctg \frac{Y_{KE}}{X_{KE}}$
Angle au centre Partie circulaire	$\gamma = 200 - \alpha - 2\tau$
Longueur de la partie circulaire	$D = \frac{\pi R \gamma}{200}$
Abscisse de l'extrémité de la clothoïde	$X_{KE} = L - \frac{L^3}{40 R^4}$
Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde.	$Y_{KE} = L^2 / 6 R$
Longueur de la corde KA-KE	$SL = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2}$
Abscisse du centre	$X_O = X_{KE} - R \sin \tau$
Ordonnées du centre	$Y_O = Y_{KE} + R \cos \tau$
Distance KAO	$KAO = \sqrt{X_O^2 + Y_O^2}$
Ripage	$\Delta R = L^2 / 24 R$
Développée totale	$DT = 2L + D_{\text{cercle}}$
Tangente longue	$T_L = X_{KE} - (Y_{KE} / \cos \tau)$
Tangente courte	$T_K = Y_{KE} / \sin \tau$

➤ Calcul des raccordements progressifs du tracé modernisé

Tableau VI.3 : Données principales

Vitesse de référence Vr	D max	D min	Δ R	L	β
80 Km/h	8.00 %	-3.00 %	1m	7 m	12.1036

1) Calcul de la longueur la clothoïde : Virage N°1 pour le R : 680 m

a. Condition d'optique exemple pour un rayon :

$$L_1 \geq \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R} \quad L_1 \geq \sqrt{24 \cdot 680 \cdot 1} \quad L_1 \geq 127.750 \text{ m}$$

b. Condition dynamique : .

$$L_2 = \frac{Vr^2}{18} \left(\frac{Vr^2}{127 \cdot R} - \Delta d \right); L_2 = \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127 \cdot 680} - 0.11 \right); L_2 \geq 12.761 \text{ m}$$

Avec : $\Delta d = d_{max} - d_{min} \quad \Delta d = 8 - (-3) = 11 \%$

c. Condition de gauchissement

$$L_3 \geq L \cdot \Delta d \cdot Vr = 7 \times 0.11 \times 80 = 61.6 \text{ m} \quad ; \quad L_3 \geq 61.6 \text{ m}$$

d. Longueur de clothoïde

$$L = \text{Max}(L_1, L_2, L_3) = 127.750 \text{ m}$$

e. Vérification du gauchissement

$$\tau = \frac{L}{2R} = \frac{127.750}{2 \cdot 680} = 5.978 \text{ gr} < \frac{\beta}{2} = \frac{12.1036}{2} = 6.052$$

➡ Il ya une clothoïde avec cercle .

Tableau VI.4 suivants résument les longueurs calculées des clothoïdes

	Conditions				L max (m)	L choisie (m)	$\beta i/2$ (gr)	Observations
	Gauchissement	Confort dynamique	Optique	Non Chevauchement				
N° Virage	L1 (m)	L2 (m)	L3 (m)	τ gr				
1	127,76	61.6,m	12.761	5,978	127,76	128	6,018	Non chevauchement
2	124,9	61.6	11.545	6,112	124,9	125	16,368	Non chevauchement
3	124,9	61.6	11.545	6,112	124,9	125	8,987	Non chevauchement
4	142,89	61.6	18.031	5,348	142,88	143	15,116	Non chevauchement
5	169,706	61.6	24.180	4,501	169,757	170	22,61	Non chevauchement

Calcul des éléments de la clothoïdes**Paramètres A :**

$$A^2 = R \times L$$

$$A = \sqrt{R \times L} = \sqrt{680 \times 128} = 295,025 \text{ m}$$

$$R / 3 < A < R / 2 \Rightarrow 226 \text{ m} < 295,025 \text{ m} < 340 \text{ m} \longrightarrow \text{condition vérifiée}$$

Calcul de l'Angle au centre « β »

$$\beta = 200 - \alpha = 200 - 187,8964 = 12,1036 \text{ gr}$$

Calcul de l'angle au centre partie circulaire

$$\gamma = 200 - \alpha - 2\tau = 200 - 187,8964 - 2 \times 5,978 = 0,1476 \text{ gr}$$

Calcul des coordonnées de " K E " :

$$X_{KE} = L - (L^3 / 40 R^2)$$

$$X_{KE} = 128 - (128^3 / 40 \times 680^2) = 127,999 \text{ m}$$

Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde

$$Y_{KE} = L^2 / 6 R \Rightarrow Y_{KE} = 128^2 / 6 \times 680 = 4,0157 \text{ m}$$

Angle polaire " σ " :

$$\sigma = \text{arc t g } Y_{KE} / X_{KE} = \text{arc t g } (4,0157 / 127,999) = 0,0344 \text{ gr}$$

Calcul de l'arc de cercle " Dc " :

$$Dc = \frac{\pi R \gamma}{200} = \frac{3,14 \times 680 \times 0,1476}{200} = 1,5766 \text{ m}$$

Calcul de la corde « S L " :

$$S_L = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2} = \sqrt{127,999^2 + 4,0157^2} = 128,063 \text{ m}$$

Calcul les coordonnées du centre :

$$X_0 = X_{KE} - R \sin \tau = 127,999 - 680 \times \sin \tau$$

$$X_0 = 64,2403 \text{ m}$$

$$Y_0 = Y_{KE} + R \cos \tau = 4,0157 + 680 \times \cos \tau$$

$$Y_0 = 681,0129 \text{ m}$$

Distance KAO

$$KAO = \sqrt{X_2^2 + Y_2^2} = \sqrt{127,999^2 + 4,0157^2} = 684,0431$$

Ripage de cercle :

$$\Delta R = L^2/24R \Rightarrow \Delta R = 128^2 / 24 \times 680 = 1,003 \text{ m}$$

Calcul de la développée totale " D_T " :

$$D_T = D_C + 2L \Rightarrow D_T = 1,5766 + (2 \times 128) = 131,133 \text{ m}$$

Calcul les tangentes " T_L "e "T_K":

$$T_L = X_{KE} - (Y_{KE} / \cos \tau) = 127,999 - (4,0157 / \cos \tau) = 123,9666 \text{ m}$$

$$T_K = Y_{KE} / \sin \tau = 4,0157 / \sin \tau = 42,8276 \text{ m}$$

Tableau VI.5 : Valeur des éléments de clothoïdes

Paramètre		Virage 1	Virage 2	Virage 3	Virage 4	Virage 5
R	Rayon (m)	680	650	650	850	1200
L (m)	Longueur de la clothoïde (m)	128	125	125	143	170
A = $\sqrt{(R \times L)}$	Paramètre de la clothoïde (m)	295,025	285,044	285,044	348,64	451,664
α (gr)	Angle au centre (gr)	187,8964	167,2615	152,0219	169,668	154,78
$\beta = 200 - \alpha$	Angle au sommet (gr)	12,1036	32,7385	47,9781	30,332	45,219
δ	Angle au centre Partie circulaire (gr)	0,1476	20,5145	51,7507	19,631	36,2173
X _{KE}	Abscisse de l'extrémité de la clothoïde(m)	127,999	124,999	125	142,999	169,999
Y _{KE}	Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde(m)	4,0157	4,0064	4,0064	4,0096	4,0139
σ	Angle Polaire	0,0344	0,0221	0,0321	0,0286	0,0361
D _c	Long, de la partie circulaire (m)	1,5766	209,4167	58,709	269,74	682,66
SL	Longueur de la corde KA-KE (m)	128,063	125,0642	125,0642	143,069	170,0474
X ₀	Abscisse du centre (m)	64,2403	62,6912	62,6912	71,684	85,2288
Y ₀	Abscisse du centre (m)	681,0129	651,0131	651,0131	851,0126	1201,019
KAO	Distance Ka-centre (m)	684,0431	654,0247	654,0247	854,0263	1204,302
DR	Ripage (m)	1,003	1,002	1,002	1,002	1,003

DT	Développée totale (m)	131,133	543,993	242,319	667,34	1531,36
TK	Tangente courte (m)	42,8276	41,7944	41,7944	41,8278	56,8198
TL	Tangente Longue (m)	123,9666	120,951	120,951	138,9762	165,976

- **Variation du dévers dans la clothoïde :**

Selon la variation du dévers et la longueur de la clothoïde on peut déterminer le dévers relatif à un point quelconque de la clothoïde

- **Méthode de calcul des dévers en clothoïde :**

Cette méthode consiste à déterminer la distance (x) entre le début de la clothoïde et le profil en travers et déterminer son dévers.

VI.4. Application au projet :

Clothoïde

$$R = 680 \text{ m} , L = 128\text{m} , d_{(R)} = 8 \% , d_{\min} = 3\% , d = 11\%$$

- **1^{ère} branche de clothoïde :**

- **Devers du bord extérieur :**

L'équation élémentaire de la droite :

$$Y = a \cdot x + b \quad Y = b = d_{\min} = 3\%$$

- **Devers extérieur**

$$d_{ext} = \left(\frac{\Delta d}{L} \times x \right) - 3$$

Pour : P = (X = 0)

$$\longrightarrow d_{ext} \left(\frac{11}{128} \times 0 \right) - 3 = 3\%$$

Pour : P = (X = 10)

$$\longrightarrow d_{ext} = \left(\frac{11}{128} \times 10 \right) - 3 = 2.14\%$$

- **Devers du bord intérieur**

$$d_{int} = \begin{cases} d_{min} \text{ si } : x < \frac{6l}{\Delta d} \\ d_{ext} \text{ si } : x > \frac{6l}{\Delta d} \end{cases}$$

$$\longrightarrow \frac{6l}{\Delta d} = \frac{6 \times 128}{11} = 69.82 \approx 70\text{m}$$

Tableau VI.6 : Variation de devers pour le rayon 650 m

Profil	xi (m)	dext (%)	dint (%)
KA1	0	-3	-3
P1	10	-2.14	-2.14
P2	20	-1.28	-1.28
P3	30	-0.42	-0.42
P4	40	0.44	0.44
P5	50	1.3	1.3
P6	60	2.16	2.16
P7	70	3.02	3.02
P8	80	3.88	3.88
P9	90	4.73	4.73
P10	100	5.59	5.59
P11	110	6.45	6.45
P12	120	7.31	7.31
KE1	128	8	8

➤ Donc à partir de cette distance 128 m  $d_{int} = d_{ext}$



Chapitre VII: Profil en long

VII.1. Introduction

La conception du profil en long constitue la deuxième étape du projet et aussi la deuxième pièce graphique dans l'élaboration et la conception d'un projet routier. Le repérage des profils en travers sont effectués dans le tracé en plan, avec deux coordonnées principales qui sont : la distance des profils (tout les 50 m dans les alignements droits et tout les 50 m (20 m et parfois 10 m) selon la topographie du terrain).

Le profil en long représente une coupe longitudinale du terrain suivant un plan vertical passant le long de l'axe de la route.

Il se compose de segments de droites de déclivités en rampe et en pente et de raccordements verticaux circulaires, ou paraboliques. 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 couramment utilisée est la parabole qui facilite l'implantation des points du projet. [13].

Les principaux paramètres du choix des caractéristiques d'un profil en long sont les suivants :

- Nécessité de s'adapter en relief du terrain naturel.
- Nécessité d'écouler les eaux pluviales.
- Eviter les rampes minimales car la stagnation des eaux sur une chaussée est très préjudiciable à la conservation.
- Choisir des rayons de courbure de telle manière à satisfaire les trois conditions suivantes.
 - Condition de la visibilité.
 - Condition d'écoulement des eaux.

Dans les angles saillant la condition de visibilité nécessaire importants.

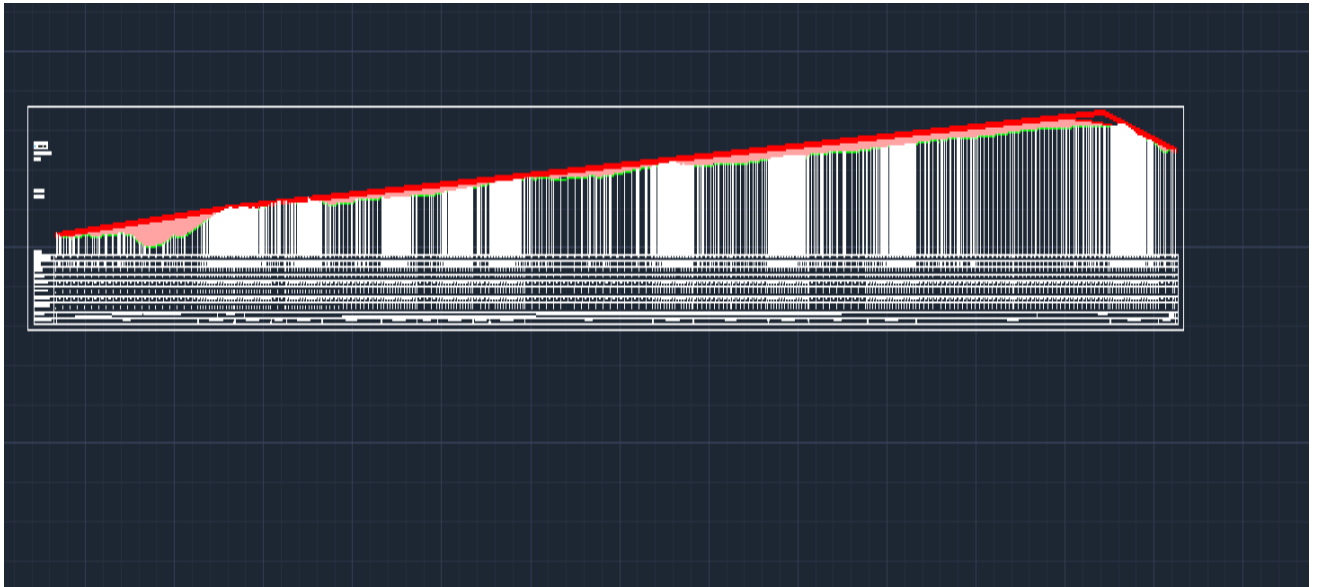


FIGURE.VII. 1:profil en long de notre projet.

VII.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long

Pour tracer un profil en long, il est indispensable de :

- ✓ Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- ✓ Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- ✓ Rechercher un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- ✓ Eviter une hauteur excessive en remblai.
- ✓ 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 de dévers nul dans une pente du profil en long

VII.3. Les éléments de composition du profil en long

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

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

a) Les alignements

Les alignements sont des segments droits caractérisés par leurs déclivités.

b) Déclivité

On appelle d'une route, la tangente des segments de profil en long avec l'horizontal, elle prend le nom de pente pour des descentes et rampe pour les montées.

VII.3.1. Déclivité minimale

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.

VII.3.2. Déclivité maximale

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

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à 1500 m.

TableauVII.1 : La déclivité du projet maximum

V _r (Km/h)	40	60	80	100	120	140
I _{max} %	8	7	6	5	4	4

Remarque :

L'augmentation excessive des rampes provoque ce que suit :

- Effort de traction est considérable.
- Consommation excessive de carburant.
- Faible vitesse.
- Gène des véhicules.

VII.4. 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 raccordements.

► **La vitesse de référence**

La vitesse de référence est donc de fonction de :

L'environnement **E1 : Catégorie3** → $V_r = 80 \text{ Km/h}$

VII.5. Détermination des paramètres cinématiques

Tableau VII.2 Récapitulatif des paramètres cinématique

Dévers	Cat3
Dmin	-3.0%
Dmax	8.0%
Ft	0.15
F''	0.07

a) Raccordements Convexes (Angle Saillant)

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angles saillants sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part

Condition de confort

$$Rv = \frac{D_i^2}{2(h_0 + h_1 + 2 \times \sqrt{h_0 \times h_1})} \quad (\text{VII.1})$$

Avec :

- D_i : distance d'arrêt (m)
- h_0 : hauteur de l'œil (m)
- h : hauteur de l'obstacle (m)
- **Rayon minimal absolu**

Pour les chaussées bidirectionnelles, les valeurs retenues pour le rayon minimal absolu assurent pour un œil placé à 1.10m de hauteur, la visibilité d'un véhicule de 1.20m de hauteur à la distance de visibilité de manœuvre de dépassement $d_{md}(v)$.

$$RV_m = b \cdot dmd$$

(VII.2)

- **b = 0.11** pour les catégories 1 et 2
- **b = 0.09** pour les catégories 3, 4 et 5
- **dmd** : la distance de visibilité de manœuvre de dépassement correspond à une vitesse de 80km/h.

$$RV_m = 0.09 \times 200^2 = \mathbf{3600m}$$

Les rayons minimaux normaux sont obtenus par application de mêmes relations pour la vitesse $V = V_r + 20 = \mathbf{100km/h}$

$$RV_m = 0.09 \times 300^2 = \mathbf{8100m}$$

• **Rayon minimal normal**

Les valeurs retenues pour les rayons minimaux absolus (B40 ,1972) sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau VII.3 : Valeurs des Rayons verticaux en angle saillant Cat 3-4-5.

	V _r (Km/h)	40	60	80	100	120
	Rayon	40	60	80	100	120
Chaussée Unidirectionnelle (4 voies ou 2x2 voies)	RV _{m1}	250	800	2000	4500	10000
	RVN ₁	800	2000	4500	10000	15000
Chaussée Bidirectionnelle (2 ou 3 voies)	RV _{m2}	450	1300	3500	8000	16000
	RVN ₂	1300	3500	8000	16000	16000
	RVD	2300	5000	9000	16000	27000

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.

Les rayons minimaux des raccordements paraboliques en angle rentrant doivent satisfaire la condition de confort suivant :

Le véhicule abordant un angle rentrant doit avoir une limitation de l'accélération aux sets

suyvants :

- **Rayon minimal absolu**

$$R_{V_{\min}} = 0.23 V_r^2 \quad \text{pour (3-4-5)} \quad \text{(VII.3)}$$

Avec :

- **R_{Vm}**: rayon vertical (m)
- **V_r** : vitesse référence (Km/h)
- **R_{Vm} = 0.23 V_r² = 0.23 x 80² = 1472m**

- **Rayon minimal normal**

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

$$R_{V_n} = 0.23 (V_r^2 + 20) \quad \text{pour cat (3-4-5)} \quad \text{(VII.4)}$$

$$R_{V_n} = 0.23 (80^2 + 20) = 2300\text{m}$$

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

Tableau VII.4: Rayons concaves (angle rentrant)

	V _r Rayon	40	60	80	100	120
CAT 1-2	R'Vm	500	1200	1400	3000	4200
	R'VN	1200	2400	3000	4200	6000
CAT 3-4-5	R'Vm	500	1100	1600	2400	3500
	R'VN	1100	1600	2400	3500	4500

→ Les rayons choisies $R_{V_m} = 1600\text{m}$ $R_{V_n} = 2400\text{m}$

A decorative rectangular frame with rounded corners and a double-line border, containing the chapter title.

Chapitre VII : Profil en travers

VIII.1. Introduction

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée.

Un projet routier comporte le dessin d'un grand nombre de profils en travers, pour éviter de rapporter sur chacun de leurs dimensions, on établit tout d'abord un profil unique appelé « profil en travers type » contenant toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeurs des voies, chaussées et autres bandes, pentes des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation des eaux etc....) [14].

VIII .2. Les éléments constitutifs du profil en travers

Le profil en travers se constitue des éléments suivants :

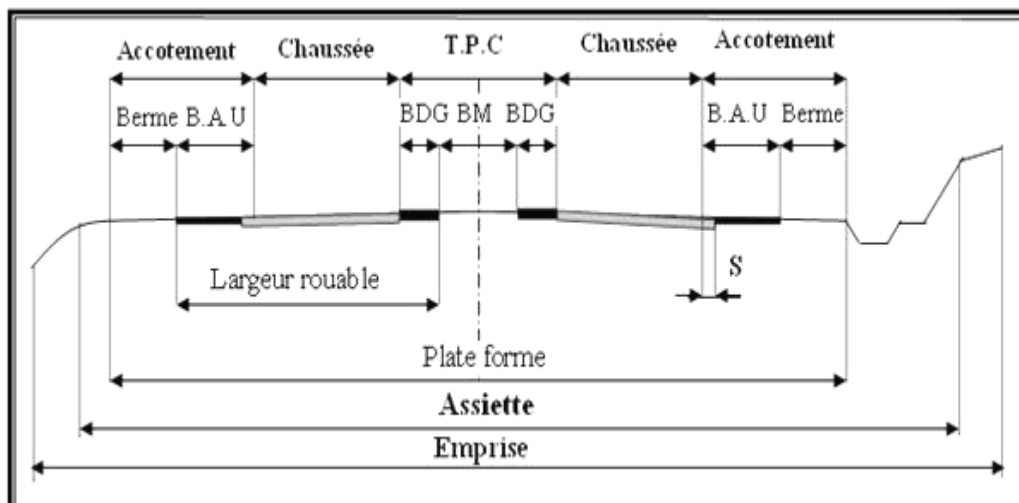


FIGURE. VIII. 1:les éléments constitutifs du profil en travers

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 rouable

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

c) La plate-forme

C'est la surface de la route située entre les fossés ou les crêtes des 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 (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc...), 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.

g) Le terre-plein central

Le T.P.C assure la séparation des deux sens de circulation, 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.

i) Le talus

Le talus est l'inclinaison de terrain qui dépend de la cohésion des sols qui le constitue. Cette inclinaison exprimée par une fraction (A/B) telle que :

A : la distance sur la base du talus.

B : la hauteur du talus

En terre de moyenne cohésion, l'inclinaison de talus est de (3/2) pour les remblais et (1/1) Pour les déblais.

j) La largeur de la chaussée

La largeur de la chaussée dépend surtout de l'importance de la circulation à écouler.

La largeur du gabarit des véhicules étant de 2.50 m, cette même largeur constitue un minimum. Pour la largeur d'une voie Sur les routes à circulation intense et rapide, une

largeur de voie de 2.50m est insuffisante, il faut au moins 3 m et mieux encore 3.50 m pour que les véhicules

De tous Gabarits qui puissent se croiser et se dépasser en toute sécurité. La largeur de voie peut être réduite à 3m (exceptionnellement 2.50 m) sur les routes peu fréquentées.

k) La largeur de la chaussée

La largeur de la chaussée dépend surtout de l'importance de la circulation à écouler. La largeur du gabarit des véhicules étant de 2.50 m, cette même largeur constitue un minimum. Pour la largeur d'une voie Sur les routes à circulation intense et rapide, une largeur de voie de 2.50m est insuffisante, il faut au moins 3 m et mieux encore 3.50 m pour que les véhicules

De tous Gabarits qui puissent se croiser et se dépasser en toute sécurité. La largeur de voie peut être réduite à 3m (exceptionnellement 2.50 m) sur les routes peu fréquentées.

VIII.3. Différents types de profil

Il existe trois types de profils en travers :

- Les profils en remblai.
- Les profils en déblai.
- Les profils mixtes.

VIII.4. Le profil en travers type du projet

Le profil en travers retenu pour le projet est défini de manière à assurer les conditions optimales de sécurité, de confort et de fonctionnalité de la route. Il se compose des éléments suivants :

- ✓ Deux chaussées à deux voies, de largeur unitaire de 3,50 m, soit une largeur totale de chaussée de 7,00 m ;
- ✓ Des accotements de 2,00 m de part et d'autre, représentant une largeur totale de 4,00 m ;

- Un dévers minimal de 3 % et un dévers maximal de 8 % ;
- Une pente de talus en remblai de 3/2 ;
- Une pente de talus en déblai de 1/1.

Ce profil en travers permet d'assurer une bonne évacuation des eaux de surface, une stabilité des talus ainsi qu'un niveau de sécurité satisfaisant pour les usagers

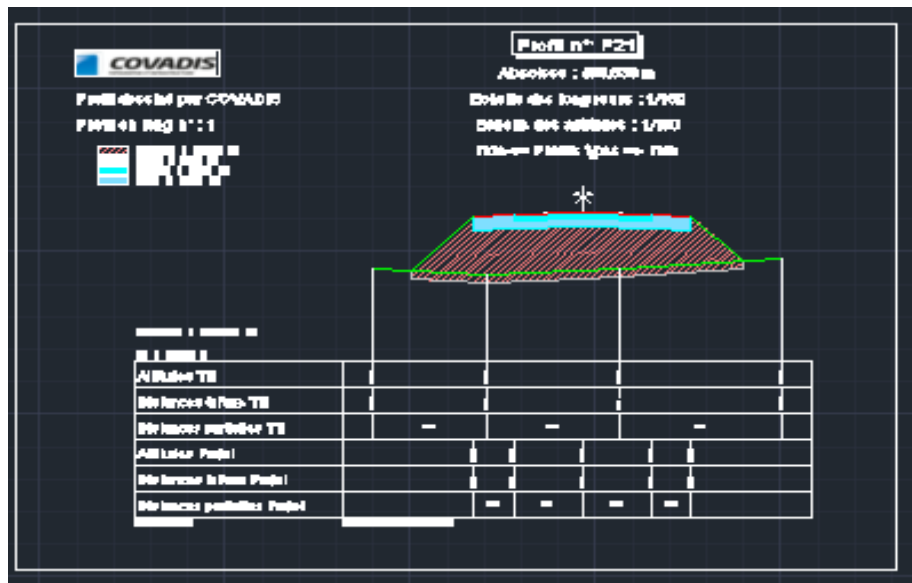


FIGURE. VIII. 2:profil en travers de notre projet



***Chapitre IX : Dimensionnement
du corps de chaussée***

IX.1. Introduction

Le dimensionnement d'une structure de chaussées consiste à satisfaire à moindre coût et dans des bonnes conditions de confort et de sécurité, des objectifs (durée de vie souhaitée de l'ouvrage) sous un certain nombre de paramètres (trafic, climat, matériaux locaux et politiques d'entretien).

Pour cela la qualité de la construction des chaussées, passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, lui permettant de résister aux agressions des agents extérieurs (L'environnement de la route et le climat essentiellement), et aux surcharges d'exploitations (trafic). [14]

IX.2. Principe de la constitution des chaussées

La chaussée constitue un ouvrage destiné principalement à assurer la répartition des charges induites par le trafic routier vers le terrain de fondation. Elle doit permettre une circulation rapide, sûre et confortable, tout en limitant l'usure prématurée des véhicules.

Pour répondre à ces exigences, la surface de roulement doit conserver sa stabilité et ne pas subir de déformations sous l'effet de différentes sollicitations, notamment :

- Les charges transmises par les véhicules ;
- Les chocs dynamiques liés à la circulation ;
- Les actions climatiques (intempéries) ;
- Les efforts de cisaillement générés par le trafic.

IX.3. Différents types de structures de chaussée

La chaussée est une surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules, elle est constituée d'un ensemble des couches des matériaux superposées les unes sur les autres qui permettent la reprise des charges. Son rôle est d'une part de répartir les charges mécaniques au sol support, et d'autre part de résister aux effets nocifs des agents atmosphériques de déformation du sol ou liés aux trafics. On distingue trois (3) types de chaussée : les chaussées rigides, les chaussées semi rigide et les chaussées souples.

IX.3.1. Chaussée rigide :

Une chaussée rigide se compose d'une dalle en béton de ciment fléchissant élastiquement sous les charges, reposant sur un sol compacté, une mince fondation de pierre ou de gravier concassé, ou sur une fondation stabilisée. Ce type de chaussée a pour avantage, une grande

dureté, une bonne répartition des charges sur le sol support, une imperméabilité et l'utilisation d'un nombre réduit de matériaux.

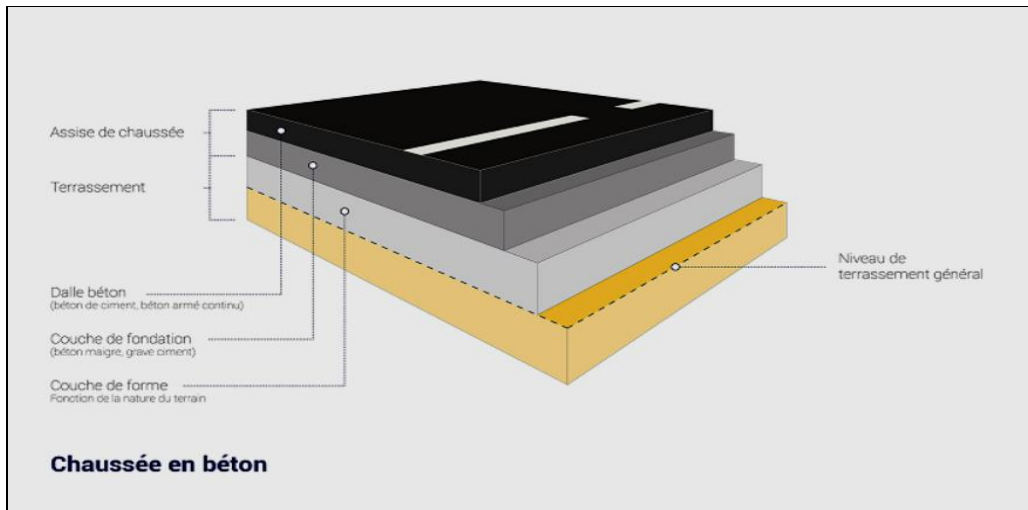


FIGURE. IX. 1:Chaussée rigide

IX.3.2. Chaussée semi rigide :

Elle comporte une couche de surface bitumineuse reposant sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques disposés en une ou deux couches.

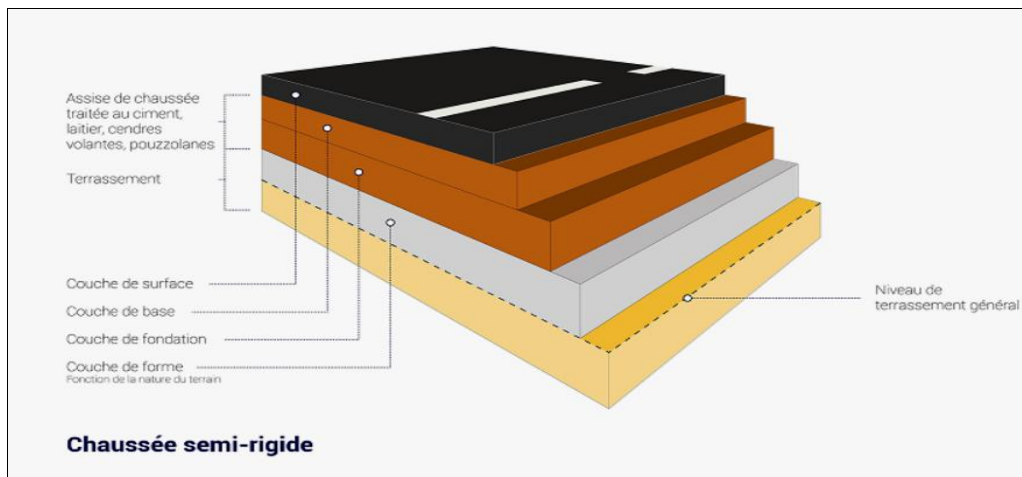


FIGURE. IX. 2:chaussée semi rigide

IX.3.3. Chaussée souple :

Elle est la plus utilisée car elle offre des bonnes qualités mécaniques et est constituée par un ensemble de couches à base de bitume. Ainsi, pour une assurance parfaite et un confort idéal, ce type de chaussée exige généralement pour sa construction trois (3) couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminer, ayant chacune un rôle aussi bien défini.

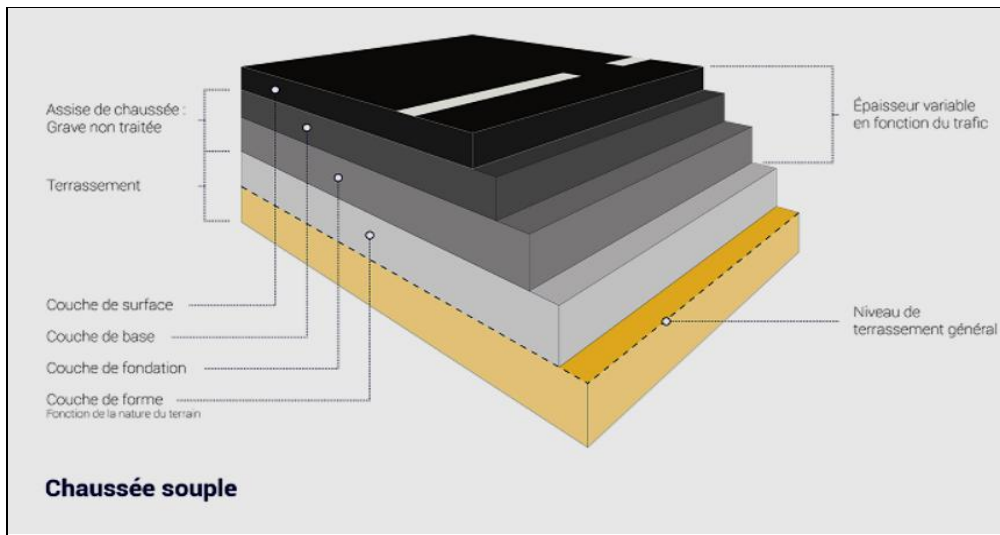


FIGURE. IX. 3:chaussée souple

IX.3.3.1. Couche de surface :

C'est la dernière couche de la chaussée en partant du bas vers le haut et qui est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqué par la circulation. Son rôle est de résister aux efforts des charges dynamiques et de transmettre les charges verticales à la base, mais aussi d'imperméabiliser la surface de chaussée. Elle comporte deux parties : une couche de roulement et une couche de liaison. L'épaisseur de la couche de surface varie généralement de 6 à 8 cm.

IX.3.3.2. Couche de base :

Elle est située immédiatement sous la couche de surface, elle reprend les efforts verticaux et repartie les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes. Elle permet d'augmenter la stabilité et la rigidité de la fondation. Son épaisseur varie entre 10 et 25 cm.

IX.3.3.3. Couche de fondation :

Elle constitue avec la couche de base le corps de la chaussée. Faite complément en matériaux non traité, son rôle est le même que celui de la couche précédente (couche de base).

Il peut éventuellement exister des sous couches de fondation :

- **Sous-couches anticapillaires** : Pour s'opposer à la remontée capillaire d'une nappe.
- **Sous-couche drainante** : Pour drainer les eaux d'infiltration. Elle est faite de (gros gravier + sable).

- **Sous-couche anti-contaminant** : Pour empêcher la pénétration des éléments fins au cours du compactage et quand la chaussée sera en service.

IX.3.3.4. Une éventuelle couche de forme :

Cette couche n'est pas obligatoirement prévue pour toutes les chaussées souples. Son rôle à court terme est d'augmenter la portance du sol support, ou d'aplanir et niveler la plateforme en cas de sol rocheux. L'épaisseur de cette couche varie en générale entre 40 et 70 cm.

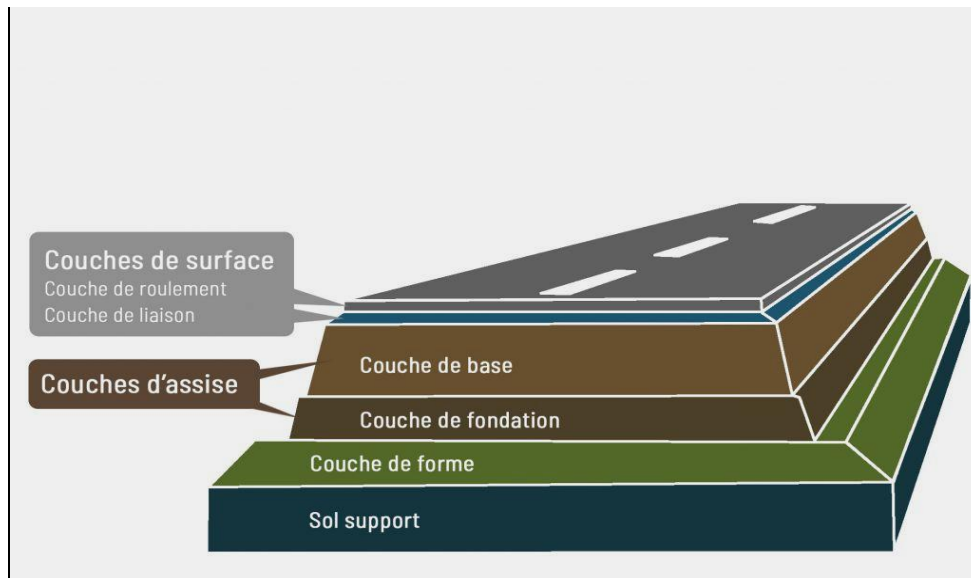


FIGURE. IX. 4: Coupe transversale de chaussée

IX.4. Dimensionnement de la chaussée :

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

IX.4.1. Le trafic :

Le trafic de conception est principalement composé de poids lourds (véhicules de plus de 6,5 tonnes). Il est utilisé comme paramètre d'entrée pour le dimensionnement des structures de chaussée et la sélection des propriétés intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée. Il semble nécessaire de caractériser le trafic en fonction de deux paramètres :

Trafic Poids Lourds "T" à la Mise en Service, Résultats des Etudes de Trafic et de Comptage sur les Voies Existantes.

$$N = (1 + \tau)^n \times N_i$$

N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

τ : Taux de croissance du trafic.

n : nombre d'années de service (durée de vie) de la chaussée.

IX.4.2. Environnement :

Le climat et l'environnement ont une influence considérable sur les bonnes performances des chaussées en termes de résistance aux contraintes et à la déformation, ainsi les changements de température peuvent affecter le choix du liant bitumineux, et le taux d'humidité du sol support en termes de précipitations en relation avec les conditions de drainage. Par conséquent, l'un des paramètres cruciaux du dimensionnement ; la teneur en humidité des semelles détermine leurs propriétés, les propriétés et l'état du matériau d'asphalte.

IX.4.3. Le sol support :

La structure de la chaussée s'appuie sur un ensemble d'ensembles appelés "plates-formes support de chaussée", qui sont constitués de sols naturellement en terrasses, qui peuvent être recouverts d'une couche si nécessaire.

Ces 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 forma.

Tableau IX.1 : Classes du sol en fonction de l'indice CBR

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

IX.5. Dimensionnement du corps de chaussée

En générale, on distingue 3 groupes de méthodes, les plus répondues :

- ✓ Méthodes théoriques : sont des méthodes utilisées pour une recherche théorique.
- ✓ Méthodes empiriques : elles se bornent à une classification des sols et des types de chaussées (expérimentalement).

✓ Méthodes semi-empirique : elles combinent entre les résultats théoriques et les essais de laboratoires.

IX.5.1. Méthode de C.B.R

Elle est basée sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol de la plate – forme sur la quelle doit être construite la chaussée étudiée.

Cette méthode tient compte de la résistance au poinçonnement suivant l’essai C.B.R du sol de fondation et d’autre part sur l’hypothèse de « BOUSSINESQUE ».

Pour la répartition en profondeur ; des pressions verticales d’un massif homogène semi – infini, cette pression qui s’exerce sur le sol de fondation doit être inférieure à la résistance de poinçonnement « I » du sol donné par l’essai C.B.R.

L’épaisseur est donnée par la formule suivante :

$$e = \frac{100 + (\sqrt{P})(75 + 50 \cdot \log N / 10)}{ICBR + 5} \quad \text{(VII.2)}$$

e : Epaisseur équivalente de la chaussée (cm)

P : Charge de la roue maximale (tonnes).

ICBR : Indice de CBR.

N : Nombre moyen journalier de camion

IX.5.2. Notion d’épaisseur équivalente

La notion de l’épaisseur équivalente est introduite pour tenir compte des qualités mécaniques différentes des couches et l’épaisseur équivalente d’une couche est égale à son épaisseur réelle multipliée par un coefficient numérique « a » appelé coefficient d’équivalence. L’épaisseur équivalente de la chaussée est égale à la somme des épaisseurs équivalentes des couches :

$$e = \sum_{i=1}^n a_i \cdot e_i$$

$$e = (a_1 \cdot e_1) + (a_2 \cdot e_2) + (a_3 \cdot e_3) \quad \text{(VIII.3)}$$

- $a_1 \cdot e_1$: couche de roulement.
- $a_2 \cdot e_2$: couche de base.
- $a_3 \cdot e_3$: couche de fondation.

Les valeurs usuelles du coefficient d'équivalence suivant le matériau utilisé sont données dans le tableau IX.2

Tableau IX.2 : Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau

Matériaux utilisées	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux-enrobé dense	2,00
Grave bitume	1,70
Grave ciment-grave laitier	1,50
Sable ciment	1,00 à 1,20
Grave concassée ou gravier	1,00
Grave roulée-grave sableuse-T.V. O	0,75
Sable	0,50
Grave bitume	1,60 à 1,70
Tuf	0,60

IX.6. Application au projet :

○ **Matériaux**

En fonction de l'étude géotechnique faite par la DTP de MOSTAGANEM, les matériaux proposés pour la section standard sont

- Couche de roulement en BB
- Couche de base en GC
- Couche de fondation en TVO.

○ **Données de l'étude pour le trafic**

Chaussée bidirectionnelle à une (01) voie,

- Le trafic à l'année d'origine 2023 : TJMA = 1600 (uvp/j).
- Année de mise en service 2026 ; TJMA 2026 = 1852 (uvp/j)
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 5\%$
- Le pourcentage moyen de poids lourds $Z = 35\%$
- La durée de vie estimée de 10ans

ICBR = 7 (la moyenne obtenue d'après l'étude géotechnique), sol appartient à la classe (S3)

● **Répartition de trafic :**

Calcul du trafic du VPL a l'année de comptage :

$$N_0 = \text{TMJA } 20223 * \% \text{ PL}$$

$$N_0 = 1600 \times 0,35 = 560 \text{ (uvp)/j}$$

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

$$N_1 = N_0 \times (1 + \tau)^3 = 560 \times (1 + 0.05)^3 = 648.27 \text{ (uvp/j)}$$

● **Calcul du trafic du VPL a l'année horizon :**

$$N_{10} = N_1 \times (1 + \tau)^{10} = 648.27 \times (1 + 0.05)^{10} = 1055.96 \text{ uvp/j}$$

● **Calcul d'épaisseur:**

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

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 * \log \frac{1055.96}{10})}{7 + 5}$$

$$e = 45.76 = 46 \text{ cm}$$

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche :

couche de roulement en béton bitumineux (BB) :

$$e_1 = 2 \text{ cm} ; a_1 = 2.00 \quad e_1 \times a_1 = 8 \text{ cm}$$

couche de base en Grave Bitume (GNT):

$$e_2 = 15 \text{ cm} ; a_2 = 1 \quad e_2 \times a_2 = 15 \text{ cm}$$

couche de fondation en TUF :

$$e_3 = 25 \text{ cm} ; a_3 = 0.75 \quad e_3 \times a_3 = 18.75 \text{ cm Donc :}$$

Après la vérification, la structure proposée est comme suit :

Tableau IX.3 : l'épaisseur de chaque couche

Les couches	Matériaux utilisés	Epaisseur réelle (cm)	Epaisseur équivalente (cm)
couche de roulement	BB	6	12
couche de base	GC	15	15
couche de fondation	TVO	25	18.75
	Somme	46	45.75
	E	46	

Notre structure comporte : **6 BB + 15 GC +25 TVO**

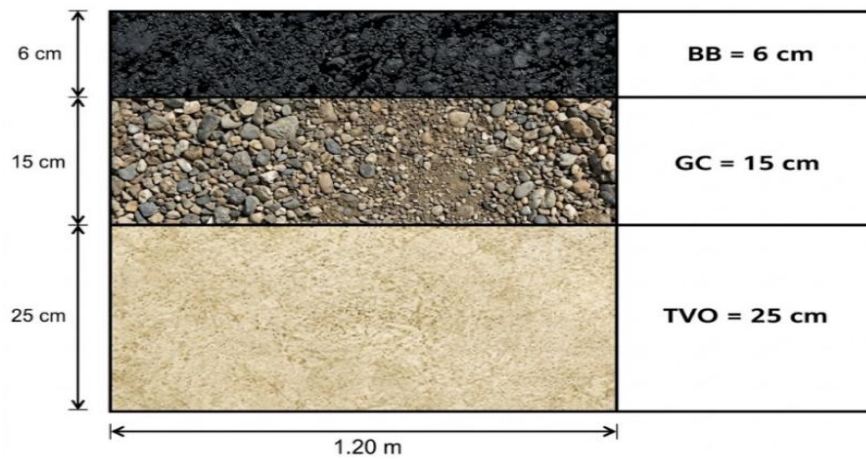


FIGURE. IX. 5:Différentes couches du corps de chaussée

Chapitre X : Étude cinématique

X.1. Introduction

L'étude cinématique, sont des paramètres relatifs à la considération du mouvement des véhicules sur la route, ces paramètres déterminent les caractéristiques nécessaires au tracé du projet. Elle a pour but de déterminer les paramètres cinématiques nécessaire à l'évaluation de la visibilité qui conditionne le comportement de l'utilisateur sur la route.

X.2.Distance de freinage

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

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

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{Vr^2}{(f_{rl} \pm i)} \tag{X.1}$$

Avec :

Vr : vitesse de référence Vr = 80Km/h

g : accélération de la pesanteur = 10 m/s²

f : coefficient de frottement .

i : rampe ou pente.

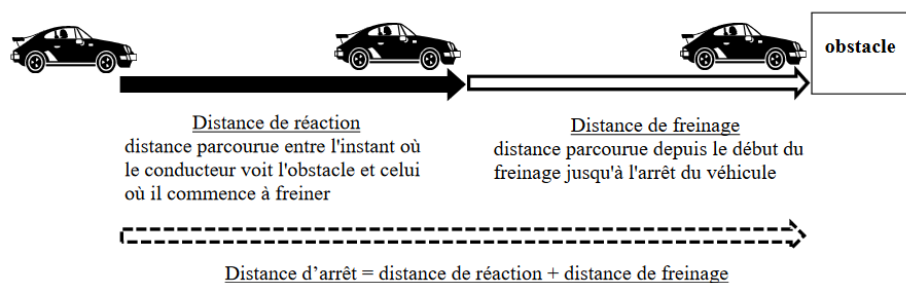


FIGURE.X. 1:distance de freinage

Figure X.1 : distance de freinage

○ En palier :

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{Vr^2}{f_{rl}}$$

○ En rampe :
$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v_r^2}{(f_{rl}-e)}$$

○ En pente :
$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{v_r^2}{(f_{rl}+e)}$$

Tableau X.1: coefficient de frottement longitudinal

Vr (Km/h)		40	60	80	100	120	140
F _{rl}	Catégorie 1-2	0,45	0,42	0,39	0,36	0,33	0,30
	Catégorie 3-4-5	0,49	0,46	0,43	0,40	0,36	/

Pour notre projet on a $f_{rl} = 0.43$.

X.3.Temps de réaction :

Souvent l'obstacle est imprévisible et le conducteur a besoin d'un temps pour réaliser la nature de l'obstacle ou du danger qui lui apparaît. Ce temps est en général appelé **temps de perception** du conducteur, il diffère d'une personne à une autre et varie en fonction de l'état psychique et physiologique.

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

❖ **Dans une attention concentrée :**

- $t = 1.2$ s pour un obstacle imprévisible
- $t = 0.6$ s pour un obstacle prévisible

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

Catégorie 3-4-et5 (normes B40)

- $t = 2 \text{ s}$ pour des vitesses $\leq 80 \text{ Km/h}$
- $t = 1.8 \text{ s}$ pour des vitesses $> 80 \text{ Km/h}$

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

Avec : $d_1 = v \cdot t$

v : vitesse en m/s

t : temps en seconde

X.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.X. 2:La distance d'arrêt

En alignement droit :

o Pour $V_r \leq 80$ Km/h et quand $t = 2$ s : $d_1 = d_0 + 0.56 \times V_r$

o Pour $V_r > 80$ Km/h et quand $t = 1.8$ s : $d_1 = d_0 + 0.50 \times V_r$

• 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.

o Pour $V_r \leq 80$ Km/h et quand $t = 2$ s : $d_1 = 1,25 \times d_0 + 0.56 \times V_r$

o Pour $V_r > 80$ Km/h et quand $t = 1.8$ s : $d_1 = 1,25 \times d_0 + 0.50 \times V_r$

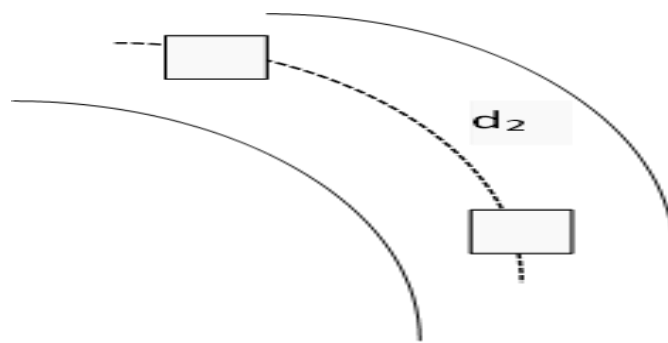


FIGURE.X. 3:Distance d’arrêt en courbe

X.5.Distance de visibilité de manœuvre de dépassement

C’est la distance de visibilité permettant en sécurité au véhicule dépassant d’abandonner en freinant ou de poursuivre en accélérant une manœuvre de dépassement amorcée dans l’hypothèse où le véhicule adverse freine.

Valeurs retenues (voir tableau X.2)

Tableau X.2 : Distance de visibilité de manœuvre de dépassement.

		V _r (km/h)				
		40	60	80	100	120
Toutes Catégories	Distance de visibilité et de dépassement					
	▪ Minimale d _m (m)	150	250	325	425	550
	▪ Normale d _N (m)	250	350	500	625	800
	Distance de visibilité de manœuvre de Dépassement d _{md}	70	120	200	300	425

X.6.Distance de sécurité entre véhicules

C'est la distance de sécurité, nécessaire entre deux véhicules qui se suivent pour éviter toute collision. Il suffit que l'intervalle soit supérieur à la distance parcourue pendant le temps de perception et de réaction.

X .7. Application au projet :

1-Distance de freinage

En Rampe : P₁ = 0,68%

$$D_0 = 0.04 \frac{Vr(Km/h)}{g(fl_i)} = 0.04 \frac{80^2}{10(0.43 - 0.0068)} = 59.53m$$

En pente : P₂ = -2,42 %

$$D_0 = 0.04 \frac{Vr(Km/h)}{g(fl_i)} = 0.04 \frac{80^2}{10(0.43 - 0.0242)} = 63.085 m$$

2-Distance d'arrêt en alignement droit (d1) :

Pour d₀ = 59.53 m → d₁ = 0,50 (80) + 59.53 = **99.53 m**

Pour d₀ = 63.085 m → d₁ = 0,50 (80) + 63.085 = **103.085 m**

3-Distance d'arrêt en courbes (d2) :

Pour d₀ = 59.53 m → d₂ = 1,25 x 59.53 + 0,50 (80) = **114.41 m**

Pour d₀ = 63.085 m → d₂ = 1,25 x 63.085 + 0,50 (80) = **118.86 m**

X.8.Distance de visibilité de dépassement 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

	Déclivité		d0 (m) freinage	d1 (m) (d'arrêt)	d2 (m)
				En alignement droit	D'arrêt en courbe
1	Rampe	0,68%	59.53	99.53	114.41
2	Rampe	0,5%	59,46	99,46	114,325
3	Pente	-2,42 %	63.085	103.085	118.86

celui-ci amorce sa manœuvre il ne croise le véhicule inverse qu'après l'exécution de la manœuvre. Valeurs retenues (voir tableau X.3)

Tableau X.3 : Récapitulatif des résultats

Vr(Km/h)	40	60	80	100	120	140
	4v	4v	4v	4.2v	4.6v	5v

Distance de visibilité et de dépassement Minimale (m)	160	240	320	420	550	700
Distance de visibilité et de dépassement Normale(m)	6v	6v	6v	6.2v	6.6v	7v
	240	360	480	620	790	980
Distance de visibilité de Manœuvre de dépassement (m)	70	120	200	300	425	

Tableau X.4 : Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (B40)

- **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 de dépassement.

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

Vr	dvdm	dvdn	dmd
80 Km/h	320	480	200 m



Chapitre XI : Calcul des terrassements
(cubatures)

XI.1. Introduction :

Les mouvements de terre, ou terrassements, désignent l'ensemble des opérations visant à modifier la morphologie du terrain naturel afin d'adapter le sol à l'implantation des ouvrages de génie civil. Systématiquement représentés sur les profils en long et en travers, ces travaux se décomposent en deux phases complémentaires : les déblais (extraction des matériaux en excédent) et les remblais (apport et compactage de matériaux). Le calcul des volumes correspondants, communément appelé cubature des terrassements, permet de quantifier précisément les mouvements de terres nécessaires pour atteindre les côtes du projet définies par la ligne de projet (ou ligne rouge). Cette évaluation repose sur trois données fondamentales : le profil en long, les profils en travers, et l'espacement entre ces profils. Afin de garantir une modélisation géométrique fiable et une estimation rigoureuse des volumes, les relevés topographiques doivent présenter un maillage de points suffisamment dense pour que l'interpolation entre ces points reproduise fidèlement la réalité du terrain, en minimisant les écarts avec la surface naturelle.

XI.2. Méthode de calcul des cubatures :

Le calcul précis des volumes de déblais et de remblais constitue une étape fondamentale dans la conception et l'optimisation économique d'un projet routier. Plusieurs méthodes, de complexité croissante, permettent d'évaluer ces cubatures à partir des données topographiques et géométriques du projet.

XI.2.1. Méthode sarraus :

Dans le cadre de cette étude, le calcul des volumes de déblais et de remblais a été réalisé selon la méthode de SARRAUS, approche simplifiée couramment utilisée dans les projets routiers de linéaire modéré. Cette méthode repose sur le principe de décomposition du tronçon routier en segments élémentaires compris entre deux profils en travers successifs, permettant une estimation rapide et fiable des mouvements de terres

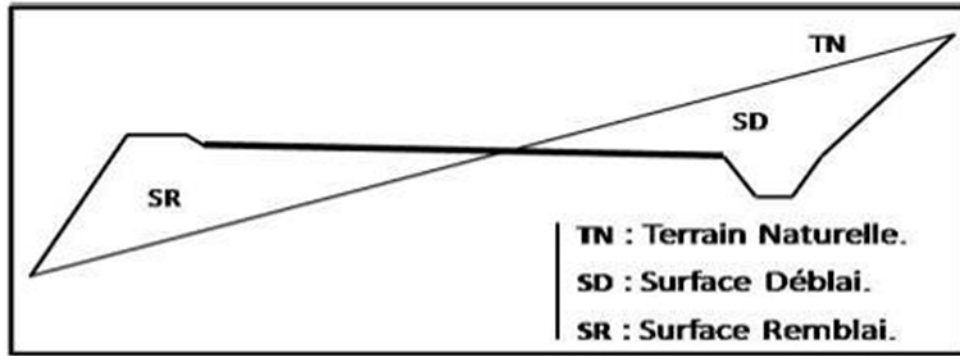


FIGURE. XI. 1: Profil en travers mixte.

A)- Formule De Mr SARRAUS :

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

$$S_{\text{moy}} = \frac{(S_1 + S_2)}{2} \quad (\text{XI.1})$$

Description De La Méthode :

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

$$V = \frac{L}{6} (S_1 + S_2 + 4 \times S_{\text{MOY}}) \quad (\text{XI.2})$$

Où L, S₁, S₂ et S₀ désignant respectivement :

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

Surface limitée à mi-distances des profils.

Ici à la figure (XI.2) on adopte pour des profils en long d'un tracé donnés.

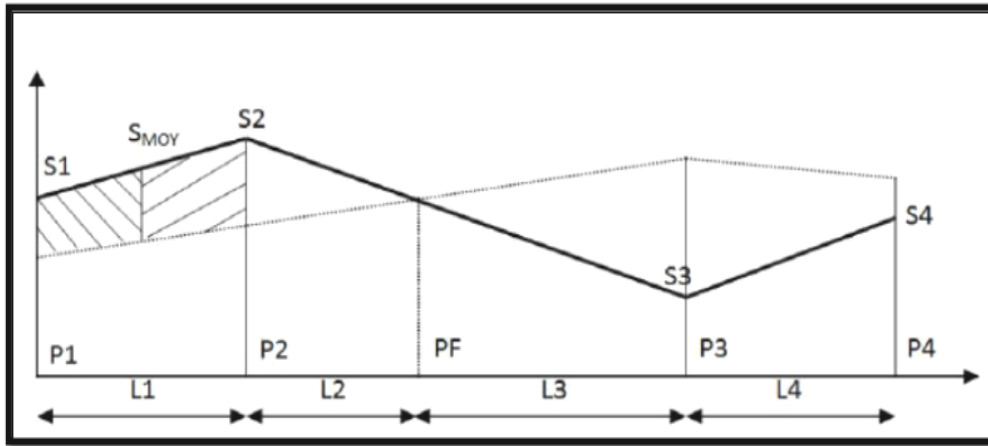


FIGURE. XI. 2: les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné

Avec :

PF : Profil fictive, surface nulle.

Si : Surface de profil en travers Pi.

Li : Distance entre ces deux profils.

SMOY : Surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance L_i).

pour un calcul plus simple on a considéré que :

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

(XI.3)

Donc les volumes seront :

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

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

Entre PF et P3 \longrightarrow $V_3 = \frac{L_3}{2} \times (0 + S_3)$

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

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

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

Pour le calcul des cubatures, on a utilisé le logiciel COVADIS. Ils sont illustrés dans le tableau IX.1:

Tableau IX.1: Terrassement en déblais

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Déblais				
			Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)
P01	Pr =0.00m	12.500	0.93	1.53	2.46	30.747	30.747
P02	Pr =25.00m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P03	Pr =50.00m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P04	Pr =75.00m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P05	Pr =100.00m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P06	Pr =125.00m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P07	Pr =150.00m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P08	Pr =175.00m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P09	Pr =200.00m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P10	Pr =225.00m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P11	Pr =250.00m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P12	Pr =275.00m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P13	Pr =300.00m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P14	Pr =325.00m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P15	Pr =350.00m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P16	Pr =375.00m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P17	Pr =400.00m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P18	Pr =425.00m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P19	Pr =450.00m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P20	Pr =475.00m	23.269	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P21	Pr =496.54m	15.769	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P22	Pr =506.54m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P23	Pr =516.54m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P24	Pr =526.54m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P25	Pr =536.54m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P26	Pr =546.54m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P27	Pr =556.54m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P28	Pr =566.54m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	30.747
P29	Pr =576.54m	10.000	0.00	0.02	0.02	0.174	30.921
P30	Pr =586.54m	10.000	0.00	0.38	0.38	3.836	34.757
P31	Pr =596.54m	10.000	0.39	0.72	1.11	11.078	45.835
P32	Pr =606.54m	10.000	0.92	0.33	1.25	12.512	58.346
P33	Pr =616.54m	8.875	1.69	0.04	1.73	15.260	73.606
P34	Pr =624.29m	4.258	0.64	0.00	0.64	2.695	76.301
P35	Pr =625.06m	0.767	0.69	0.00	0.69	0.524	76.824
P36	Pr =625.82m	5.383	0.74	0.00	0.74	3.963	80.787
P37	Pr =635.82m	10.000	1.63	0.00	1.63	16.224	97.011

P38	Pr =645.82m	10.000	2.50	0.06	2.56	25.521	122.532
P39	Pr =655.82m	10.000	2.13	0.00	2.13	21.206	143.738
P40	Pr =665.82m	10.000	0.95	0.00	0.95	9.494	153.233
P41	Pr =675.82m	10.000	0.32	0.00	0.32	3.160	156.393
P42	Pr =685.82m	10.000	0.50	0.00	0.50	4.989	161.382
P43	Pr =695.82m	10.000	0.47	0.00	0.47	4.635	166.017
P44	Pr =705.82m	10.000	0.54	0.00	0.54	5.415	171.433
P45	Pr =715.82m	10.000	0.81	0.00	0.81	8.110	179.542
P46	Pr =725.82m	10.000	1.41	0.00	1.41	14.050	193.593
P47	Pr =735.82m	10.000	1.59	0.00	1.59	15.893	209.486
P48	Pr =745.82m	8.875	1.36	0.00	1.36	12.105	221.591
P49	Pr =753.57m	16.375	2.00	0.08	2.09	34.156	255.747
P50	Pr =778.57m	25.000	2.98	1.76	4.74	118.614	374.361
P51	Pr =803.57m	14.018	1.89	1.32	3.21	45.049	419.410
P52	Pr =806.61m	6.518	1.69	0.93	2.62	17.078	436.488
P53	Pr =816.61m	10.000	0.82	0.00	0.82	8.216	444.704
P54	Pr =826.61m	10.000	0.68	0.00	0.68	6.853	451.558
P55	Pr =836.61m	10.000	0.33	0.00	0.33	3.294	454.852
P56	Pr =846.61m	10.000	0.11	0.00	0.11	1.124	455.976
P57	Pr =856.61m	10.000	0.03	0.00	0.03	0.285	456.261
P58	Pr =866.61m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	456.261
P59	Pr =876.61m	10.000	0.02	0.00	0.02	0.212	456.473
P60	Pr =886.61m	10.000	2.54	0.59	3.14	31.435	487.908
P61	Pr =896.61m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P62	Pr =906.61m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P63	Pr =916.61m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P64	Pr =926.61m	7.450	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P65	Pr =931.51m	9.950	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P66	Pr =946.51m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P67	Pr =961.51m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P68	Pr =976.51m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P69	Pr =991.51m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P70	Pr =1006.51m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P71	Pr =1021.51m	14.841	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P72	Pr =1036.19m	7.500	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P73	Pr =1036.51m	7.659	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P74	Pr =1051.51m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P75	Pr =1066.51m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P76	Pr =1081.51m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P77	Pr =1096.51m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P78	Pr =1111.51m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P79	Pr =1126.51m	14.683	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P80	Pr =1140.87m	12.183	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P81	Pr =1150.87m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P82	Pr =1160.87m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P83	Pr =1170.87m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P84	Pr =1180.87m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P85	Pr =1190.87m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P86	Pr =1200.87m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P87	Pr =1210.87m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P88	Pr =1220.87m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908

P89	Pr =1230.87m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P90	Pr =1240.87m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P91	Pr =1250.87m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P92	Pr =1260.87m	7.450	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P93	Pr =1265.77m	14.950	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P94	Pr =1290.77m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P95	Pr =1315.77m	22.633	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P96	Pr =1336.04m	15.133	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P97	Pr =1346.04m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P98	Pr =1356.04m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P99	Pr =1366.04m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P100	Pr =1376.04m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P101	Pr =1386.04m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P102	Pr =1396.04m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P103	Pr =1406.04m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P104	Pr =1416.04m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P105	Pr =1426.04m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P106	Pr =1436.04m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P107	Pr =1446.04m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P108	Pr =1456.04m	7.450	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P109	Pr =1460.94m	9.950	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P110	Pr =1475.94m	14.655	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P111	Pr =1490.25m	7.500	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P112	Pr =1490.94m	7.845	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P113	Pr =1505.94m	14.309	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P114	Pr =1519.56m	11.809	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P115	Pr =1529.56m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P116	Pr =1539.56m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P117	Pr =1549.56m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P118	Pr =1559.56m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P119	Pr =1569.56m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	487.908
P120	Pr =1579.56m	10.000	0.01	0.00	0.01	0.088	487.995
P121	Pr =1589.56m	10.000	0.05	0.00	0.05	0.527	488.522
P122	Pr =1599.56m	10.000	0.13	0.00	0.13	1.325	489.847
P123	Pr =1609.56m	10.000	0.06	0.00	0.06	0.590	490.438
P124	Pr =1619.56m	10.000	0.02	0.00	0.02	0.171	490.609
P125	Pr =1629.56m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P126	Pr =1639.56m	7.450	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P127	Pr =1644.46m	14.950	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P128	Pr =1669.46m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P129	Pr =1694.46m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P130	Pr =1719.46m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P131	Pr =1744.46m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P132	Pr =1769.46m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P133	Pr =1794.46m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P134	Pr =1819.46m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P135	Pr =1844.46m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P136	Pr =1869.46m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P137	Pr =1894.46m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P138	Pr =1919.46m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P139	Pr =1944.46m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609

P140	Pr =1969.46m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P141	Pr =1994.46m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P142	Pr =2019.46m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P143	Pr =2044.46m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P144	Pr =2069.46m	23.950	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P145	Pr =2092.36m	16.450	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P146	Pr =2102.36m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P147	Pr =2112.36m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	490.609
P148	Pr =2122.36m	10.000	0.00	0.06	0.06	0.597	491.205
P149	Pr =2132.36m	10.000	0.00	0.19	0.19	1.938	493.144
P150	Pr =2142.36m	10.000	0.00	0.13	0.13	1.341	494.484
P151	Pr =2152.36m	10.000	0.00	0.03	0.03	0.277	494.761
P152	Pr =2162.36m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P153	Pr =2172.36m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P154	Pr =2182.36m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P155	Pr =2192.36m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P156	Pr =2202.36m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P157	Pr =2212.36m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P158	Pr =2222.36m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P159	Pr =2232.36m	6.414	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P160	Pr =2235.19m	8.914	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P161	Pr =2250.19m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P162	Pr =2265.19m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P163	Pr =2280.19m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P164	Pr =2295.19m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P165	Pr =2310.19m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P166	Pr =2325.19m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P167	Pr =2340.19m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P168	Pr =2355.19m	13.038	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P169	Pr =2366.26m	7.500	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P170	Pr =2370.19m	9.462	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P171	Pr =2385.19m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P172	Pr =2400.19m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P173	Pr =2415.19m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P174	Pr =2430.19m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P175	Pr =2445.19m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P176	Pr =2460.19m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P177	Pr =2475.19m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P178	Pr =2490.19m	11.076	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P179	Pr =2497.34m	8.576	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P180	Pr =2507.34m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P181	Pr =2517.34m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P182	Pr =2527.34m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P183	Pr =2537.34m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P184	Pr =2547.34m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P185	Pr =2557.34m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P186	Pr =2567.34m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P187	Pr =2577.34m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P188	Pr =2587.34m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P189	Pr =2597.34m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P190	Pr =2607.34m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761

P191	Pr =2617.34m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P192	Pr =2627.34m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P193	Pr =2637.34m	6.414	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P194	Pr =2640.17m	13.914	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P195	Pr =2665.17m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P196	Pr =2690.17m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P197	Pr =2715.17m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P198	Pr =2740.17m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P199	Pr =2765.17m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P200	Pr =2790.17m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P201	Pr =2815.17m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P202	Pr =2840.17m	15.380	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P203	Pr =2845.93m	7.880	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P204	Pr =2855.93m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P205	Pr =2865.93m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P206	Pr =2875.93m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P207	Pr =2885.93m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P208	Pr =2895.93m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P209	Pr =2905.93m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P210	Pr =2915.93m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P211	Pr =2925.93m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P212	Pr =2935.93m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P213	Pr =2945.93m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P214	Pr =2955.93m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P215	Pr =2965.93m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P216	Pr =2975.93m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P217	Pr =2985.93m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P218	Pr =2995.93m	10.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P219	Pr =3005.93m	9.853	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P220	Pr =3015.63m	12.353	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P221	Pr =3030.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P222	Pr =3045.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P223	Pr =3060.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P224	Pr =3075.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P225	Pr =3090.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P226	Pr =3105.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P227	Pr =3120.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P228	Pr =3135.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P229	Pr =3150.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P230	Pr =3165.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P231	Pr =3180.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P232	Pr =3195.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P233	Pr =3210.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P234	Pr =3225.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P235	Pr =3240.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P236	Pr =3255.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P237	Pr =3270.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P238	Pr =3285.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P239	Pr =3300.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P240	Pr =3315.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P241	Pr =3330.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761

P242	Pr =3345.63m	13.164	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P243	Pr =3356.96m	7.500	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P244	Pr =3360.63m	9.336	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P245	Pr =3375.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P246	Pr =3390.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P247	Pr =3405.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P248	Pr =3420.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P249	Pr =3435.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P250	Pr =3450.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P251	Pr =3465.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P252	Pr =3480.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P253	Pr =3495.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P254	Pr =3510.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P255	Pr =3525.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P256	Pr =3540.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P257	Pr =3555.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P258	Pr =3570.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P259	Pr =3585.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P260	Pr =3600.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P261	Pr =3615.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P262	Pr =3630.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P263	Pr =3645.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P264	Pr =3660.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P265	Pr =3675.63m	15.000	0.00	0.00	0.00	0.000	494.761
P266	Pr =3690.63m	11.329	0.41	0.00	0.41	4.627	499.388
P267	Pr =3698.29m	8.829	0.85	0.19	1.04	9.227	508.616
P268	Pr =3708.29m	10.000	1.87	0.93	2.80	28.000	536.615
P269	Pr =3718.29m	10.000	2.54	2.16	4.70	47.002	583.617
P270	Pr =3728.29m	10.000	3.57	3.41	6.98	69.774	653.391
P271	Pr =3738.29m	10.000	4.27	4.18	8.45	84.470	737.861
P272	Pr =3748.29m	10.000	4.94	4.82	9.76	97.554	835.416
P273	Pr =3758.29m	10.000	4.60	4.07	8.67	86.703	922.118
P274	Pr =3768.29m	10.000	3.59	3.07	6.66	66.565	988.684
P275	Pr =3778.29m	10.000	2.64	2.13	4.78	47.761	1036.444
P276	Pr =3788.29m	10.000	0.70	1.01	1.71	17.101	1053.545
P277	Pr =3798.29m	10.000	0.35	0.30	0.64	6.441	1059.986
P278	Pr =3808.29m	10.000	0.32	0.01	0.33	3.311	1063.297
P279	Pr =3818.29m	10.000	0.29	0.00	0.29	2.853	1066.150
P280	Pr =3828.29m	10.000	0.31	0.00	0.31	3.123	1069.273
P281	Pr =3838.29m	10.000	0.35	0.00	0.35	3.549	1072.822
P282	Pr =3848.29m	10.000	0.05	0.00	0.05	0.478	1073.300
P283	Pr =3858.29m	9.853	0.00	0.00	0.00	0.000	1073.300
P284	Pr =3867.99m	17.353	0.00	0.00	0.00	0.000	1073.300
P285	Pr =3892.99m	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1073.300
P286	Pr =3917.99m	16.273	1.05	0.71	1.76	28.564	1101.864
P287	Pr =3925.54m	3.773	2.06	2.02	4.07	15.359	1117.223

Tableau XI.2: terrassements en remblais

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Remblais				
			Surf. G (m ²)	Surf. D (m ²)	Surf. Tot (m ²)	Volume (m ³)	Cumul Vol. (m ³)
P01	Pr =0.00m	12.500	0.21	0.17	0.38	4.745	4.745
P02	Pr =25.00m	25.000	2.62	3.56	6.18	154.553	159.298
P03	Pr =50.00m	25.000	4.60	5.80	10.39	259.817	419.115
P04	Pr =75.00m	25.000	3.75	5.14	8.89	222.234	641.349
P05	Pr =100.00m	25.000	3.59	4.87	8.45	211.335	852.684
P06	Pr =125.00m	25.000	5.61	6.82	12.43	310.868	1163.552
P07	Pr =150.00m	25.000	7.98	8.35	16.33	408.193	1571.746
P08	Pr =175.00m	25.000	8.74	8.87	17.61	440.332	2012.078
P09	Pr =200.00m	25.000	9.50	9.17	18.66	466.570	2478.648
P10	Pr =225.00m	25.000	6.96	9.07	16.03	400.657	2879.304
P11	Pr =250.00m	25.000	11.33	10.26	21.59	539.868	3419.172
P12	Pr =275.00m	25.000	17.03	21.37	38.41	960.152	4379.323
P13	Pr =300.00m	25.000	31.15	32.03	63.18	1579.516	5958.839
P14	Pr =325.00m	25.000	35.24	33.39	68.64	1715.885	7674.724
P15	Pr =350.00m	25.000	36.72	33.58	70.31	1757.696	9432.420
P16	Pr =375.00m	25.000	33.93	33.87	67.80	1694.956	11127.376
P17	Pr =400.00m	25.000	29.38	29.57	58.95	1473.747	12601.123
P18	Pr =425.00m	25.000	28.18	25.85	54.03	1350.743	13951.866
P19	Pr =450.00m	25.000	24.16	24.43	48.59	1214.654	15166.521
P20	Pr =475.00m	23.269	19.50	17.68	37.18	865.214	16031.735
P21	Pr =496.54m	15.769	15.38	12.96	28.34	446.867	16478.602
P22	Pr =506.54m	10.000	13.42	10.94	24.36	243.605	16722.206
P23	Pr =516.54m	10.000	11.45	9.00	20.45	204.490	16926.697
P24	Pr =526.54m	10.000	9.47	7.19	16.66	166.594	17093.291
P25	Pr =536.54m	10.000	7.49	5.48	12.97	129.638	17222.929
P26	Pr =546.54m	10.000	5.62	3.94	9.56	95.507	17318.435
P27	Pr =556.54m	10.000	3.85	2.56	6.40	63.980	17382.416
P28	Pr =566.54m	10.000	2.19	1.49	3.68	36.806	17419.222
P29	Pr =576.54m	10.000	0.97	0.60	1.57	15.653	17434.875
P30	Pr =586.54m	10.000	0.68	0.09	0.78	7.768	17442.643
P31	Pr =596.54m	10.000	0.40	0.19	0.58	5.827	17448.469
P32	Pr =606.54m	10.000	0.08	1.54	1.62	16.302	17464.772
P33	Pr =616.54m	8.875	0.02	1.94	1.96	17.522	17482.293
P34	Pr =624.29m	4.258	0.28	2.23	2.51	10.726	17493.019
P35	Pr =625.06m	0.767	0.25	2.21	2.46	1.892	17494.911
P36	Pr =625.82m	5.383	0.22	2.18	2.41	13.007	17507.917
P37	Pr =635.82m	10.000	0.05	1.81	1.86	18.718	17526.636
P38	Pr =645.82m	10.000	0.04	1.37	1.41	14.196	17540.832
P39	Pr =655.82m	10.000	0.04	1.68	1.72	17.336	17558.168
P40	Pr =665.82m	10.000	0.08	2.16	2.23	22.420	17580.588

P41	Pr =675.82m	10.000	0.34	2.59	2.93	29.364	17609.952
P42	Pr =685.82m	10.000	0.27	2.78	3.04	30.517	17640.469
P43	Pr =695.82m	10.000	0.41	2.89	3.30	33.047	17673.516
P44	Pr =705.82m	10.000	0.68	3.04	3.73	37.327	17710.843
P45	Pr =715.82m	10.000	0.26	2.71	2.97	29.768	17740.611
P46	Pr =725.82m	10.000	0.20	2.67	2.86	28.672	17769.283
P47	Pr =735.82m	10.000	0.21	2.37	2.58	25.853	17795.136
P48	Pr =745.82m	8.875	0.05	1.46	1.51	13.434	17808.571
P49	Pr =753.57m	16.375	0.04	0.74	0.79	12.899	17821.470
P50	Pr =778.57m	25.000	0.04	0.02	0.07	1.635	17823.105
P51	Pr =803.57m	14.018	0.03	0.04	0.07	0.986	17824.091
P52	Pr =806.61m	6.518	0.02	0.09	0.11	0.734	17824.824
P53	Pr =816.61m	10.000	0.02	0.81	0.83	8.302	17833.127
P54	Pr =826.61m	10.000	0.05	2.26	2.32	23.174	17856.300
P55	Pr =836.61m	10.000	0.10	3.16	3.26	32.550	17888.851
P56	Pr =846.61m	10.000	0.32	3.71	4.03	40.182	17929.033
P57	Pr =856.61m	10.000	1.03	3.07	4.10	40.900	17969.933
P58	Pr =866.61m	10.000	1.23	2.69	3.92	39.168	18009.101
P59	Pr =876.61m	10.000	1.10	2.39	3.49	34.867	18043.968
P60	Pr =886.61m	10.000	0.04	1.42	1.46	14.510	18058.478
P61	Pr =896.61m	10.000	1.07	4.26	5.32	53.071	18111.549
P62	Pr =906.61m	10.000	1.67	4.22	5.90	58.790	18170.339
P63	Pr =916.61m	10.000	1.79	4.87	6.66	66.366	18236.705
P64	Pr =926.61m	7.450	2.01	5.08	7.08	52.583	18289.288
P65	Pr =931.51m	9.950	1.73	5.14	6.87	68.099	18357.387
P66	Pr =946.51m	15.000	2.05	8.56	10.60	158.418	18515.804
P67	Pr =961.51m	15.000	3.97	8.63	12.61	188.583	18704.387
P68	Pr =976.51m	15.000	5.31	8.20	13.50	202.207	18906.594
P69	Pr =991.51m	15.000	6.14	7.75	13.89	208.174	19114.769
P70	Pr =1006.51m	15.000	7.02	7.52	14.54	218.033	19332.801
P71	Pr =1021.51m	14.841	7.41	7.60	15.01	222.691	19555.493
P72	Pr =1036.19m	7.500	5.54	7.88	13.43	100.574	19656.067
P73	Pr =1036.51m	7.659	5.48	7.89	13.36	102.220	19758.287
P74	Pr =1051.51m	15.000	3.00	6.49	9.49	141.924	19900.210
P75	Pr =1066.51m	15.000	3.84	3.35	7.19	107.852	20008.062
P76	Pr =1081.51m	15.000	5.13	5.45	10.58	158.645	20166.707
P77	Pr =1096.51m	15.000	5.06	5.84	10.90	163.418	20330.125
P78	Pr =1111.51m	15.000	4.98	5.76	10.74	161.017	20491.142
P79	Pr =1126.51m	14.683	5.20	5.69	10.90	159.940	20651.081
P80	Pr =1140.87m	12.183	5.68	5.68	11.36	138.346	20789.427
P81	Pr =1150.87m	10.000	5.90	5.80	11.70	116.982	20906.410
P82	Pr =1160.87m	10.000	5.92	6.15	12.06	120.606	21027.015
P83	Pr =1170.87m	10.000	5.88	6.57	12.45	124.454	21151.470
P84	Pr =1180.87m	10.000	5.87	6.98	12.85	128.457	21279.926
P85	Pr =1190.87m	10.000	5.88	7.28	13.16	131.572	21411.498
P86	Pr =1200.87m	10.000	5.91	7.48	13.39	133.833	21545.332
P87	Pr =1210.87m	10.000	5.96	7.58	13.54	135.354	21680.685
P88	Pr =1220.87m	10.000	6.02	7.65	13.67	136.637	21817.323

P89	Pr =1230.87m	10.000	6.09	7.73	13.82	138.161	21955.483
P90	Pr =1240.87m	10.000	6.17	7.82	13.99	139.872	22095.355
P91	Pr =1250.87m	10.000	6.26	7.92	14.17	141.719	22237.074
P92	Pr =1260.87m	7.450	6.35	8.02	14.37	107.019	22344.093
P93	Pr =1265.77m	14.950	6.40	8.06	14.45	216.082	22560.175
P94	Pr =1290.77m	25.000	6.63	8.05	14.68	367.012	22927.186
P95	Pr =1315.77m	22.633	6.86	7.69	14.55	329.294	23256.480
P96	Pr =1336.04m	15.133	6.90	7.26	14.15	214.187	23470.668
P97	Pr =1346.04m	10.000	6.83	7.03	13.86	138.592	23609.260
P98	Pr =1356.04m	10.000	6.70	6.80	13.50	134.977	23744.237
P99	Pr =1366.04m	10.000	6.53	6.56	13.09	130.876	23875.113
P100	Pr =1376.04m	10.000	6.34	6.32	12.66	126.627	24001.741
P101	Pr =1386.04m	10.000	6.13	6.10	12.23	122.297	24124.038
P102	Pr =1396.04m	10.000	5.92	5.87	11.79	117.937	24241.974
P103	Pr =1406.04m	10.000	5.70	5.65	11.35	113.534	24355.509
P104	Pr =1416.04m	10.000	5.48	5.43	10.91	109.065	24464.574
P105	Pr =1426.04m	10.000	5.25	5.18	10.43	104.294	24568.868
P106	Pr =1436.04m	10.000	5.03	4.84	9.86	98.598	24667.466
P107	Pr =1446.04m	10.000	4.80	4.59	9.39	93.885	24761.350
P108	Pr =1456.04m	7.450	4.59	4.35	8.94	66.586	24827.937
P109	Pr =1460.94m	9.950	4.49	4.24	8.73	86.824	24914.761
P110	Pr =1475.94m	14.655	4.24	3.91	8.15	119.363	25034.123
P111	Pr =1490.25m	7.500	4.04	3.34	7.38	55.319	25089.442
P112	Pr =1490.94m	7.845	4.03	3.32	7.35	57.658	25147.101
P113	Pr =1505.94m	14.309	3.85	3.00	6.85	97.897	25244.998
P114	Pr =1519.56m	11.809	3.27	2.61	5.88	69.385	25314.382
P115	Pr =1529.56m	10.000	2.69	2.22	4.91	49.098	25363.481
P116	Pr =1539.56m	10.000	2.36	2.26	4.62	46.159	25409.639
P117	Pr =1549.56m	10.000	1.93	2.41	4.34	43.412	25453.052
P118	Pr =1559.56m	10.000	1.65	2.92	4.57	45.733	25498.785
P119	Pr =1569.56m	10.000	1.04	2.72	3.76	37.652	25536.437
P120	Pr =1579.56m	10.000	0.54	2.78	3.33	33.352	25569.789
P121	Pr =1589.56m	10.000	0.57	2.85	3.43	34.335	25604.123
P122	Pr =1599.56m	10.000	0.62	2.85	3.47	34.714	25638.838
P123	Pr =1609.56m	10.000	0.75	2.86	3.61	36.143	25674.981
P124	Pr =1619.56m	10.000	0.85	2.86	3.71	37.121	25712.102
P125	Pr =1629.56m	10.000	0.91	2.42	3.32	33.250	25745.353
P126	Pr =1639.56m	7.450	0.90	1.99	2.89	21.536	25766.889
P127	Pr =1644.46m	14.950	0.98	1.80	2.77	41.431	25808.320
P128	Pr =1669.46m	25.000	1.38	2.09	3.48	86.886	25895.206
P129	Pr =1694.46m	25.000	1.78	2.70	4.48	112.048	26007.254
P130	Pr =1719.46m	25.000	2.38	3.44	5.82	145.415	26152.669
P131	Pr =1744.46m	25.000	3.04	4.86	7.90	197.484	26350.154
P132	Pr =1769.46m	25.000	3.46	6.10	9.56	238.973	26589.126
P133	Pr =1794.46m	25.000	3.92	6.77	10.69	267.321	26856.448
P134	Pr =1819.46m	25.000	4.50	7.82	12.32	307.983	27164.431
P135	Pr =1844.46m	25.000	5.21	6.81	12.02	300.545	27464.976
P136	Pr =1869.46m	25.000	5.99	4.82	10.81	270.203	27735.179

P137	Pr =1894.46m	25.000	7.43	7.43	14.86	371.514	28106.693
P138	Pr =1919.46m	25.000	8.65	7.95	16.60	414.901	28521.594
P139	Pr =1944.46m	25.000	8.25	8.77	17.02	425.547	28947.141
P140	Pr =1969.46m	25.000	7.30	7.37	14.67	366.632	29313.773
P141	Pr =1994.46m	25.000	6.37	6.09	12.46	311.377	29625.150
P142	Pr =2019.46m	25.000	5.46	4.49	9.95	248.762	29873.913
P143	Pr =2044.46m	25.000	4.57	4.53	9.10	227.461	30101.374
P144	Pr =2069.46m	23.950	3.78	3.13	6.91	165.550	30266.924
P145	Pr =2092.36m	16.450	2.85	2.45	5.30	87.250	30354.174
P146	Pr =2102.36m	10.000	2.46	1.95	4.41	44.072	30398.245
P147	Pr =2112.36m	10.000	2.17	1.37	3.54	35.389	30433.634
P148	Pr =2122.36m	10.000	1.72	0.72	2.44	24.432	30458.067
P149	Pr =2132.36m	10.000	1.48	0.49	1.97	19.754	30477.821
P150	Pr =2142.36m	10.000	1.93	0.65	2.58	25.848	30503.669
P151	Pr =2152.36m	10.000	1.77	0.74	2.51	25.109	30528.779
P152	Pr =2162.36m	10.000	1.57	1.48	3.05	30.498	30559.277
P153	Pr =2172.36m	10.000	1.94	2.72	4.66	46.566	30605.843
P154	Pr =2182.36m	10.000	2.98	4.22	7.19	71.861	30677.704
P155	Pr =2192.36m	10.000	5.09	5.07	10.17	101.660	30779.364
P156	Pr =2202.36m	10.000	5.76	4.45	10.21	102.159	30881.523
P157	Pr =2212.36m	10.000	6.39	6.34	12.73	127.275	31008.798
P158	Pr =2222.36m	10.000	6.67	8.10	14.77	147.647	31156.445
P159	Pr =2232.36m	6.414	6.83	8.57	15.40	98.727	31255.171
P160	Pr =2235.19m	8.914	6.79	8.43	15.23	135.631	31390.803
P161	Pr =2250.19m	15.000	7.06	7.70	14.76	221.350	31612.153
P162	Pr =2265.19m	15.000	7.74	8.17	15.91	238.547	31850.700
P163	Pr =2280.19m	15.000	9.27	8.57	17.84	267.604	32118.303
P164	Pr =2295.19m	15.000	9.35	8.58	17.92	268.940	32387.243
P165	Pr =2310.19m	15.000	8.87	8.22	17.09	256.443	32643.686
P166	Pr =2325.19m	15.000	9.24	8.01	17.26	258.979	32902.665
P167	Pr =2340.19m	15.000	10.17	9.14	19.30	289.623	33192.288
P168	Pr =2355.19m	13.038	10.65	9.98	20.63	268.974	33461.262
P169	Pr =2366.26m	7.500	10.46	10.28	20.73	155.507	33616.769
P170	Pr =2370.19m	9.462	10.35	10.38	20.73	196.125	33812.894
P171	Pr =2385.19m	15.000	9.96	10.76	20.72	310.705	34123.599
P172	Pr =2400.19m	15.000	9.80	10.78	20.58	308.612	34432.211
P173	Pr =2415.19m	15.000	9.96	10.81	20.77	311.454	34743.666
P174	Pr =2430.19m	15.000	10.37	10.89	21.26	318.860	35062.525
P175	Pr =2445.19m	15.000	10.82	10.53	21.35	320.226	35382.751
P176	Pr =2460.19m	15.000	10.68	9.89	20.57	308.618	35691.369
P177	Pr =2475.19m	15.000	9.93	9.22	19.15	287.284	35978.652
P178	Pr =2490.19m	11.076	9.35	8.64	17.99	199.341	36177.993
P179	Pr =2497.34m	8.576	9.40	8.68	18.08	155.122	36333.115
P180	Pr =2507.34m	10.000	9.47	8.68	18.15	181.511	36514.626
P181	Pr =2517.34m	10.000	9.48	8.66	18.15	181.499	36696.126
P182	Pr =2527.34m	10.000	9.52	8.67	18.20	182.027	36878.152
P183	Pr =2537.34m	10.000	9.65	8.44	18.09	180.949	37059.101
P184	Pr =2547.34m	10.000	9.58	8.12	17.70	177.073	37236.173

P185	Pr =2557.34m	10.000	9.06	8.11	17.17	171.705	37407.879
P186	Pr =2567.34m	10.000	8.58	8.92	17.50	175.001	37582.879
P187	Pr =2577.34m	10.000	8.42	9.63	18.05	180.514	37763.394
P188	Pr =2587.34m	10.000	8.61	10.02	18.63	186.251	37949.645
P189	Pr =2597.34m	10.000	9.05	10.22	19.27	192.725	38142.370
P190	Pr =2607.34m	10.000	9.07	10.35	19.42	194.202	38336.572
P191	Pr =2617.34m	10.000	9.12	10.45	19.57	195.731	38532.303
P192	Pr =2627.34m	10.000	9.47	10.71	20.18	201.782	38734.085
P193	Pr =2637.34m	6.414	10.21	10.01	20.22	129.697	38863.782
P194	Pr =2640.17m	13.914	10.09	9.66	19.75	274.779	39138.561
P195	Pr =2665.17m	25.000	9.43	9.10	18.52	463.066	39601.627
P196	Pr =2690.17m	25.000	9.46	11.66	21.13	528.173	40129.800
P197	Pr =2715.17m	25.000	9.06	9.39	18.45	461.165	40590.965
P198	Pr =2740.17m	25.000	10.59	9.71	20.30	507.476	41098.441
P199	Pr =2765.17m	25.000	11.05	9.98	21.03	525.750	41624.191
P200	Pr =2790.17m	25.000	10.96	11.39	22.35	558.706	42182.897
P201	Pr =2815.17m	25.000	10.47	10.67	21.14	528.415	42711.312
P202	Pr =2840.17m	15.380	10.46	9.65	20.10	309.180	43020.492
P203	Pr =2845.93m	7.880	10.47	9.64	20.11	158.460	43178.952
P204	Pr =2855.93m	10.000	10.48	9.76	20.24	202.426	43381.379
P205	Pr =2865.93m	10.000	10.50	9.85	20.35	203.496	43584.875
P206	Pr =2875.93m	10.000	10.51	9.93	20.44	204.402	43789.277
P207	Pr =2885.93m	10.000	10.52	9.75	20.27	202.740	43992.017
P208	Pr =2895.93m	10.000	10.53	9.71	20.24	202.412	44194.429
P209	Pr =2905.93m	10.000	10.54	9.70	20.24	202.365	44396.794
P210	Pr =2915.93m	10.000	10.54	9.68	20.22	202.237	44599.030
P211	Pr =2925.93m	10.000	10.54	9.66	20.20	202.014	44801.045
P212	Pr =2935.93m	10.000	10.54	9.62	20.17	201.684	45002.728
P213	Pr =2945.93m	10.000	10.54	9.58	20.12	201.232	45203.961
P214	Pr =2955.93m	10.000	10.52	9.54	20.06	200.648	45404.608
P215	Pr =2965.93m	10.000	10.50	9.48	19.99	199.911	45604.519
P216	Pr =2975.93m	10.000	10.47	9.42	19.90	199.005	45803.525
P217	Pr =2985.93m	10.000	10.43	9.35	19.79	197.912	46001.437
P218	Pr =2995.93m	10.000	10.38	9.28	19.66	196.612	46198.049
P219	Pr =3005.93m	9.853	10.31	9.19	19.50	192.211	46390.259
P220	Pr =3015.63m	12.353	10.23	9.10	19.33	238.852	46629.111
P221	Pr =3030.63m	15.000	10.06	8.95	19.01	285.261	46914.372
P222	Pr =3045.63m	15.000	9.85	8.79	18.64	279.641	47194.013
P223	Pr =3060.63m	15.000	9.62	8.61	18.23	273.497	47467.510
P224	Pr =3075.63m	15.000	9.36	9.25	18.61	279.136	47746.647
P225	Pr =3090.63m	15.000	9.11	10.17	19.28	289.095	48035.742
P226	Pr =3105.63m	15.000	8.96	8.56	17.52	262.806	48298.549
P227	Pr =3120.63m	15.000	8.90	8.19	17.09	256.359	48554.907
P228	Pr =3135.63m	15.000	9.02	8.25	17.27	259.149	48814.056
P229	Pr =3150.63m	15.000	9.01	8.12	17.13	257.079	49071.135
P230	Pr =3165.63m	15.000	8.34	8.11	16.45	246.733	49317.867
P231	Pr =3180.63m	15.000	8.22	9.25	17.47	261.959	49579.826
P232	Pr =3195.63m	15.000	9.15	10.50	19.65	294.606	49874.433

P233	Pr =3210.63m	15.000	10.14	10.99	21.13	316.950	50191.382
P234	Pr =3225.63m	15.000	10.54	10.07	20.61	309.150	50500.532
P235	Pr =3240.63m	15.000	9.57	9.97	19.53	292.962	50793.494
P236	Pr =3255.63m	15.000	10.03	9.98	20.02	300.257	51093.751
P237	Pr =3270.63m	15.000	9.92	9.94	19.86	297.899	51391.650
P238	Pr =3285.63m	15.000	9.80	9.86	19.66	294.834	51686.484
P239	Pr =3300.63m	15.000	9.67	9.75	19.42	291.253	51977.736
P240	Pr =3315.63m	15.000	9.54	9.61	19.16	287.344	52265.081
P241	Pr =3330.63m	15.000	9.41	9.47	18.88	283.239	52548.320
P242	Pr =3345.63m	13.164	9.27	9.35	18.62	245.136	52793.456
P243	Pr =3356.96m	7.500	9.17	9.27	18.44	138.263	52931.719
P244	Pr =3360.63m	9.336	9.14	9.24	18.38	171.562	53103.281
P245	Pr =3375.63m	15.000	8.99	9.16	18.16	272.326	53375.607
P246	Pr =3390.63m	15.000	8.85	9.12	17.96	269.442	53645.049
P247	Pr =3405.63m	15.000	8.70	9.11	17.81	267.177	53912.226
P248	Pr =3420.63m	15.000	8.55	9.17	17.72	265.736	54177.962
P249	Pr =3435.63m	15.000	8.40	9.30	17.70	265.422	54443.384
P250	Pr =3450.63m	15.000	8.24	9.47	17.71	265.616	54709.000
P251	Pr =3465.63m	15.000	8.05	9.54	17.60	263.860	54972.860
P252	Pr =3480.63m	15.000	7.86	9.50	17.36	260.255	55233.114
P253	Pr =3495.63m	15.000	7.70	9.31	17.01	255.055	55488.169
P254	Pr =3510.63m	15.000	7.59	8.97	16.56	248.293	55736.462
P255	Pr =3525.63m	15.000	7.44	8.44	15.88	238.133	55974.595
P256	Pr =3540.63m	15.000	7.21	7.79	15.00	224.987	56199.582
P257	Pr =3555.63m	15.000	6.77	7.10	13.87	207.966	56407.548
P258	Pr =3570.63m	15.000	5.83	6.44	12.27	183.937	56591.484
P259	Pr =3585.63m	15.000	4.87	5.81	10.67	160.056	56751.540
P260	Pr =3600.63m	15.000	3.98	5.05	9.03	135.325	56886.865
P261	Pr =3615.63m	15.000	3.58	4.25	7.83	117.482	57004.347
P262	Pr =3630.63m	15.000	2.77	3.43	6.20	92.922	57097.269
P263	Pr =3645.63m	15.000	2.45	3.61	6.06	90.781	57188.050
P264	Pr =3660.63m	15.000	2.19	3.42	5.61	84.123	57272.173
P265	Pr =3675.63m	15.000	1.21	1.70	2.91	43.573	57315.747
P266	Pr =3690.63m	11.329	0.08	0.36	0.44	4.920	57320.667
P267	Pr =3698.29m	8.829	0.01	0.12	0.13	1.170	57321.837
P268	Pr =3708.29m	10.000	0.04	0.04	0.08	0.764	57322.601
P269	Pr =3718.29m	10.000	0.04	0.03	0.08	0.774	57323.375
P270	Pr =3728.29m	10.000	0.04	0.04	0.09	0.873	57324.248
P271	Pr =3738.29m	10.000	0.04	0.04	0.09	0.873	57325.121
P272	Pr =3748.29m	10.000	0.04	0.04	0.09	0.877	57325.998
P273	Pr =3758.29m	10.000	0.04	0.04	0.09	0.876	57326.874
P274	Pr =3768.29m	10.000	0.04	0.04	0.09	0.881	57327.754
P275	Pr =3778.29m	10.000	0.04	0.04	0.08	0.815	57328.569
P276	Pr =3788.29m	10.000	0.02	0.01	0.03	0.297	57328.867
P277	Pr =3798.29m	10.000	0.09	0.18	0.26	2.644	57331.510
P278	Pr =3808.29m	10.000	0.09	0.53	0.62	6.208	57337.718
P279	Pr =3818.29m	10.000	0.16	0.94	1.10	10.979	57348.697
P280	Pr =3828.29m	10.000	0.18	1.18	1.36	13.576	57362.273

P281	Pr =3838.29m	10.000	0.12	0.74	0.86	8.618	57370.891
P282	Pr =3848.29m	10.000	0.58	1.12	1.70	16.984	57387.875
P283	Pr =3858.29m	9.853	1.90	2.19	4.09	40.276	57428.150
P284	Pr =3867.99m	17.353	3.38	4.35	7.72	134.006	57562.156
P285	Pr =3892.99m	25.000	2.82	3.06	5.87	146.870	57709.027
P286	Pr =3917.99m	16.273	0.03	0.02	0.05	0.856	57709.882
P287	Pr =3925.54m	3.773	0.05	0.05	0.10	0.380	57710.262

Tableau XI.3 : volume cumulé de déblais et remblais

Volume cumulé déblais (m ₃)	1117
Volume cumulé remblais (m ₃)	57710
Excès remblais (m ₃)	56593



Chapitre XII : Implantation

XII.1.Introduction

L'implantation constitue une phase opérationnelle fondamentale en topographie appliquée, consistant à transposer avec exactitude sur le terrain les éléments géométriques issus de la conception du projet. Elle s'appuie sur le calcul préalable des coordonnées des points caractéristiques, extraites des plans de piquetage et des documents de référence, qui recensent l'ensemble des données nécessaires à la matérialisation des axes ainsi qu'aux sommets et points de tangence des courbes.

La rigueur de cette opération impose une matérialisation durable des repères, systématiquement protégés contre tout déplacement, altération ou interférence liée aux activités du chantier. À ce titre, le piquetage ne se réduit pas à un simple report graphique : il assure la traçabilité et la conformité géométrique entre le modèle théorique et sa réalisation effective, condition indispensable au contrôle qualité, à la gestion des interfaces et à la sécurité des ouvrages.

XII.2. Implantation planimétrique des sommets des alignements

➤ Par rayonnement

Après avoir stationné un théodolite sur un point connu et effectué l'orientation sur un point de référence (calage du gisement), on affiche le gisement théorique du point à implanter. On matérialise ensuite ce point en reportant la distance calculée le long de cette direction de visée.

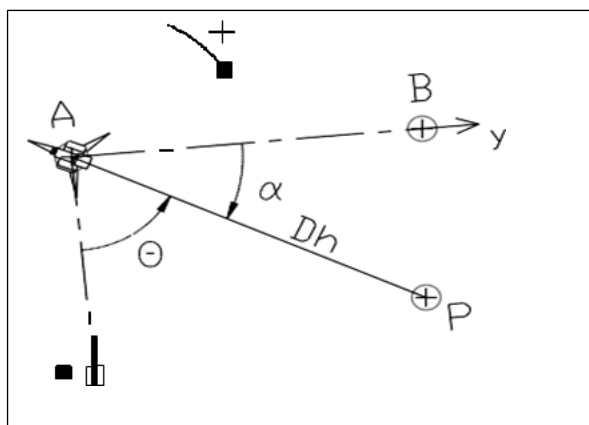


FIGURE.XII. 1:Par rayonnement

➤ Par coordonnées polaires

Ce procédé permet d'implanter un point en reportant, depuis un point de station connu, sa distance horizontale et son orientation angulaire (angle horizontal ou gisement) mesurée par rapport à une direction de référence également connue.

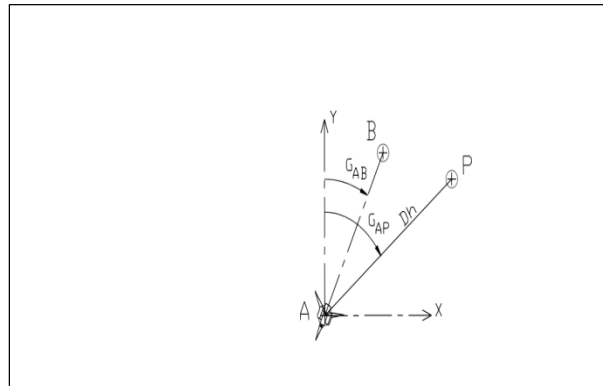


FIGURE.XII. 2:par coordonnées polaires

Par intersection

À l'inverse du rayonnement, la méthode par intersection ne requiert aucune mesure de distance vers le point à implanter. Elle consiste à stationner deux (ou plusieurs) points du canevas de contrôle et à y viser les directions théoriques du point recherché, définies par les angles horizontaux ou gisements préalablement calculés. La position finale résulte de l'intersection géométrique de ces lignes de visée. Cette technique est particulièrement adaptée aux implantations en zones d'accès difficile ou en environnement contraint, où les mesures de distance seraient impraticables ou entachées d'erreurs. Sa précision dépend toutefois étroitement de la configuration du réseau de visée : un angle d'intersection compris entre 60° et 120° est requis afin de limiter la propagation des erreurs angulaires et de garantir une incertitude positionnelle compatible avec les tolérances du projet.

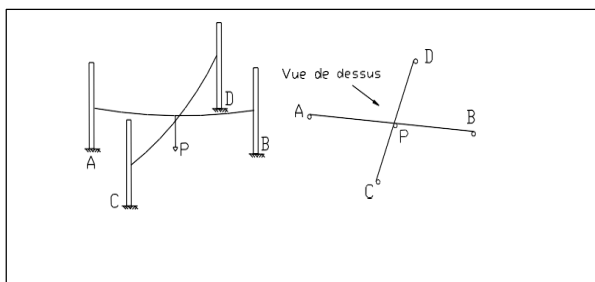
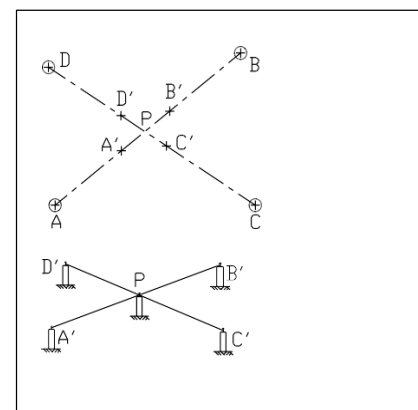


FIGURE.XII. 3:Par intersection



XII.3. Contrôle et vérification de l'implantation

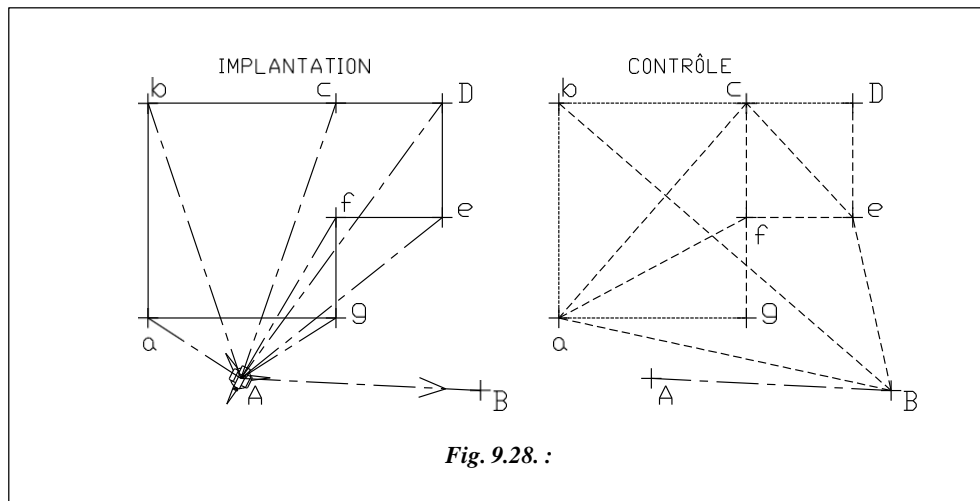


FIGURE.XII. 4:Contrôles après implantation

Le contrôle d'une implantation constitue une étape aussi essentielle que sa réalisation. Pour garantir sa fiabilité, il doit reposer sur la vérification de dimensions non directement reportées lors de l'opération, mais déduites par calcul à partir des éléments mis en place. Dans le cas d'une figure polygonale, ce contrôle s'articule généralement en trois vérifications complémentaires : la mesure des côtés pour valider la précision locale, celle des diagonales pour vérifier la cohérence géométrique d'ensemble, et enfin la comparaison avec un point de référence indépendant afin de détecter d'éventuelles erreurs d'orientation ou de translation globale. Cette démarche permet de s'assurer du respect des tolérances contractuelles et d'identifier précocement toute dérive ou erreur systématique avant la poursuite des travaux.

Après l'implantation des alignements, on implante les points de tangences T, T' et le sommet M de la courbe à partir du sommet S.

Plusieurs méthodes d'implantation peuvent être utilisées pour l'implantation de la partie circulaire.

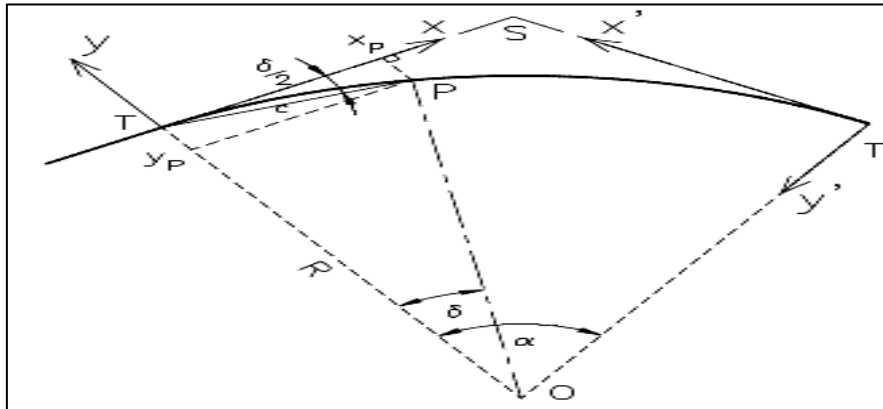


FIGURE.XII. 5:Implantation partie circulaire

Par Abscisses et ordonnées sur la tangente

$$X_i = R * \sin(i * \delta) \tag{X.1}$$

$$Y_i = R * (1 - \cos(i * \delta)) \tag{X.2}$$

-Par abscisses et ordonnées sur la corde

Origine : point de tangence Origine : milieu de la corde

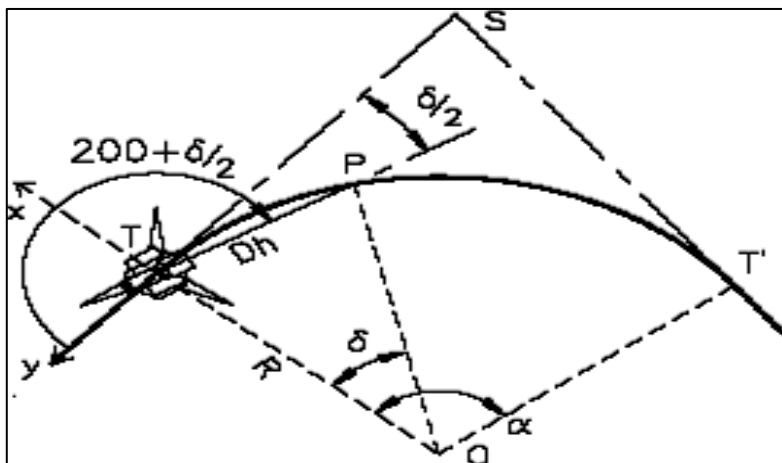


FIGURE.XII. 6:Coordonnées polaires.

-Méthode : coordonnées polaires .:

➤ **Raccordement progressif**

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

et d'une équerre optique, un théodolite est nécessaire pour appliquer la méthode des cordes et angles.

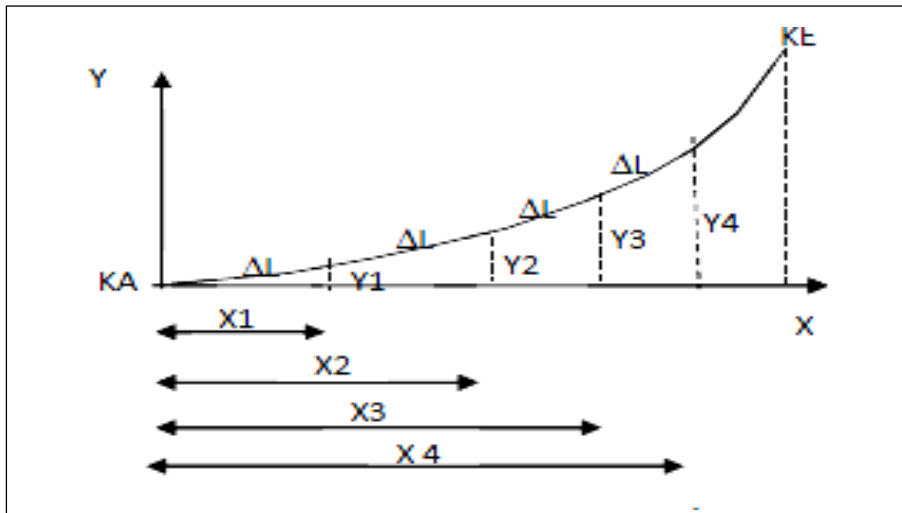


FIGURE.XII. 7:Méthode d'implantation.

Piquetage par coordonnées rectangulaires :

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

Implantation par coordonnées Polaires :

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

Listing d'implantation planimétrique et altimétrique des profils

Tableau XII.1.: Implantation par coordonnées X Y et Z

N°	Profil	Abscisse		Z TN Axe	X Axe	Y Axe
1	P01	Pr =0.00m	0.0000	100.3475	1973.324	5062.715
2	P02	Pr =25.00m	25.0000	99.7547	1979.815	5038.572
3	P03	Pr =50.00m	50.0000	99.5805	1986.306	5014.429
4	P04	Pr =75.00m	75.0000	99.9296	1992.797	4990.287
5	P05	Pr =100.00m	100.0000	100.0987	1999.288	4966.144
6	P06	Pr =125.00m	125.0000	100.0333	2005.779	4942.001
7	P07	Pr =150.00m	150.0000	99.9532	2012.270	4917.859
8	P08	Pr =175.00m	175.0000	100.1600	2018.761	4893.716
9	P09	Pr =200.00m	200.0000	100.1752	2025.252	4869.574
10	P10	Pr =225.00m	225.0000	100.4434	2031.743	4845.431
11	P11	Pr =250.00m	250.0000	100.2915	2038.234	4821.288
12	P12	Pr =275.00m	275.0000	99.6575	2044.725	4797.146

13	P13	Pr =300.00m	300.0000	98.5689	2051.217	4773.003
14	P14	Pr =325.00m	325.0000	98.4293	2057.708	4748.861
15	P15	Pr =350.00m	350.0000	98.5295	2064.199	4724.718
16	P16	Pr =375.00m	375.0000	98.7577	2070.690	4700.575
17	P17	Pr =400.00m	400.0000	99.4447	2077.181	4676.433
18	P18	Pr =425.00m	425.0000	99.9045	2083.672	4652.290
19	P19	Pr =450.00m	450.0000	100.0611	2090.163	4628.147
20	P20	Pr =475.00m	475.0000	100.8447	2096.654	4604.005
21	P21	Pr =496.54m	496.5389	101.5198	2102.246	4583.205
22	P22	Pr =506.54m	506.5389	101.8332	2104.845	4573.548
23	P23	Pr =516.54m	516.5389	102.1461	2107.454	4563.895
24	P24	Pr =526.54m	526.5389	102.4583	2110.086	4554.247
25	P25	Pr =536.54m	536.5389	102.7692	2112.751	4544.609
26	P26	Pr =546.54m	546.5389	103.0786	2115.460	4534.983
27	P27	Pr =556.54m	556.5389	103.3880	2118.225	4525.372
28	P28	Pr =566.54m	566.5389	103.6561	2121.056	4515.782
29	P29	Pr =576.54m	576.5389	103.8516	2123.964	4506.214
30	P30	Pr =586.54m	586.5389	104.0684	2126.960	4496.673
31	P31	Pr =596.54m	596.5389	104.2795	2130.055	4487.164
32	P32	Pr =606.54m	606.5389	104.4456	2133.259	4477.691
33	P33	Pr =616.54m	616.5389	104.4064	2136.582	4468.260
34	P34	Pr =624.29m	624.2886	104.0922	2139.247	4460.983
35	P35	Pr =625.06m	625.0554	104.1114	2139.515	4460.264
36	P36	Pr =625.82m	625.8222	104.1307	2139.784	4459.546
37	P37	Pr =635.82m	635.8222	104.3383	2143.363	4450.209
38	P38	Pr =645.82m	645.8222	104.5429	2147.068	4440.921
39	P39	Pr =655.82m	655.8222	104.5071	2150.888	4431.679
40	P40	Pr =665.82m	665.8222	104.4571	2154.812	4422.481
41	P41	Pr =675.82m	675.8222	104.3874	2158.828	4413.323
42	P42	Pr =685.82m	685.8222	104.4220	2162.926	4404.201
43	P43	Pr =695.82m	695.8222	104.4467	2167.096	4395.112
44	P44	Pr =705.82m	705.8222	104.4177	2171.325	4386.051
45	P45	Pr =715.82m	715.8222	104.6132	2175.604	4377.013
46	P46	Pr =725.82m	725.8222	104.6124	2179.923	4367.993
47	P47	Pr =735.82m	735.8222	104.6124	2184.270	4358.988
48	P48	Pr =745.82m	745.8222	104.8864	2188.636	4349.991
49	P49	Pr =753.57m	753.5719	105.0856	2192.026	4343.022
50	P50	Pr =778.57m	778.5719	105.5824	2202.962	4320.541
51	P51	Pr =803.57m	803.5719	105.4962	2213.899	4298.060
52	P52	Pr =806.61m	806.6079	105.4740	2215.227	4295.330
53	P53	Pr =816.61m	816.6079	105.2511	2219.600	4286.337
54	P54	Pr =826.61m	826.6079	105.3539	2223.961	4277.338
55	P55	Pr =836.61m	836.6079	105.3418	2228.301	4268.329
56	P56	Pr =846.61m	846.6079	105.2879	2232.607	4259.303
57	P57	Pr =856.61m	856.6079	105.1411	2236.869	4250.257
58	P58	Pr =866.61m	866.6079	105.2625	2241.075	4241.184
59	P59	Pr =876.61m	876.6079	105.3039	2245.213	4232.081
60	P60	Pr =886.61m	886.6079	105.9263	2249.273	4222.942
61	P61	Pr =896.61m	896.6079	105.4172	2253.243	4213.764
62	P62	Pr =906.61m	906.6079	105.4244	2257.111	4204.542
63	P63	Pr =916.61m	916.6079	105.4447	2260.865	4195.274
64	P64	Pr =926.61m	926.6079	105.4024	2264.493	4185.955
65	P65	Pr =931.51m	931.5079	105.5182	2266.221	4181.370
66	P66	Pr =946.51m	946.5079	105.1431	2271.296	4167.255
67	P67	Pr =961.51m	961.5079	104.8920	2276.044	4153.027

68	P68	Pr =976.51m	976.5079	105.0026	2280.463	4138.693
69	P69	Pr =991.51m	991.5079	105.1324	2284.549	4124.260
70	P70	Pr =1006.51m	1006.5079	105.1622	2288.302	4109.738
71	P71	Pr =1021.51m	1021.5079	105.1776	2291.718	4095.132
72	P72	Pr =1036.19m	1036.1908	105.2366	2294.735	4080.763
73	P73	Pr =1036.51m	1036.5079	105.2472	2294.796	4080.452
74	P74	Pr =1051.51m	1051.5079	105.7806	2297.535	4065.704
75	P75	Pr =1066.51m	1066.5079	105.9527	2299.933	4050.898
76	P76	Pr =1081.51m	1081.5079	105.7894	2301.988	4036.039
77	P77	Pr =1096.51m	1096.5079	105.8219	2303.700	4021.138
78	P78	Pr =1111.51m	1111.5079	105.9060	2305.068	4006.201
79	P79	Pr =1126.51m	1126.5079	105.9854	2306.091	3991.236
80	P80	Pr =1140.87m	1140.8737	106.0570	2306.746	3976.885
81	P81	Pr =1150.87m	1150.8737	106.0092	2307.017	3966.889
82	P82	Pr =1160.87m	1160.8737	105.9708	2307.147	3956.890
83	P83	Pr =1170.87m	1170.8737	106.0249	2307.147	3946.890
84	P84	Pr =1180.87m	1180.8737	106.0758	2307.031	3936.891
85	P85	Pr =1190.87m	1190.8737	106.1237	2306.810	3926.893
86	P86	Pr =1200.87m	1200.8737	106.1690	2306.496	3916.898
87	P87	Pr =1210.87m	1210.8737	106.2122	2306.103	3906.906
88	P88	Pr =1220.87m	1220.8737	106.2534	2305.642	3896.917
89	P89	Pr =1230.87m	1230.8737	106.2931	2305.126	3886.930
90	P90	Pr =1240.87m	1240.8737	106.3316	2304.567	3876.946
91	P91	Pr =1250.87m	1250.8737	106.3692	2303.978	3866.963
92	P92	Pr =1260.87m	1260.8737	106.4063	2303.370	3856.981
93	P93	Pr =1265.77m	1265.7737	106.4244	2303.069	3852.091
94	P94	Pr =1290.77m	1290.7737	106.5167	2301.533	3827.138
95	P95	Pr =1315.77m	1315.7737	106.6240	2299.997	3802.185
96	P96	Pr =1336.04m	1336.0390	106.7712	2298.752	3781.958
97	P97	Pr =1346.04m	1346.0390	106.8465	2298.140	3771.977
98	P98	Pr =1356.04m	1356.0390	106.9217	2297.540	3761.995
99	P99	Pr =1366.04m	1366.0390	106.9973	2296.964	3752.011
100	P100	Pr =1376.04m	1376.0390	107.0791	2296.426	3742.026
101	P101	Pr =1386.04m	1386.0390	107.1607	2295.936	3732.038
102	P102	Pr =1396.04m	1396.0390	107.2422	2295.508	3722.047
103	P103	Pr =1406.04m	1406.0390	107.3236	2295.154	3712.053
104	P104	Pr =1416.04m	1416.0390	107.4047	2294.887	3702.057
105	P105	Pr =1426.04m	1426.0390	107.4856	2294.717	3692.059
106	P106	Pr =1436.04m	1436.0390	107.5663	2294.659	3682.059
107	P107	Pr =1446.04m	1446.0390	107.6466	2294.723	3672.059
108	P108	Pr =1456.04m	1456.0390	107.7253	2294.924	3662.061
109	P109	Pr =1460.94m	1460.9390	107.7547	2295.075	3657.163
110	P110	Pr =1475.94m	1475.9390	107.8464	2295.767	3642.180
111	P111	Pr =1490.25m	1490.2483	107.9674	2296.749	3627.904
112	P112	Pr =1490.94m	1490.9390	107.9735	2296.804	3627.216
113	P113	Pr =1505.94m	1505.9390	108.1068	2298.186	3612.280
114	P114	Pr =1519.56m	1519.5575	108.2740	2299.740	3598.751
115	P115	Pr =1529.56m	1529.5575	108.3986	2301.058	3588.838
116	P116	Pr =1539.56m	1539.5575	108.4966	2302.517	3578.945
117	P117	Pr =1549.56m	1549.5575	108.5928	2304.104	3569.072
118	P118	Pr =1559.56m	1559.5576	108.5806	2305.806	3559.218
119	P119	Pr =1569.56m	1569.5575	108.7332	2307.611	3549.382
120	P120	Pr =1579.56m	1579.5575	108.8119	2309.506	3539.564
121	P121	Pr =1589.56m	1589.5575	108.8052	2311.480	3529.760
122	P122	Pr =1599.56m	1599.5576	108.8480	2313.521	3519.971

123	P123	Pr =1609.56m	1609.5576	108.8752	2315.615	3510.192
124	P124	Pr =1619.56m	1619.5576	108.9181	2317.752	3500.423
125	P125	Pr =1629.56m	1629.5575	109.0491	2319.918	3490.661
126	P126	Pr =1639.56m	1639.5575	109.1761	2322.102	3480.902
127	P127	Pr =1644.46m	1644.4575	109.2056	2323.175	3476.121
128	P128	Pr =1669.46m	1669.4575	109.1838	2328.652	3451.729
129	P129	Pr =1694.46m	1694.4575	109.2416	2334.129	3427.336
130	P130	Pr =1719.46m	1719.4575	109.2572	2339.605	3402.943
131	P131	Pr =1744.46m	1744.4575	109.1783	2345.082	3378.550
132	P132	Pr =1769.46m	1769.4575	109.2539	2350.558	3354.157
133	P133	Pr =1794.46m	1794.4575	109.3295	2356.035	3329.765
134	P134	Pr =1819.46m	1819.4575	109.4051	2361.512	3305.372
135	P135	Pr =1844.46m	1844.4575	109.4776	2366.988	3280.979
136	P136	Pr =1869.46m	1869.4575	109.7089	2372.465	3256.586
137	P137	Pr =1894.46m	1894.4575	109.4585	2377.942	3232.194
138	P138	Pr =1919.46m	1919.4575	109.5011	2383.418	3207.801
139	P139	Pr =1944.46m	1944.4575	109.6475	2388.895	3183.408
140	P140	Pr =1969.46m	1969.4575	109.8921	2394.371	3159.015
141	P141	Pr =1994.46m	1994.4575	110.1366	2399.848	3134.623
142	P142	Pr =2019.46m	2019.4575	110.3811	2405.325	3110.230
143	P143	Pr =2044.46m	2044.4575	110.6262	2410.801	3085.837
144	P144	Pr =2069.46m	2069.4575	110.8871	2416.278	3061.444
145	P145	Pr =2092.36m	2092.3571	111.1379	2421.295	3039.101
146	P146	Pr =2102.36m	2102.3571	111.2457	2423.484	3029.344
147	P147	Pr =2112.36m	2112.3571	111.3612	2425.665	3019.584
148	P148	Pr =2122.36m	2122.3571	111.4957	2427.830	3009.822
149	P149	Pr =2132.36m	2132.3571	111.5591	2429.971	3000.054
150	P150	Pr =2142.36m	2142.3571	111.5624	2432.080	2990.279
151	P151	Pr =2152.36m	2152.3571	111.7200	2434.149	2980.495
152	P152	Pr =2162.36m	2162.3571	111.8148	2436.169	2970.701
153	P153	Pr =2172.36m	2172.3571	111.7119	2438.133	2960.896
154	P154	Pr =2182.36m	2182.3571	111.4676	2440.032	2951.078
155	P155	Pr =2192.36m	2192.3571	111.2401	2441.858	2941.246
156	P156	Pr =2202.36m	2202.3571	111.3623	2443.603	2931.399
157	P157	Pr =2212.36m	2212.3571	111.2549	2445.259	2921.538
158	P158	Pr =2222.36m	2222.3571	111.2480	2446.817	2911.660
159	P159	Pr =2232.36m	2232.3571	111.2732	2448.270	2901.766
160	P160	Pr =2235.19m	2235.1856	111.2836	2448.660	2898.964
161	P161	Pr =2250.19m	2250.1856	111.2836	2450.575	2884.087
162	P162	Pr =2265.19m	2265.1856	111.2752	2452.227	2869.179
163	P163	Pr =2280.19m	2280.1856	111.2373	2453.616	2854.243
164	P164	Pr =2295.19m	2295.1856	111.2996	2454.741	2839.286
165	P165	Pr =2310.19m	2310.1856	111.4253	2455.602	2824.311
166	P166	Pr =2325.19m	2325.1856	111.5361	2456.199	2809.323
167	P167	Pr =2340.19m	2340.1856	111.4558	2456.531	2794.327
168	P168	Pr =2355.19m	2355.1856	111.4043	2456.598	2779.327
169	P169	Pr =2366.26m	2366.2618	111.4224	2456.478	2768.252
170	P170	Pr =2370.19m	2370.1856	111.4295	2456.401	2764.329
171	P171	Pr =2385.19m	2385.1856	111.4920	2455.939	2749.336
172	P172	Pr =2400.19m	2400.1856	111.5690	2455.212	2734.354
173	P173	Pr =2415.19m	2415.1856	111.6370	2454.221	2719.387
174	P174	Pr =2430.19m	2430.1856	111.7055	2452.967	2704.439
175	P175	Pr =2445.19m	2445.1856	111.7744	2451.448	2689.517
176	P176	Pr =2460.19m	2460.1856	111.9246	2449.667	2674.623
177	P177	Pr =2475.19m	2475.1856	112.1169	2447.623	2659.763

178	P178	Pr =2490.19m	2490.1856	112.2638	2445.317	2644.942
179	P179	Pr =2497.34m	2497.3379	112.2927	2444.126	2637.889
180	P180	Pr =2507.34m	2507.3379	112.3364	2442.362	2628.046
181	P181	Pr =2517.34m	2517.3379	112.3896	2440.490	2618.223
182	P182	Pr =2527.34m	2527.3379	112.4349	2438.519	2608.419
183	P183	Pr =2537.34m	2537.3379	112.4691	2436.458	2598.634
184	P184	Pr =2547.34m	2547.3379	112.6060	2434.313	2588.867
185	P185	Pr =2557.34m	2557.3379	112.7549	2432.094	2579.116
186	P186	Pr =2567.34m	2567.3379	112.7679	2429.808	2569.381
187	P187	Pr =2577.34m	2577.3379	112.7565	2427.464	2559.659
188	P188	Pr =2587.34m	2587.3379	112.7184	2425.070	2549.950
189	P189	Pr =2597.34m	2597.3379	112.7169	2422.633	2540.252
190	P190	Pr =2607.34m	2607.3379	112.7539	2420.162	2530.562
191	P191	Pr =2617.34m	2617.3379	112.7991	2417.665	2520.878
192	P192	Pr =2627.34m	2627.3379	112.7395	2415.150	2511.200
193	P193	Pr =2637.34m	2637.3379	112.7145	2412.625	2501.524
194	P194	Pr =2640.17m	2640.1664	112.8094	2411.910	2498.787
195	P195	Pr =2665.17m	2665.1664	113.0928	2405.589	2474.600
196	P196	Pr =2690.17m	2690.1664	113.0647	2399.269	2450.412
197	P197	Pr =2715.17m	2715.1664	113.3974	2392.948	2426.224
198	P198	Pr =2740.17m	2740.1664	113.3366	2386.628	2402.036
199	P199	Pr =2765.17m	2765.1664	113.4221	2380.307	2377.848
200	P200	Pr =2790.17m	2790.1664	113.3506	2373.987	2353.660
201	P201	Pr =2815.17m	2815.1664	113.6449	2367.666	2329.472
202	P202	Pr =2840.17m	2840.1664	113.8683	2361.346	2305.285
203	P203	Pr =2845.93m	2845.9259	113.8813	2359.890	2299.712
204	P204	Pr =2855.93m	2855.9259	113.9291	2357.361	2290.037
205	P205	Pr =2865.93m	2865.9259	113.9772	2354.827	2280.364
206	P206	Pr =2875.93m	2875.9259	114.0253	2352.284	2270.692
207	P207	Pr =2885.93m	2885.9259	114.0735	2349.726	2261.025
208	P208	Pr =2895.93m	2895.9259	114.1219	2347.150	2251.363
209	P209	Pr =2905.93m	2905.9259	114.1705	2344.550	2241.707
210	P210	Pr =2915.93m	2915.9259	114.2193	2341.921	2232.058
211	P211	Pr =2925.93m	2925.9259	114.2684	2339.259	2222.419
212	P212	Pr =2935.93m	2935.9259	114.3205	2336.560	2212.790
213	P213	Pr =2945.93m	2945.9259	114.3752	2333.818	2203.174
214	P214	Pr =2955.93m	2955.9259	114.4306	2331.028	2193.571
215	P215	Pr =2965.93m	2965.9259	114.4870	2328.187	2183.983
216	P216	Pr =2975.93m	2975.9259	114.5444	2325.290	2174.412
217	P217	Pr =2985.93m	2985.9259	114.6029	2322.331	2164.859
218	P218	Pr =2995.93m	2995.9259	114.6626	2319.307	2155.328
219	P219	Pr =3005.93m	3005.9259	114.7235	2316.213	2145.818
220	P220	Pr =3015.63m	3015.6315	114.7838	2313.138	2136.613
221	P221	Pr =3030.63m	3030.6315	114.8797	2308.241	2122.435
222	P222	Pr =3045.63m	3045.6315	114.9787	2303.167	2108.319
223	P223	Pr =3060.63m	3060.6315	115.0841	2297.918	2094.268
224	P224	Pr =3075.63m	3075.6315	115.1837	2292.493	2080.283
225	P225	Pr =3090.63m	3090.6315	115.2237	2286.894	2066.367
226	P226	Pr =3105.63m	3105.6315	115.3437	2281.121	2052.523
227	P227	Pr =3120.63m	3120.6315	115.4477	2275.175	2038.752
228	P228	Pr =3135.63m	3135.6315	115.5067	2269.058	2025.056
229	P229	Pr =3150.63m	3150.6315	115.5868	2262.770	2011.437
230	P230	Pr =3165.63m	3165.6315	115.7431	2256.313	1997.899
231	P231	Pr =3180.63m	3180.6315	115.7364	2249.687	1984.442
232	P232	Pr =3195.63m	3195.6315	115.6571	2242.893	1971.069

233	P233	Pr =3210.63m	3210.6315	115.5851	2235.932	1957.781
234	P234	Pr =3225.63m	3225.6315	115.6757	2228.806	1944.582
235	P235	Pr =3240.63m	3240.6315	115.8529	2221.515	1931.473
236	P236	Pr =3255.63m	3255.6315	115.9405	2214.062	1918.457
237	P237	Pr =3270.63m	3270.6315	116.0287	2206.446	1905.534
238	P238	Pr =3285.63m	3285.6315	116.1174	2198.669	1892.708
239	P239	Pr =3300.63m	3300.6315	116.2066	2190.732	1879.979
240	P240	Pr =3315.63m	3315.6315	116.2963	2182.637	1867.351
241	P241	Pr =3330.63m	3330.6315	116.3865	2174.385	1854.825
242	P242	Pr =3345.63m	3345.6315	116.4771	2165.977	1842.404
243	P243	Pr =3356.96m	3356.9603	116.5459	2159.524	1833.092
244	P244	Pr =3360.63m	3360.6315	116.5682	2157.414	1830.088
245	P245	Pr =3375.63m	3375.6315	116.6598	2148.698	1817.880
246	P246	Pr =3390.63m	3390.6315	116.7518	2139.830	1805.783
247	P247	Pr =3405.63m	3405.6315	116.8442	2130.811	1793.797
248	P248	Pr =3420.63m	3420.6315	116.9370	2121.643	1781.925
249	P249	Pr =3435.63m	3435.6315	117.0302	2112.328	1770.168
250	P250	Pr =3450.63m	3450.6315	117.0827	2102.866	1758.528
251	P251	Pr =3465.63m	3465.6315	117.1266	2093.260	1747.008
252	P252	Pr =3480.63m	3480.6315	117.1649	2083.511	1735.609
253	P253	Pr =3495.63m	3495.6315	117.1975	2073.619	1724.332
254	P254	Pr =3510.63m	3510.6315	117.2244	2063.588	1713.180
255	P255	Pr =3525.63m	3525.6315	117.2456	2053.418	1702.155
256	P256	Pr =3540.63m	3540.6315	117.2979	2043.111	1691.257
257	P257	Pr =3555.63m	3555.6315	117.3663	2032.668	1680.489
258	P258	Pr =3570.63m	3570.6315	117.4284	2022.092	1669.852
259	P259	Pr =3585.63m	3585.6315	117.4830	2011.383	1659.349
260	P260	Pr =3600.63m	3600.6315	117.5410	2000.544	1648.980
261	P261	Pr =3615.63m	3615.6315	117.5486	1989.577	1638.747
262	P262	Pr =3630.63m	3630.6315	117.5886	1978.482	1628.652
263	P263	Pr =3645.63m	3645.6315	117.4865	1967.262	1618.697
264	P264	Pr =3660.63m	3660.6315	117.4036	1955.918	1608.883
265	P265	Pr =3675.63m	3675.6315	117.4457	1944.453	1599.211
266	P266	Pr =3690.63m	3690.6315	117.5237	1932.868	1589.683
267	P267	Pr =3698.29m	3698.2891	117.5074	1926.908	1584.875
268	P268	Pr =3708.29m	3708.2891	117.5506	1919.079	1578.653
269	P269	Pr =3718.29m	3718.2891	117.6258	1911.202	1572.493
270	P270	Pr =3728.29m	3728.2891	117.7212	1903.279	1566.391
271	P271	Pr =3738.29m	3738.2891	117.7207	1895.315	1560.343
272	P272	Pr =3748.29m	3748.2891	117.7052	1887.313	1554.347
273	P273	Pr =3758.29m	3758.2891	117.4244	1879.276	1548.397
274	P274	Pr =3768.29m	3768.2891	117.0847	1871.206	1542.491
275	P275	Pr =3778.29m	3778.2891	116.7700	1863.108	1536.624
276	P276	Pr =3788.29m	3788.2891	116.2654	1854.984	1530.793
277	P277	Pr =3798.29m	3798.2891	116.0029	1846.837	1524.994
278	P278	Pr =3808.29m	3808.2891	115.8217	1838.671	1519.223
279	P279	Pr =3818.29m	3818.2891	115.5850	1830.487	1513.475
280	P280	Pr =3828.29m	3828.2891	115.3642	1822.290	1507.748
281	P281	Pr =3838.29m	3838.2891	115.1985	1814.081	1502.037
282	P282	Pr =3848.29m	3848.2891	114.9315	1805.864	1496.337
283	P283	Pr =3858.29m	3858.2891	114.5546	1797.642	1490.646
284	P284	Pr =3867.99m	3867.9946	114.0743	1789.659	1485.126
285	P285	Pr =3892.99m	3892.9946	113.5746	1769.095	1470.909
286	P286	Pr =3917.99m	3917.9946	113.6127	1748.531	1456.692
287	P287	Pr =3925.54m	3925.5410	113.5971	1742.323	1452.401



Chapitre XIII : Assainissement

XIII.1.Introduction :

La gestion des eaux de ruissellement et d'infiltration est une composante incontournable de tout projet de modernisation routière, en particulier sur un linéaire de 4 km à proximité immédiate d'un ouvrage hydraulique sensible. Dans le cadre de ce travail, et au regard des contraintes de temps et de disponibilité des données de terrain, cette partie ne constitue pas un dimensionnement hydraulique complet, mais présente les bases techniques et réglementaires nécessaires à la future conception du système d'assainissement. Nous y rappelons les critères de conception, les typologies d'ouvrages adaptés au contexte local, ainsi que les dispositions générales de drainage recommandées par la réglementation en vigueur. Cette approche permet de poser un socle méthodologique solide, de signaler les zones critiques du tracé et de garantir que les principes de durabilité soient intégrés dès la phase d'études préliminaires. Le dimensionnement fin et la validation hydraulique des ouvrages relèveront naturellement de la phase d'exécution, qui disposera des moyens d'investigation et des modélisations spécifiques requis.

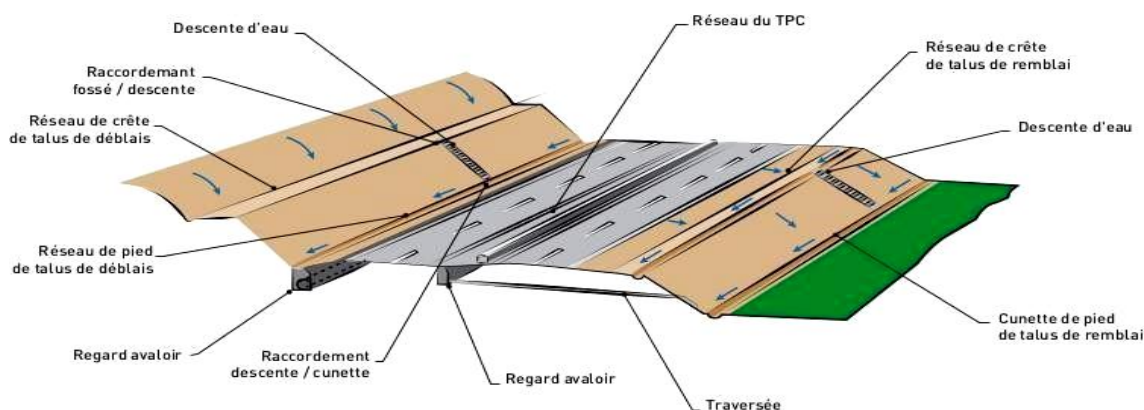


FIGURE. XIII. 1:L'emplacement des ouvrages d'assainissement

Les types de dégradation provoqués par les eaux sont engendrés comme suit:

Pour les chaussées

- Affaissement (présence d'eau dans le corps de chaussées).
- Nid de poule (dégel, forte proportion d'eau dans la chaussée avec un trafic important).
- Décollement des bords (affouillement des flancs

Pour les talus

- Glissement.

- Erosion.

Affouillements du pied de talus



FIGURE. XIII. 2: Dégradation de la chaussée et des talus au niveau du projet étudié

XIII.2. Assainissement de la chaussée :

La détermination du débouché a donné aux ouvrages tels que dalots, ponceaux, ponts, etc., dépend du débit de crue qui est calculé d'après les mêmes considérations. Les ouvrages sous chaussée les plus courants utilisés pour l'évacuation des petits débits sont les dalots et buses à section circulaire.

Quand la hauteur du remblai est insuffisante, il est préférable de construire un dalot dont la dalle est en béton armé.

Parmi les ouvrages destinés à l'écoulement des eaux, on peut citer ces deux catégories :

- Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cuvettes, caniveaux).
- Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur et dalot) [15].

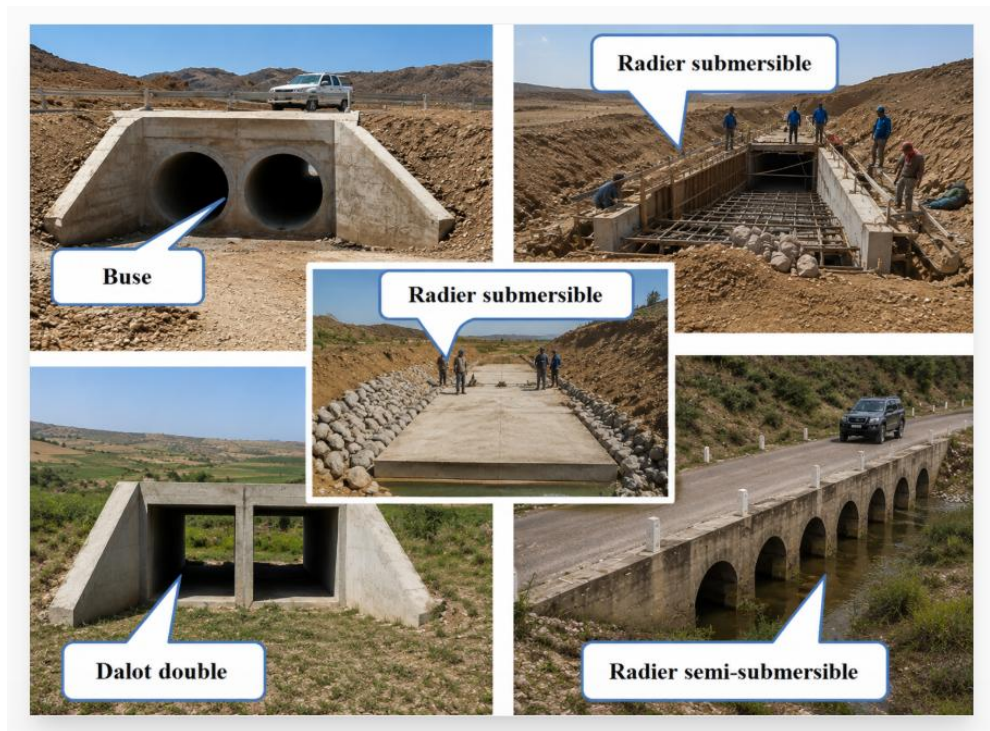


FIGURE. XIII. 3:Exemple d'un ouvrage de franchissement

XIII.3. Objectif de l'assainissement :

Dans le cadre de la modernisation du tronçon étudié, le système d'assainissement doit répondre aux exigences techniques et fonctionnelles suivantes :

- **Sécurité et continuité de service** : Assurer l'évacuation rapide des eaux de ruissellement circulant sur la chaussée afin de prévenir les risques d'aquaplaning et de garantir un niveau d'adhérence optimal pour les usagers.
- **Préservation de la structure portante** : Interceptor et drainer les eaux d'infiltration traversant les couches de chaussée pour éviter la saturation du sol de fondation, limiter les effets du gel-dégel et maintenir la capacité portante de la plateforme.
- **Maîtrise de l'érosion hydrique** : Protéger les talus, les fossés et les abords de l'emprise routière contre le ravinement et la dégradation mécanique induite par les écoulements concentrés.
- **Gestion des apports hydrologiques externes** : Détourner ou évacuer les eaux de ruissellement latéral et les écoulements souterrains situés en amont de la plateforme, afin de prévenir toute infiltration parasite ou remontée de nappe.

- **Optimisation économique et pérennité** : Réduire les besoins en maintenance corrective, limiter les interruptions de trafic et prolonger la durée de service de l'infrastructure grâce à une gestion hydraulique maîtrisée dès la phase de conception.

XIII.4. Types de canalisations :

Les ouvrages d'assainissement routier se répartissent selon leur fonction hydraulique et leur implantation géométrique. D'une part, les réseaux longitudinaux (fossés, caniveaux, cuvettes) assurent la collecte et le transport des eaux de ruissellement parallèlement à l'axe de la chaussée. D'autre part, les ouvrages transversaux et de raccordement (buses, dalots, regards, têtes de collecteur) permettent le franchissement de la plateforme ou la jonction entre les différents tronçons du réseau. Pour les faibles débits, les buses à section circulaire et les dalots rectangulaires constituent les solutions les plus couramment employées sous chaussée, en raison de leur simplicité de mise en œuvre et de leur adaptabilité aux contraintes topographiques locales.

Les solutions proposées :

- Réalisation de 02 dalots.
- Mise en place 10 buses.

XIII.5. Evaluation des débits des eaux pluviales :

L'estimation des débits pluviaux de projet constitue un préalable indispensable au dimensionnement hydraulique des ouvrages d'assainissement routier. Dans le cadre de cette approche méthodologique, deux méthodes hydrologiques de référence sont présentées : la méthode rationnelle, couramment retenue pour les bassins versants de taille modérée, et la méthode de Caquot, dont la formulation intègre les phénomènes de stockage et de régulation propres aux réseaux plus étendus. Les principes théoriques, les paramètres d'entrée et les limites d'application de chacune de ces méthodes sont détaillés ci-après.

XIII.5.1. La Méthode Rationnelle

Privilégiée pour les bassins versants inférieurs à 10–15 ha, elle suppose une réponse instantanée du bassin et néglige les effets de stockage. La formule s'écrit :

$$Q_p = C \times i \times A$$

(XIII.1)

- **C (Coefficient de ruissellement)** : Rapport entre le volume d'eau qui ruisselle et le volume d'eau précipité. Il dépend de la nature du sol et de son imperméabilisation.
- **i (Intensité de la pluie)** : Exprimée en mm/h, elle correspond à l'intensité moyenne maximale pour une durée égale au temps de concentration (t_c) du bassin.
- **A (Superficie)** : Surface drainée par le bassin versant.

XIII.5.2. La Méthode de Caquot

Recommandée pour les bassins plus vastes (jusqu'à 200 ha) ou lorsque les effets d'inertie hydraulique du réseau sont significatifs, elle introduit des coefficients empiriques calibrés sur des observations régionales :

$$Q_p = K \times I^\alpha \times C^\beta \times A \quad (\text{XIII.2})$$

Les paramètres K , α , β , γ sont des coefficients qui dépendent de la région (coefficients de Montana pour la pluviométrie) et de la période de retour choisie (ex: décennale).

XIII.5.3. Paramètres clés pour le calcul

Pour appliquer ces méthodes, plusieurs données d'entrée sont indispensables :

- **Données pluviométriques** : Utilisation des courbes Intensité-Durée-Fréquence (IDF) ou des coefficients de Montana.
- **Temps de concentration (t_c)**: Temps nécessaire pour qu'une goutte d'eau tombée au point le plus éloigné atteigne l'exutoire.
- **Pente moyenne (I)**: Elle influence la vitesse d'écoulement et donc le temps de concentration.
- **Débit de fuite** : Dans certains projets, le rejet vers le milieu naturel est limité à un débit spécifique (ex: 3 l/s/ha pour une pluie décennale) pour éviter les inondations en aval.

Chapitre XIV : Signalisation routier

XIV.1. Introduction :

La signalisation routière acquiert une importance de plus en plus grande au fur et à mesure que se développe la circulation et que la vitesse des véhicules augmente.

Les textes jusqu'alors en vigueur tendant à être inadaptés aux nouvelles conditions de Circulation, la présente instruction est destinée à avoir une influence favorable sur le débit des routes et sur la sécurité de leurs usagers. Pour cela elle fixe jusque dans les détails la nature des signaux, leurs conditions d'implantation ainsi que toutes les règles se rapportant à l'établissement de la signalisation routière. La signalisation a été élaborée selon l'instruction interministérielle sur la signalisation routière de 1974 et les normes des équipements des routes interurbaines du Guide de (SETRA – Décembre 1998).

XIV.2. Objet de la signalisation routière :

La Signalisation routière a pour objet

- de rendre plus sûre la circulation routière,
- de faciliter cette circulation .
- d'indiquer ou rappeler diverses prescriptions particulières de police.

XIV.3. Catégories de signalisation

On distingue :

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

XIV.4. Règles à respecter de la signalisation routière

Dans la signalisation routière, il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes :

- ✓ Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité) ;
- ✓ Cohérence avec les règles de circulation ;
- ✓ Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale ;
- ✓ Éviter la publicité irrégulière ;

Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention

de l'usager.

XIV.5. Type de signalisation

Il y a deux types de signalisations : verticale et horizontale.

XIV.5.1. Signalisation horizontale

Afin de renforcer la sécurité routière. Une signalisation horizontale sera envisagée et Consistera en un marquage sur chaussée des bandes en couleur blanche rétro réfléchissante en Enduit à chaud selon la largeur et la modulation prévues dans l'étude.

La signalisation horizontale sur chaussée a pour but d'indiquer d'une façon bien claire les Parties de la chaussée consacrées aux différentes voies de circulation ou à certaines catégories D'usagers de la route, ainsi que dans certains cas, le comportement que les conducteurs doivent observer

En section courante, ce marquage assure le rôle de guidage par délimitation des voies de Circulation et de prescription.

Le dispositif qui a été adopté pour le présent projet est :

- ligne discontinue.

-ligne continue.

✓ **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

Ces lignes utilisées sont marquées pour indiquer les sections de route où le dépassement est Interdit.



FIGURE.XIV. 1:Ligne discontinue.

✓ **Lignes discontinues** : 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.



FIGURE.XIV. 2:Ligne continue

XIV.5.2. Signalisation verticale :

La signalisation routière verticale regroupe, dans le domaine du transport routier, les différentes formes de signalisation que sont les panneaux, les balises et les feux tricolores, par opposition à la signalisation routière horizontale, qui concerne principalement le marquage au sol.

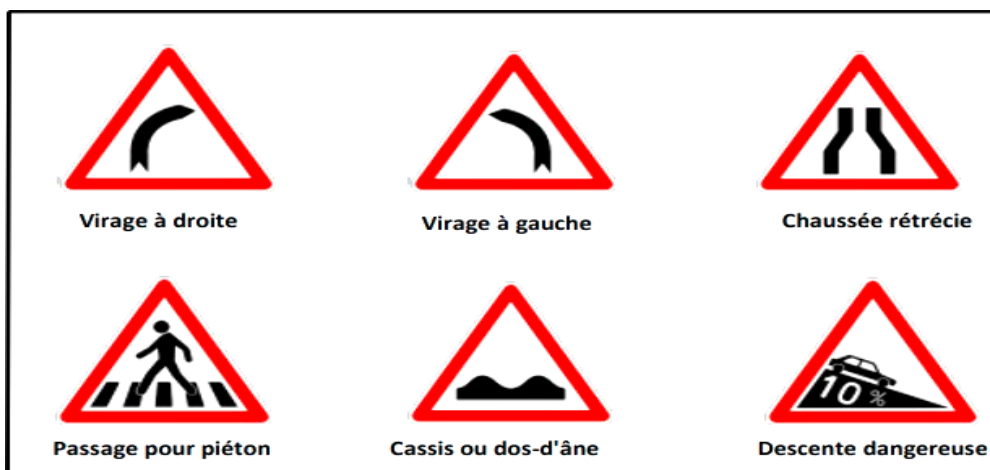






FIGURE.XIV. 3:Les signaux de danger

Tableau XIV.1 :Signaux à simple indication

Désignation	Symbole
Arrêt à l'intersection 'Signal de position'	
Limitation de vitesse → Ce panneau notifie l'interdiction de dépassé la vitesse indiquée	
Virage à droite	
Virage à gauche	



Devis Quantitatif et Estimatif

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

Désignation des travaux	U	Quantité	P/Unitaire	MONTANT
Travaux de décaissement de la chaussée existante avec décapage de la terre végétale y/c enlèvement des ronces et roseaux, débroussaillage, élargissement de la plateforme avec arrosage, compactage et finition évacuation des déblais au décharge publics et toutes sujétions de mise en œuvre	M ³	17055.00	100.00	1,705,500.00
Travaux de terrassement des déblais de terrain de toute nature e y/c, élargissement de la plateforme avec arrosage, compactage et finition évacuation des déblais au décharge publics et toutes sujétions de mise en œuvre	M ³	1117.00	300.00	335,100.00
Exécution d'une couche de remblais en matériau sélectionné pour rattrapage de niveau sur une épaisseur variable y/c réglage, arrosage compactage, essai de compacité finition et toutes sujétions de mise en œuvre	M ³	57710.00	500.00	28,855,000.00
Exécution de la couche de fondation en TUF de carrière sélectionné sur une épaisseur de 25 cm y/c réglage, arrosage compactage, essai de compacité finition et toutes sujétions de mise en œuvre	M ³	11000.00	1200.00	13,200,000.00
Exécution de la couche de base en grave concassé 0/31,5 sur une épaisseur de 15 cm y/c réglage, arrosage compactage, essai de compacité finition et toutes sujétions de mise en œuvre	M ³	6600.00	1,800.00	11,880,000.00
Exécution d'une couche de roulement en béton bitumineux 0/14 sur 06 cm d'épaisseur y compris couche d'imprégnation au Cut-Back 0/1 et toutes sujétions de mise en œuvre.	T	3864.00	8,500.00	32,844,000.00
Rechargement des accotements en grave concassé sur 6cm d'épaisseur, y compris arrosage, compactage et toutes sujétions de mise en œuvre.	M ³	960.00	1,800.00	1,728,000.00
Fourniture et pose de bordure de trottoirs préfabriqués type T2 posé sur un lit de béton y compris Terrassement pour ancrage et jointement des joints en ciment et épaulement, rattrapage de niveau en béton, peinture mat axiale et toutes sujétions de mise en œuvre	MI	100.00	1,200.00	120,000.00

Devis Quantitatif et Estimatif

Travaux de signalisation horizontale de ligne continue	ML	4000.00	120.00	480,000.00
Travaux de signalisation horizontale de ligne de rive discontinue	ML	8000.00	100.00	800,000.00
f/p des panneaux de signalisation verticale y compris support métallique en acier galvanisé hauteur 2,5 m avec fixation et toutes sujétions de mise en œuvre.	U	20.00	8,000.00	160,000.00
Réalisation des dalots	U	2.00	5,000,000.00	10,000,000.00
Réalisation des buses diamètre 1500 mm	ML	150.00	15,000.00	2,250,000.00
Fourniture et pose de candélabre cylindro conique En acier galvanisé hauteur 7 m y compris les Fouilles en tranchées, socles en béton, câbles 4x16 Mm2, remblaiement, cross avec luminaire 200w, Câbles 3x2.5 mm2, gaines, mise à la terre, grillage Avertisseur, sur massif et toutes sujétions de mise En œuvre	U	20	100.000.00	2.000.000.00
TOTAL H T.....				106.357.600.00
T.V.A 19 %.....				20.207.944.00
TOTAL T.T.C				126.565.544.00

Arrêté le présent devis à la somme de :

Cent vingt-six millions cinq cent soixante-cinq mille cinq cent quarante-quatre dinars algériens



CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION

Ce mémoire a porté sur l'étude de modernisation d'un tronçon routier de 4 km reliant la RN 11 à la CW 69, au niveau du barrage d'Oued Kramis (Mostaganem). L'objectif principal était d'améliorer les conditions de circulation, la sécurité routière, la fluidité du trafic et la durabilité de l'infrastructure. L'état des lieux réalisé en phase APS, couplé à l'analyse des paramètres géométriques existants, a mis en évidence une dégradation avancée de la chaussée et un tracé sinueux comportant 33 virages, facteurs majeurs de dégradation de la sécurité des usagers.

Face à ces constats, Ce nouveau projet réduit le nombre de virages de 33 à 5, tout en respectant strictement les prescriptions de la norme B40 pour les rayons horizontaux et verticaux. La chaussée a été dimensionnée à $2 \times 3,5$ m, bordée d'accotements de 2 m de largeur de chaque côté, et dotée d'une structure routière d'épaisseur totale de 46 cm. Ces choix techniques garantissent une capacité de service adaptée au trafic actuel et anticipent l'évolution future de la demande, tout en assurant un niveau de sécurité et de confort optimal.

Cette opération de modernisation constitue une avancée significative pour la région de Mostaganem. Elle répond aux besoins immédiats de mobilité tout en s'inscrivant dans une logique de développement territorial durable. Par sa conception normative et sa robustesse structurelle, ce projet peut servir de référence pour la réhabilitation d'autres axes routiers nationaux, contribuant ainsi à un cadre de vie amélioré, à des déplacements plus sûrs et à une meilleure efficacité du réseau.

Enfin, pour pérenniser les performances de cette infrastructure, il est recommandé de mettre en place un programme d'entretien périodique et un suivi technique rigoureux, garantissant ainsi sa fiabilité, sa sécurité et sa durabilité à long terme.

Références bibliographiques

- [1] CNES, 2005. Le développement de l'infrastructure routière : Nécessité de choix économiques et de meilleure sécurité des transports. Publication du Conseil National Economique et Social Avril, 2005
- [2] Kulkarni, R.B.; Miller, R.W. Systèmes de gestion des chaussées : passé, présent et futur. *Transp. Res. Rec.*2003, 1853, 65–71.
- [3] Moghadas Nejad, F. Cadre du système de gestion des chaussées en Iran ; Institut de recherche sur les transports (TRI) : Téhéran, Iran, 2009 ; p. 398.
- [4] Jahanshahi, M.R.; Karimi, F.J.; Masri, S.F.; Becerik-Gerber, B. Évaluation autonome de l'état des chaussées. Brevet américain n° 9 196 048, 24 novembre 2015.
- [5] Centre des Techniques des Travaux Publics (CTTP). (2019). *Guide technique de dimensionnement des chaussées. Alger, Algérie : CTTP.
- [6] CEREMA. (2020). Assainissement et drainage routier. Paris, France : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement.
- [7] ONS. Annuaire statistique de l'Algérie 2024. Alger : Office National des Statistiques, 2024.
- [8] B40 : Norme technique d'aménagement des routes "Octobre (1977)".
- [9] DTP Mostaganem : Direction des Travaux Publics de la wilaya de Mostaganem.
- [10] Signalisation routière : Arrêté Interministériel du 15 juillet 1974 (SETRA).
- [11] AASHTO. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets (Green Book), 7th Edition, 2018.
- [12] BESSOLTANE, A. (2025) : Etude et modernisation d'un tronçon routier reliant Relizane à Tiaret (RN23) sur un linéaire de 3,5 km du PK 57+000 au PK 62+650 (Mémoire de fin d'études).
- [13] Les cours de routes : Université de Mostaganem.
- [14] CTTP (2001) : Catalogue de dimensionnement des chaussées.
- [15] HADDOUCHE,. (2024) : Modernisation d'un tronçon routier du chemin de wilaya reliant Mazagran à Stidia sur un linéaire de 3 km 400 m (Mémoire de fin d'études).

Outils informatiques :

- Logiciel Covadis 17.0
- AutoCAD 2020
- Microsoft Excel 2016
- Microsoft Word 2016
- Google Earth Pro
- Logiciel ArcGIS