

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ IBN KHALDOUN DE TIARET



FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES
DÉPARTEMENT DE GÉNIE CIVIL

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Génie Civil

Option : V.O.A

Présenté par :

NOUAR SAHRAOUI
M'BAREK MOHAMED

Sujet du mémoire

**Etude d'un tronçon routier reliant les communes
Madna et Rosfa sur 3.5Km – Wilaya de Tiaret**

Soutenu publiquement le /10/2020 devant le jury composé de :

Mr, M.AIT AMAR MEZIANE	Président
Mr, R.BENFERHAT	Rapporteur
Mme, L. KHARROUBI	Examineur
Mlle, S. AIT YAHIA	Examineur

PROMOTION : Septembre 2020

REMERCIEMENTS

Nous remercions d'abord Dieu Tout-Puissant
qui nous a donné la force et le courage de réaliser ce travail.
Deuxièmement, nous exprimons nos sincères remerciements
à notre superviseur M: Benferhat Rabia.

Nous remercions également les membres du jury d'avoir
accepter d'évaluer ce travail.

Nous remercions tous nos professeurs de l'université Ibn
Khaldoun.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui, de près ou
de loin ont contribué à l'élaboration de ce travail.

DEDICACES

*Tout d'abord, je remercie le Bon Dieu qui m'a donné le courage
d'atteindre cette étape finale de l'étude.*

Je dédie ce travail à:

*Mes chers parents qui m'ont guidé dans les moments les plus
douloureux de ce long chemin, ma mère qui a été à mes côtés et m'a
soutenu toute ma vie, et mon père qui a donné toute sa vie pour me
voir devenir ce que je suis.*

*Chers frères: Nasser, Muhammad, Adnan et mes chères sœurs
à mon cœur et aux petits poussins, à toute ma famille M'barek et
Zabouch, à*

Mes amis et tous ceux qui m'aiment de près ou de loin.

À mon ami et partenaire, Houar Sahraoui.

Et pour tous mes camarades de classe de la classe 2020.

M'barek Mohamed

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin, ma Mère qui a été toujours à mes côtés et

ma soutenu durant toute ma vie, et mon père qui a sacrifié toute sa vie afin

de me voir devenir ce que je suis.

Que dieu me les garde en très bonne santé, Merci mes parents.

A mes chers frères (Mokhtar et Tlies) et mes chères sœurs, et à toute ma famille.

A ma très chère fiancée.

A mes amis chacun avec son nom.

A Mon ami et binôme "M'barek Mohamed".

Et à tous mes collègues de la promotion 2020.

A tous ceux qui m'aiment et que j'aiment.

Nouar Sahraoui

SOMMAIRE

Introduction générale	1
CHAPITRE I : PRÉSENTATION DU PROJET	
I.1. INTRODUCTION	3
I.2. PRESENTATION DE LA WILAYA DE TIARET	3
I.3. DESCRIPTION DU PROJET.....	5
I.3.1. Objectif du projet	6
CHAPITRE II : PARAMÈTRES DE BASE D'UN PROJET ROUTIER	
II.1. DEFINITION.....	7
II.2. CATEGORIE DE LA ROUTE.....	7
II.2.1. Classification technique.....	7
II.2.2. Classification administratif.....	7
II.3. ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE	8
II.3.1. La dénivelée cumulée moyenne	8
II.3.2. La Sinuosité moyenne	9
II.4. APPLICATIONT AU PROJET.....	10
II.4.1.Catégorie.....	10
II.4.2. Le dénivelé cumulé moyenne	10
II.4.3. Sinuosité	11
II.4.4. Type d'environnement.....	11
II.4.4.1. Plan de situation de la route.....	11
CHAPITRE III : ÉTUDE DU TRAFIC	
III.1. INTRODUCTION	12
III.2. L'ANALYSE DU TRAFIC EXISTANT	12
III.2.1. La mesure des trafics.....	12
III.2.1.1. Les comptages	12
III.2.1.2. Les enquêtes origine destination	13
III.3.DEFRENTES TYPES DE TRAFICS	14
III.3.1. Trafic normale	15
III.3.2. Trafic dévie	15
III.3.3. Trafic induit.....	15
III.3.4. Trafic total	15

III.4. CALCUL DE LA CAPACITE	15
III.4.1. Définition de la capacité	15
III.4.2. Projection future du trafic	16
III.4.3. Calcul de trafic effectif.....	16
III.4.4. Débit de point horaire normal	16
III.4.5. Débit horaire admissible.....	17
III.4.6. Détermination nombre des voies.....	17
III.5. APPLICATION AU PROJET.....	18
III.5.1 Les données de trafic.....	18
III.5.2. Projection future de trafic.....	18
III.5.3. Calcul du trafic effectif	19
III.5.4. Débit de point horaire normal	19
III.5.5. Débit admissible.....	20
III.5.6. Le nombre de voies	20
III.5.7. Calcul de l'année de saturation	20

CHAPITRE IV : ÉTUDE GÉOMÉTRIQUE

IV.1. LES PARAMETRE DE BASE POUR LES ETUDES DE TRACE	22
IV.1.1. Vitesse de référence des véhicule l'légers et des poids lourd	22
IV.1.2. Paramètres cinématiques	23
IV.1.2.1. Distance minimale de freinage	23
IV.1.2.2. Distance d'arrêt.....	24
IV.1.2.2.1. Temps de perception-réaction	24
IV.1.2.2.2. Distance d'arrêt en alignement droit.....	25
IV.1.2.2.3. Distance d'arrêt en courbe	27
IV.1.2.3. Distance de visibilité de dépassement et de manœuvre.....	27
IV.1.2.3.1. Distance de visibilité de dépassement minimale	27
IV.1.2.3.2. Distance de la manœuvre de dépassement.....	28
IV.1.2.3.4. Distance de sécurité entre deux véhicules	28
IV.2. APPLICATION AU PROJET	29
IV.2.1. Distance de freinage.....	29
IV.2.2. Distance d'arrêt en alignement droit.....	29
IV.2.3. Distance d'arrêt en courbe	29
IV.2.4. Distance de visibilité de dépassement.....	30

IV.2.5. Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	30
IV.2.6. Distance de sécurité entre deux véhicules.....	30
IV.3. LE TRACE EN PLAN.....	31
IV.3.1. Règles à respecter dans le tracé en plan.....	32
IV.3.2. Eléments du tracé en plan	33
IV.3.2.1. Alignement.....	33
IV.3.2.2. Arc de cercle	33
IV.3.2.3. Clothoïde.....	33
IV.3.2.4. Rayon en plan	33
IV.3.2.5. Rayon horizontal minimal absolu	35
IV.3.2.6. Rayon minimale normale.....	36
IV.3.2.7. Rayon au dévers minimal.....	36
IV.3.2.8. Rayon non déverse	37
IV.3.4. Déversement en alignement et en courbe	37
IV.3.4.1. Dévers en alignement.....	37
IV.3.4.2. Dévers en courbe.....	37
IV.3.5. Calcul des éléments d'un raccordement progressif.....	40
IV.3.5.1. Condition optiques	41
IV.3.5.2. Condition de confort dynamique.....	41
IV.3.5.3. Condition de gauchissement	41
IV.4. APPLICATION AU PROJET	45
IV.4.1. Rayon minimal absolu	46
IV.4.2. Rayon minimal normal.....	46
IV.4.3. Rayon au dévers minimal.....	46
IV.4.4. Rayon minimal non déversé.....	46
IV.5. LE PROFIL EN LONG.....	47
IV.5.1. Règles à respecter dans le tracé du profil en long	47
IV.5.2. Les éléments de composition du profil en long	47
IV.5.2.1. Déclivité.....	48
IV.5.2.1.1. Déclivité minimum	48
IV.5.2.1.2. Déclivité maximum.....	48
IV.5.2.2. Rayon des courbures de profil en long.....	48
IV.5.2.2.1. Rayon en angle saillant	48

IV.5.2.2.2. Chaussées unidirectionnel.....	49
IV.5.2.2.3. Chaussée bidirectionnel	51
IV.5.2.3. Rayon en angle rentrant	52
IV.5.2.3.1. Condition de confort	52
IV.5.2.3.2. Condition de visibilité	53
IV.6. APPLICATION AU PROJET	54
IV.6.1. Rayon minimal absolu	54
IV.6.2. Rayon minimal normal	54
IV.6.3. Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement	54
IV.6.4. Rayon minimal absolu R_{Vm}'	54
IV.6.5. Rayon minimal normal R_{VN}'	55
IV.7. LE PROFIL EN TRAVERS	55
IV.7.1. Les éléments du profil en travers	55
IV.7.1.1. La chaussée	55
IV.7.1.2. Les accotements	55
IV.7.1.3. La plate-forme.....	56
IV.7.1.4. L'assiette	56
IV.7.1.5. L'emprise	56
IV.7.1.6. Le talus.....	56
IV.7.1.7. Le fossé	56
IV.7.1.8. Le terre-plein central T.P.C	56
IV.7.1.9. La largeur roulable	57
IV.7.2. Profil en travers type	57
IV.7.3. Les différentes formes de la chaussée en alignement	58
IV.7.3.1. En alignement droit	58
IV.7.3.2. En courbe	59
IV.7.4. Transition du profil en toit jusqu'au profil à pente unique	60
IV.7.4.1. Elévation du bord de la chaussée hauteur total « h »	60
IV.7.4.2. Elévation partielle	60
IV.7.4.3. Dévers du %	60
CHAPITRE V : DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE ET CALCUL DE CUBATURE	
V.1. DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE.....	62
V.1.1. Définition de la chaussée.....	62

V.1.2. Durée de vie d'une chaussée.....	62
V.1.3. Les sollicitations.....	62
V.1.3.1. Les effets du trafic.....	62
V.1.3.2. Les effets du climat sont traduits par.....	63
V.1.4. Les différents types de chaussée	63
V.1.4.1. Chaussée souple	63
V.1.4.1.1. La couche de surface	63
V.1.4.1.1.1. La couche de roulement	64
V.1.4.1.1.2. La couche de liaison.....	64
V.1.4.1.2. Le corps de chaussée	65
V.1.4.1.2.1. La couche de base	65
V.1.4.1.2.2. La couche de fondation	65
V.1.4.1.2.3. La sous couche	65
V.1.4.2. Chaussée semi rigides	65
V.1.4.3. Chaussée rigide	66
V.1.4.3.1. La couche de surface	66
V.1.4.3.2. La couche de fondation	66
V.2. DIFFÉRENTES MÉTHODES DE DIMENSIONNEMENT.....	67
V.2.1. Méthode C.B.R. Californie. Bearig –Ratio	67
V.2.2. Méthode A.A.S.H.O. « American Association of States Highwag	68
V.2.3. Méthode L.C.P.C. «Laboratoire central des ponts et chaussées	69
V.2.4. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	69
V.3. APPLICATION AUX PROJETS.....	70
V.4. LES CUBATURES	72
V.4.1. Méthodes de calcul des cubatures	73
V.4.1.1. Calcul d'un volume entre deux profils en trapezes consécutifs.....	73
V.4.1.2. Calcul du volume affecté à un profil notion de distance d'application	73
V.4.1.3. Méthode de la moyenne des aires.....	74
V.4.2. Calcul des courbatures des terrassements	75
CHAPITRE VI : SIGNALISATION	
VI.1. LA SIGNALISATION ROUTIÈRE	77
VI.1.1. Rôle de la signalisation	77
VI.1.2. Principes de la signalisation routière	77

VI.1.2.1. Principe de valorisation.....	79
VI.1.2.2. Principe de concentration.....	79
VI.1.2.3. Principe de visibilité	77
VI.1.3. Type de signalisation	77
VI.1.3.1 Signalisation verticale	77
VI.1.3.2. Signalisation horizontale.....	79
VI.1.3.2.1. Marques longitudinales	79
VI.1.3.2.2. Marques transversales	81
VI.1.3.2.3. Les flèche	81
VI.1.3.2.4. Les autres marques	82
VI.1.4. Dispositifs	82
VI.1.4.1. Définition	82
VI.1.4.1.1. Glissières de sécurité.....	82
VI.1.4.1.2. La murette de protection en béton armé.....	83
VI.1.5. APPLICATION AU PROJET	83
VI.1.5.1. L'éclairage	83

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I :

Tableau : I.1. Carte du réseau routier de la wilaya.....	4
--	---

CHAPITRE II :

Tableau : II.1. Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée	9
Tableau : II.2. Classification de la sinuosité moyenne.....	10
Tableau : II.3. Environnement en fonction du relief et de la sinuosité	10

CHAPITRE III :

Tableau : III.1. Coefficient d'équivalence	16
Tableau : III.2. Valeur de K1	17
Tableau : III.3. Valeur de K2	17
Tableau : III.4. Valeur de la capacité	17
Tableau : III.5. Résultats de calculs	21

CHAPITRE IV :

Tableau : IV.1. VVL et VPL en fonction de la cat et E sur B40.....	22
Tableau : IV.2. Coefficient de frottement longitudinal en fonction de la vitesse(B40).....	24
Tableau : IV.3. Variations des distances de freinage en alignement droit (d1) et en courbe (d3).....	27
Tableau : IV.4. Variation des « D _{min} » en fonction de la vitesse	28
Tableau : IV.5. Selon B40 les valeurs de « D _{md} » en mètre en fonction de la vitesse.....	28
Tableau : IV.6. Valeur de distance de sécurité (m) en fonction de la vitesse (Km/h)	28
Tableau : IV.7. Les différentes valeurs des distances calculées et donnée par B40	31
Tableau : IV.8. Coefficient de frottement en fonction de V _r et cat	35
Tableau : IV.9. Les valeurs des dévers min et max en fonction de cat et E.....	36
Tableau : IV.10. Les valeurs de f'' en fonction de cat	37
Tableau : IV.11. Le dévers de notre projet.....	38
Tableau : IV.12. Récapitulatif des résultats du calcul.....	45
Tableau : IV.13. Valeur des différents rayons calculés et ceux donnés par B40.....	46
Tableau : IV.14. I _{max} (%) déclivité max en fonction de cat et E	48
Tableau : IV.15. Valeurs des différents rayons calculées et selon B40 en profile en long..	55
Tableau : IV.16. d _{min} et d _{max} en fonction de la catégorie de la route	60

CHAPITRE V :

Tableau : V.1.Coefficient d'équivalence en fonction de matériaux utilisés 68

Tableau : V.2 : Epaisseurs des couches..... 71

CHAPITRE VI :

Tableau : VI.1. Les valeurs des modulations des lignes discontinues 81

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I :

Figure : I.1. Limites de la wilaya de Tiaret 3

Figure : I.2. Carte climatique de l'Algérie 5

CHAPITRE II :

Figure : II.1. La dénivelée cumulée moyenne 8

Figure : II.2. Sinuosité 9

Figure : II.3. Plan de Situation de la route 11

CHAPITRE III :

Figure : III.1. Schéma explicatif d'une transversale de la chaussée prene.....21

CHAPITRE I V:

Figure : IV.1. Distance de freinage23

Figure : IV.2. Temps de perception – réaction.....24

Figure : IV.3. Distance d'arrêt..... 25

Figure : IV.4. Obstacle immobile..... 25

Figure : IV.5. Obstacle mobile 26

Figure : IV.6. Espacement entre deux véhicules 30

Figure : IV.7. Tracé en plan d'une route 32

Figure : IV.8. Rayon en plan..... 34

Figure : IV.9. Rayon en plan (inclinaison i 34

Figure : IV.10. Expression mathématique de la clothoïde 38

Figure : IV.11. Visibilité sur chaussée unidirectionnelle 49

Figure : IV.12. Visibilité sur chaussée bidirectionnelle 51

Figure : IV.13. Rayon en angle rentrant..... 52

Figure : IV.14. Rayon assurant le confort dynamique 52

Figure : IV.15. Rayon assurant visibilité..... 53

Figure : IV.16. Les éléments du profil en travers..... 57

Figure : IV.17. Profil en travers type 58

Figure : IV.18. Profil en travers en alignement droit 59

Figure : IV.19. Déversement de la chaussée 61

CHAPITRE V :

Figure : V.1. Chaussée souple 64

Figure : V.2. Chaussée semi – rigide 66

Figure : V.3.Chaussée rigide	66
Figure : V.4.Le corps de la chaussée	72
Figure : V.5.Nations pour le calcul d'un volume	73
Figure : V.6.Utilisation de la notion de distance d'application	74
Figure : V.7.Calcul par la moyenne des airs	75
CHAPITRE VI	
Figure : VI.1.Lignes longitudinale et transversales.....	80
Figure : VI.2. Flèche de signalisation	82

Résumé

Ce mémoire de fin d'étude présente une étude de réhabilitation du chemin communale qui relie la commune de Madna avec la commune de Rasfa (Daïra Ain Karemas de la wilaya de Tiaret) sur environs 26 Km.

Le tronçon étudié dans ce travail à une longueur de 3,5 Km partant du PK 00 au PK03+500. Cette étude vise à élaborer un bon tracé routier tout en respectant les normes en vigueur, notamment les normes technique d'aménagement des routes Algériennes (B40). Le respect de ces normes permet d'améliorer le niveau de service de la route, tout en assurant le confort et la sécurité des usagers et d'augmenter la capacité portante de la route.

Summary

This end-of-study thesis presents a road rehabilitation study communal, which connects the commune of Madna with the commune of Rasfa (Daïra Ain Karmes of Wilaya de Tiaret) for about 26 km.

It will be a question of studying a section of 3.5 km, from PK 00 to PK03 + 500. The aim of this study is to develop a good road layout while respecting the standards in force, in particular technical standards for the development of Algerian roads (B40)", in order to improve the level of service of the road, while ensuring the comfort and safety of users, and also increasing the capacity of the road.

ملخص

تقدم هاته الأطروحة دراسة لإعادة تأهيل طريق بلدي، يربط بلدية مادنة بلدية الرصفة (دائرة عين كرمس بولاية تيارت) بحوالي 26 كم.

طول المقطع الذي تم دراسته 3.5 كم، انطلاقا من PK 00 إلى PK03+500. هاته الدراسة تهدف الى تطوير مخطط طريق جيد مع احترام المعايير المعمول بها ، و سيما المعايير الفنية لتطوير الطرق الجزائرية (B40). احترام هاته المعايير يضمن تحسين مستوى خدمة الطريق ، ضمان راحة وسلامة المستخدمين وكذلك زيادة قدرة تحمل الطريق.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction générale

Depuis l'antiquité, les secteurs, économiques, militaires et touristiques ont nécessité l'utilisation des transports, c'est-à-dire le déplacement d'un lieu à l'autre. Il faut attendre la période «1820-1840» quand le français «palonceau» a introduit le cylindrage et l'anglais «mac Adam» qui a employé la pierre cassée en petits échantillons réguliers procédés qui sont utilisés jusqu'à aujourd'hui.

Le problème posé à l'ingénieur routier est d'élaborer un tracé rationnel et économique destinée à relier les différents points géographiques fixés à l'avance. Jusqu'à la fin du siècle dernier le choix d'un tracé de route s'inspirait avant tout de la recherche du chemin le plus court. Une telle route doit permettre la circulation aux grandes vitesses et dans ce but, les déclivités, les rayons du raccordement, la largeur, l'aménagement spécial de la courbe, doivent être bien et soigneusement étudié et calculé pour assurer confort et sécurité de l'usager.

Aujourd'hui, la construction d'automobiles modernes impose à chercher des nouvelles modifications techniques et structurales. Cette modernisation exige la construction des routes de façon à assurer le confort et la sécurité des usagers tout en minimisant les coûts de réalisation. Dans ce but, l'ingénieur devra user de toutes les capacités et les atouts techniques adéquats en vue de mettre en œuvre des réseaux de routes correspondant aux normes techniques universelles. Il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, de trouver des solutions tels que : réhabilitation, renforcement, modernisation, dédoublement, mise à niveau, reprofilage, ...etc.

Dans notre pays, les autorités qui gèrent le secteur des travaux publics et le transport définissent des interventions prioritaires à mener à des solutions techniques appropriées, il s'agit d'actions dites de réhabilitation pour les routes à faible trafic, dont les choix techniques tiennent compte de l'état actuel du réseau routier, de la structure de la chaussée et du niveau de trafic. A ce jour, la réhabilitation, par définition, ce sont toutes les actions tendant à améliorer l'état de surface (par revêtement et enrobage), l'état de la structure (par renforcement), avec augmentation de la capacité aux besoins (par élargissement), et si nécessaire une opération de rectification de tracé, tout en étant accompagnées de travaux d'amélioration du système d'assainissement selon le cas (exhaussement de section, fossés et buses).

Notre travail consiste à faire une étude technique de réhabilitation d'un tronçon de chemin communal (CC) inscrit dans le cadre de la réhabilitation du réseau routier de la wilaya de TIARET et lancé par l' APC de Madna (programme FCCL).

Le projet qui nous a été confié consiste à l'étude d'un nouveau tronçon routier de 3.5km de longueur. Ce tronçon relie La commune de Madna à la commune de Rasfa (Daïera Ain Kermes- Tiaret).

Le terrain de projection de la route est plat, le relief topographique ne présente pas de difficultés (telle qu'une pente du terrain naturel variable jusqu'au 3%). Dans notre étude la pente de projet est réduite du 3% à 1%.

L'impact de ce projet est le développement des régions désenclaver, un objectif indirect est de la création d'emploi direct et indirect, surtout pour redynamiser l'action agricole néanmoins notre région agropastorale. La route s'inscrit dans un environnement E1 et une classe de catégorie 4, dont la vitesse de base est de 100 km/h.

Les caractéristiques géométriques de la route sont:

- Longueur = 3500m.
- Largeur de chaussée = $2 \times 3.50\text{m} = 7.00\text{m}$.
- Accotements = $2 \times 1.50\text{ m} = 3\text{m}$ (sauf les virages accotements varies => 1.00 m à 0.70 m)
- Fossé = $2 \times 1.00\text{ m} = 2.00\text{ m}$
- Largeur de la plat forme = 12.00m. (Chaussée + Accotements+ Fossé).

CHAPITRE I

PRESENTATION DU PROJET

I.1. INTRODUCTION :

Parmi les domaines de génie civil, celui de l'infrastructure routière qui a une importance dans notre pays, c'est un facteur générateur de développement économique, et il constitue la base de toute opération du développement.

Notre travail consiste à étudier un tronçon routier de 3.5km reliant Madna à Rasfa.

I.2. PRESENTATION DE LA WILAYA DE TIARET :

La wilaya est située au Nord-ouest du pays. Elle est limitée par les wilayas suivantes :

- Au nord : TISSEMSILT et RELIZANE
- Au sud : LAGHOUAT et EL-BAYADH
- A l'ouest : MASCARA et SAIDA
- A l'est : DJELFA

Le Chef-lieu de la wilaya est située à 361 km à l'Ouest de la capitale, Alger.

La wilaya s'étend sur une superficie de 20 050 km².

La wilaya de Tiaret compte 13 daïras et 42 communes.

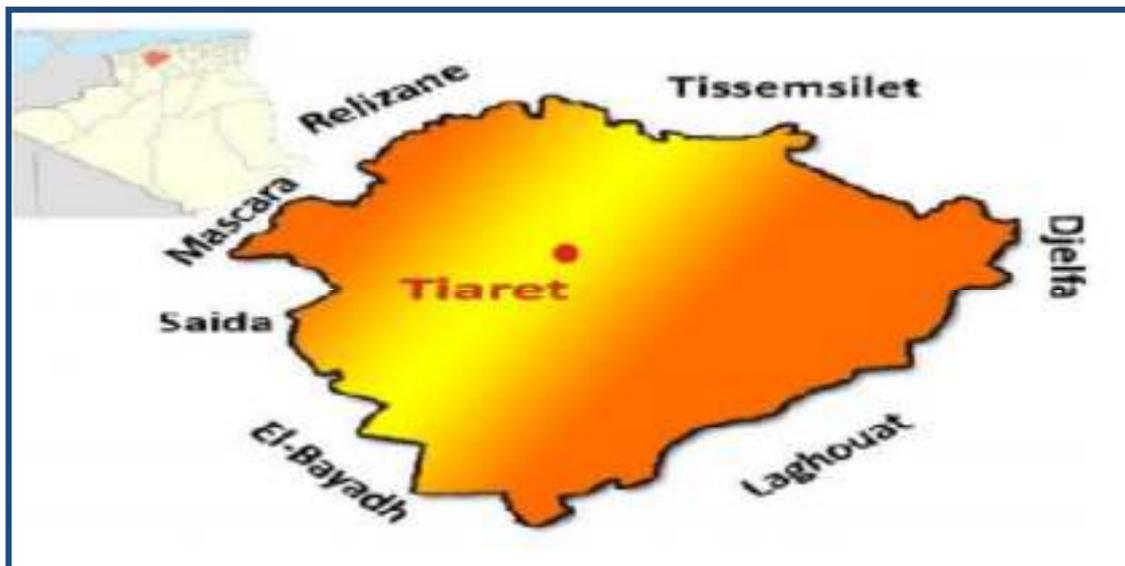


Figure I.1 : Limites de la wilaya de Tiaret

Relief :

Au vu de son étendue, le relief de la Wilaya qui est hétérogène, est matérialisé par :

- Une zone de montage au Nord ;

- Des hautes plaines au Centre ;
- Des espaces semi-arides au Sud;

Climat :

La wilaya de Tiaret se trouve à 1080 m d’altitude, son climat se caractérise par 02 périodes à savoir : un hiver rigoureux et un été chaud et sec, avec une température moyenne de 24°C.

La carte climatique ci-dessous classe la wilaya de Tiaret dans la zone climatique II avec une précipitation pluviale annuelle entre 350 et 600 mm/a.

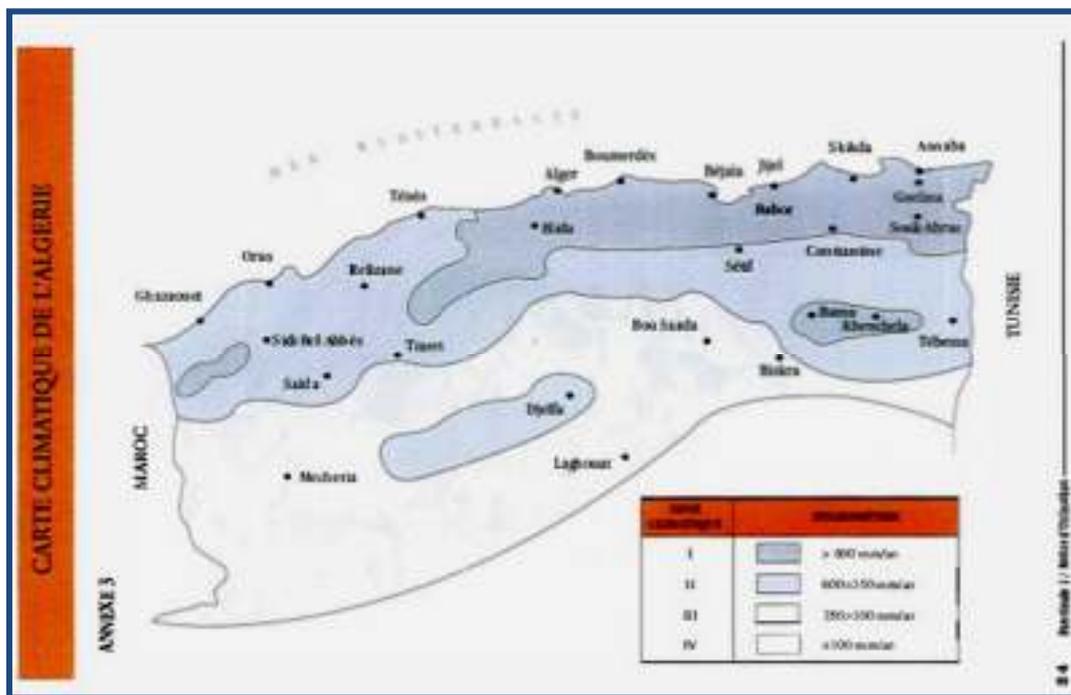


Figure I.2 : Carte climatique de l’Algérie

✓ **Infrastructures de base existantes :**

- **Réseau routier :**

Tableau I.1. Carte du réseau routier de la wilaya

Désignation	Longueur (Km)
Routes Nationales	569 KM
Chemins de wilaya	708 KM
Chemins communaux	1 135 KM

- **Réseau ferroviaire:**

Deux lignes ferroviaires en cours de réalisation dans la wilaya de Tiaret. Une ligne à voie unique entre Relizane, le sud de Tiaret et Tissemsilt avec une longueur de 185 km et la ligne ferroviaire Saïda-Tiaret d'une longueur de 153 km.

- **Réseau aéroportuaire:**

L'aéroport de Tiaret est situé à AIN BOUCHEKIF à 15 Km au nord du chef-lieu de la wilaya. Il est relié au réseau routier principal de la ville par une route à double voie.



Figure I.3 : Carte du réseau routier de la wilaya

I.3. DESCRIPTION DU PROJET :

Le projet commence à partir de la commune de Madna du PK 0+000 jusqu'à PK 26+100 de la commune de Rasfa. Ce projet s'inscrit dans le cadre de la réhabilitation du réseau routier de la wilaya de TIARET lancé par l' APC de Madna. Le tronçon étudié prend son origine à partir de la sortie de la commune de Madna d'une longueur de 3.5KM (reliant Rasfa à Madna) du PK : 0+000 jusqu'au PK : 03+500 soit un linéaire de 3.5 km.

Les profils en travers ont les caractéristiques suivant :

- Largeur de la plateforme : 12,00 m
- Voies de circulation 2×3.50 m pour une voie de circulation.
- Accotement 1.50m pour chaque côté.

Cette étude consiste à une étude technique complète du projet retenu, notamment dans les

différents thèmes suivants:

- Tracé en plan.
- Profil en long.
- Profil en travers.
- Cubature.
- Terrassement et structure de chaussée.
- Devis quantitatif et estimatif.

La conception géométrique et le calcul des cubature ont été faite à l'aide du logiciel (Covadis).

I.3.1. Objectif du projet :

Le présent projet s'inscrit dans le cadre du programme de développement de l'infrastructure de base de la willaya de Tiaret.

Les objectifs fixés par le maitre d'ouvrage (l' APC de Madna) et qui rentrent dans le cadre de ce projet sont:

- Faire une étude cinématique et une étude du trafic afin de justifier l'utilité de l'aménagement prévu.
- Assurer une fluidité de circulation et sécuriser les voyageurs sur le tronçon ou le trafic est en croissance permanente.
- L'amélioration du niveau de service de la route.
- L'augmentation de la capacité de la route.
- Doter la chaussée d'une structure adéquate capable de supporter le trafic actuel et futur.
- Amélioration du système de drainage.
- L'élargissement de la route en évitant les grands remblais.
- Protection de la route avec gabion et mur de soutènement et les descentes d'eau....

CHAPITRE II

PARAMÈTRES DE BASE D'UN PROJET

ROUTIER

II.1. DÉFINITION :

Ce sont des paramètres relatifs à la considération du mouvement des véhicules sur la route, ces paramètres déterminent les caractéristiques nécessaires au tracé du projet.

II.2. CATÉGORIE DE LA ROUTE :

II.2.1. Classification technique:

Selon le B40 (norme technique d'aménagement routier Algérien) les routes sont classées en cinq catégories fonctionnelles, correspondant aux finalités économiques et administratives. Les cinq catégories de la route sont :

Catégorie 1 : liaison entre les grands centres économique et industrie lourde.

Catégorie 2 : liaison entre les centres d'industrie de transformation et d'industrie légères.

Catégorie 3 : liaison entre des chefs-lieux de wilaya et de daïra non desservis par le réseau de CAT 1 et 2.

Catégorie 4 : liaison des centres de ville non reliés au réseau de CAT 1-2-3.

Catégorie 5 : routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

Dans notre projet, la route est de catégorie 4.

II.2.2. Classification administratif :

On distingue quatre types de routes en Algérie :

a) les autoroutes : (A)

Ce sont des routes nationales d'une catégorie spéciale ; elles se différencient de celles-ci pas :

Elles sont réservées à la circulation rapide des automobiles.

Elles ne comportent aucun cisaillement des courants de circulation, notamment aucun croisement à niveau.

Elles permettent d'écouler des débits très importants de véhicules.

b) Les routes nationales : (RN)

Elles représentent des voies de grande communication et d'intérêt commun pour le pays. Elles supportent un grand trafic ; ces routes sont construites, aménagées et entretenues aux frais de l'état.

c) Chemins de Wilayas ou chemins départementaux : (CW ou CD)

Ils sont aménagés et entretenues par la wilaya aux frais de l'état.

d) Les chemins communaux : (CC)

Ils relèvent de la compétence de la commune (impôts locaux) qui s'occupe du réseau routier à leur charge.

II.3. ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE:

L'environnement est par définition l'état actuel de relief, et il y a trois classes d'environnement (E1, E2, E3) ont été proposées et sont caractérisées par deux indicateurs:

- La dénivelée cumulée moyenne h/L
- La sinuosité moyenne L_s/L . [2]

II.3.1. La dénivelée cumulée moyenne h/L:

La somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire, et la dénivelée cumulé totale.

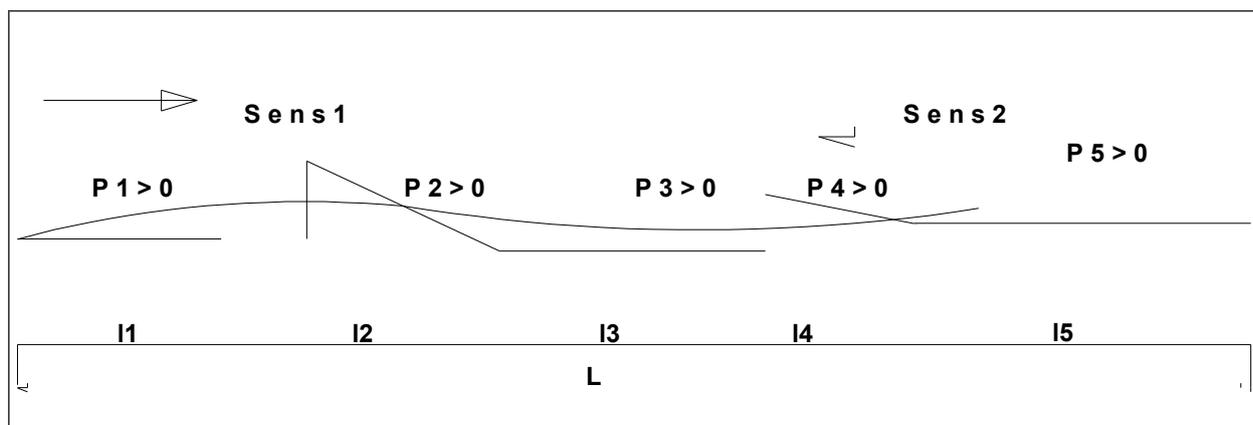


Figure II.1 : La dénivelée cumulée moyenne h/L.

$$h_1 = \text{dénivelée cumulée sens1} : \quad h_1 = \sum P_i * l_i \quad \dots \text{Eq II. 1}$$

$$P_i > 0 \text{ et } : h = h_1 + h_2 \quad \dots \text{Eq II. 3}$$

$$h_2 = \text{dénivelée cumulée sens2} : \quad h_2 = -\sum p_i * l_i \quad \dots \text{Eq II. 2}$$

$$P_i < 0$$

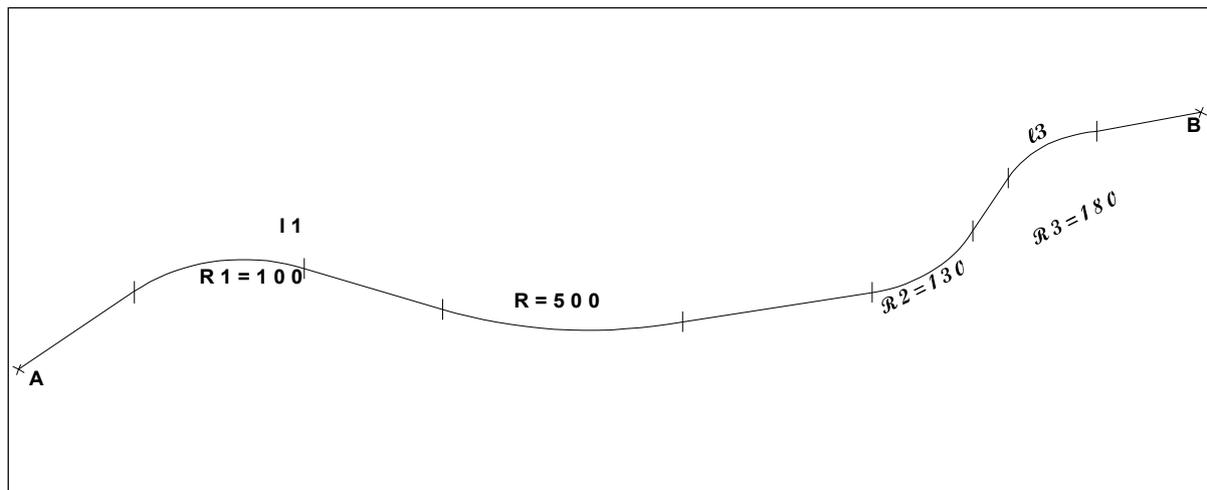
Le rapport de la dénivelée cumulée totale h à la longueur de l'itinéraire permet de mesurer la variation longitudinale du relief.

Tableau II.1 : Classification du relief en fonction de la dénivelée cumulée moyenne [1].

N° de code	Classification	La dénivelée cumulée moyenne h /L
1	Terrain plat	$h/L \leq 1,5\%$
2	Terrain vallonné	$1.5\% < h/L \leq 4\%$
3	Terrain montagneux	$4\% < h/L$

II.3.2. La sinuosité moyenne $\sigma=L_s /L$:

La sinuosité d'un itinéraire est égale au rapport entre la longueur sinueuse L_s est la longueur totale de l'itinéraire, la longueur sinueuse L_s est la longueur cumulée des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m. [1]



FigureII.2 : sinuosité

$$\sigma = \frac{L_s}{L_{AB}} \quad \dots \text{Eq II. 4}$$

Avec : $L_s = \sum LR \leq 200$

L_s : La longueur sinueuse.

LR : longueur de rayon ≤ 200 .

L_{AB} : L (longueurs totales de l'itinéraire).

Tableau II.2 : classification de la sinuosité moyenne.

N° de code	Classification	Sinuosité moyenne
1	Sinuosité faible	$\sigma \leq 0.1$
2	Sinuosité moyenne	$0.1 < \sigma \leq 0.3$
3	Sinuosité forte	$0.3 < \sigma$

L'association de deux paramètres précédents (sinuosité moyenne et dénivelée cumulée moyenne), nous donne les trois types d'environnement et ceci selon le tableau ci –dessous :

Tableau II.3 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité [1].

Sinuosité \ Relief	Faible	Moyenne	Fort
Plat	E ₁	E ₂	
Vallonné	E ₂	E ₂	E ₃
Montagneux		E ₃	E ₃

II.4. APPLICATION AU PROJET:

II.4.1. Catégorie : Catégorie (4), puisque notre projet relie deux communes entre Madna et Rasfa.

II.4.2. La dénivelée cumulée moyenne:

Le tracé que nous avons effectué donne :

$$h_1 = \sum_{p_i > 0} P_i l_i \quad \text{et} \quad h_2 = \sum_{p_i < 0} P_i l_i$$

$$h = h_1 + h_2 \rightarrow h = 19.36 + 20.88$$

$$\Rightarrow h = 40.24 \text{ m}$$

$$\frac{h}{L} = \frac{40.24}{3509.06} * 100 \approx 1.146\%$$

$\Rightarrow 1.146\% \leq 1.5\%$ donc selon B40 \rightarrow Terrain est plat.

II.4.3. Sinuosité:

Tous les alignements sont raccordés par des courbes de rayon supérieur à 200m.

$$\sigma = \frac{L_S}{L} = \frac{110.66}{3509.06} = 0.031 < 0.1 \Rightarrow \text{La sinuosité faible}$$

II.4.4.Type d'environnement :

Puisque le terrain est plat et la sinuosité est faible, d'après le tableau II.3, l'environnement est de type E1.

II.4.4.1. Plan de situation de la route:



Figure II.3 : Plan de situation de la route

CHAPITRE III

ETUDE DE TRAFIC

III.1. INTRODUCTION :

L'étude de trafic est un élément essentiel qui doit être préalable à tout projet de réalisation ou d'aménagement d'infrastructures de transport, elle permet de déterminer le type d'aménagement qui convient et, au-delà les caractéristiques à lui donner depuis le nombre de voie jusqu'à l'épaisseur des différentes couches de matériaux qui constituent la chaussée.

Cette conception repose, sur une partie stratégie, planification sur la prévision des trafics sur les réseaux routiers, qui est nécessaires pour:

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

III.2. L'ANALYSE DES TRAFICS EXISTANTS:

L'étude du trafic est une étape importante dans la mise au point d'un projet routier et consiste à caractériser les conditions de circulation des usagers de la route (volume, composition, conditions de circulation, saturation, origine et destination). Cette étude débute par le recueil des données.

III.2.1. La mesure des trafics:

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires:

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

III.2.1.1. Les comptages:

C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage:

- Les comptages manuels.
- Les comptages automatiques.

a- Les comptages manuels

Ils sont réalisés par les enquêteurs qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports en commun, Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A) [22].

b- Les comptages automatiques:

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

- **Les comptages permanents:**

Sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes: réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de Wilaya les plus circulés.

- **Le comptage temporaire:**

S'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

- **L'inconvénient de cette méthode:**

est que tous les matériels de comptage actuellement utilisés ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds [5].

III.2.1.2. Les enquêtes origine destination:

Il est plus souvent opportun de compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, on peut recourir en fonction du besoin, à diverse méthodes, lorsque l'enquête est effectuée sur tous les accès à une zone prédéterminée (une agglomération entière, une ville ou seulement un quartier) on parle d'enquête cordon.

Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic inter zonaux, en définissant leur origine et destination.

Il existe plusieurs types d'enquêtes:

a- Les enquêtes papillons ou distributions de cartes:

Le principe consiste à délimiter le secteur d'enquête et à définir les différentes entrées et sorties, un agent colle un papillon sur le pare-brise de chaque véhicule (ou on distribue une carte automobiliste), sachant que ces papillons sont différents à chaque entrée, un autre agent identifie l'origine des véhicules en repérant les papillons ou en récupérant les cartes.

- **Les avantages de la méthode:**

sont la rapidité de l'exploitation et la possibilité de pouvoir se faire de jour comme de nuit.

- **Les inconvénients de la méthode:**

c'est que l'enquête ne permet pas de connaître l'origine et la destination exacte des véhicules, mais seulement les points d'entrées et de sortie du secteur étudié.

- b- Relevé des plaques minéralogiques :**

On relève, par enregistrement sur un magnétophone, en différents points (à choisir avec soin) du réseau, les numéros minéralogiques des véhicules ou au moins une (de l'ordre de quatre chiffres ou lettres), La comparaison de l'ensemble des relevés permet d'avoir une idée des flux [22].

Cette méthode permet d'avoir des résultats sans aucune gêne de la circulation, par contre, le relevé des numéros est sujet à un risque d'erreur non négligeable.

Les inconvénients sont:

- le manque d'exhaustivité (on ne peut identifier la totalité des véhicules).
- les erreurs de lecture fréquentes qui faussent partiellement les résultats.
- un dépouillement fastidieux.

- c- Interview des conducteurs**

Cette méthode est lourde et coûteuse mais donne des renseignements précis, on arrête (avec l'aide des forces de gendarmerie pour assurer la sécurité) un échantillon de véhicules en différents points du réseau et on questionne (pendant un temps très court qui ne doit pas dépasser quelques minutes sous peines d'irriter l'usager) l'automobiliste pour recueillir les données souhaitées :(origine, motif, fréquence et durée, trajet utilisé).

Ces informations s'ajoutent à celles que l'enquêteur peut relever directement telles que le type de véhicule [5].

- d- Les enquêteurs à domicile – enquête ménage**

Un échantillon de ménages sélectionné à partir d'un fichier fait l'objet d'une interview à son domicile par une personne qualifiée, le temps n'étant plus limité comme dans le cas des interviews le long des routes, on peut poser un grand nombre de questions et obtenir de nombreux renseignements, en général, ce type d'enquête n'est pas limité à l'étude d'un projet particulier, mais porte sur l'ensemble des déplacements des ménages dans une agglomération [22].

III.3. DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS:

III.3.1. Trafic normale:

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

III.3.2. Trafic dévie:

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

III.3.3. Trafic induit:

C'est le trafic qui résulte de:

- Des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations.
- D'une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

III.3.4. Trafic totale:

C'est Le trafic sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévie [10].

III.4. CALCUL DE LA CAPACITE:

III.4.1. Définition de la capacité:

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

La capacité dépend :

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

- Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies) [5].

III.4.2. Projection future du trafic:

La formule qui donne le trafic moyen journalier annuel à l'année horizon est [22]:

$$TMJA_h = TMJA_0 = (1 + \tau)^n \dots \text{Eq.III.1}$$

Avec:

TMJA_h: le trafic à l'année horizon.

TMJA₀: le trafic à l'année de référence. n: nombre d'année.

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

III.4.3. Calcul de trafic effectif:

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

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

Le trafic effectif est donné par la relation suivante:

$$T_{\text{eff}} = [(1 - z) + p \cdot z] T_{\text{JMAh}} \dots \text{Eq.III.2}$$

Avec:

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

Z : pourcentage de poids lourd.

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds.

Tableau III.1 : Coefficient d'équivalence [1].

Routes	E1	E2	E3
2voies	3	6	12
3voies	2.5	5	10
4voies et plus	2	4	8

III.4.4. Débit de pointe horaire normal

Le débit de pointe horaire normal est une fraction du trafic effectif à l’horizon il est exprimé en unité de véhicule particulier (uvp) et donné par la formule:

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) T_{\text{eff}} \dots \text{Eq.III.3}$$

Avec :

Q : débit de pointe horaire.

n: nombre d’heure, (en général n=8heures).

T_{eff} : trafic effectif

III.4.5. Débit horaire admissible:

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

$$Q_{\text{adm}} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}} \dots \text{Eq.III.4}$$

Tableau III.2 : Valeur de K1 [2].

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau III.3 : Valeur de K2 [2].

Environnement	1	2	3	4
E1	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96

Tableau III.4 : Valeur de la capacité théorique [1].

	Capacité théorique (uvp/h)
Route à 2 voies de 3.5m	1500 à 2000
Route à 3 voies de 3.5m	2400 à 3200
Route à chaussée séparée	1500 à 800

III.4.6. Détermination nombre des voies:

❖ **Cas d'une chaussée bidirectionnelle** : on compare Q à Q_{adm} et on adopte le profil auquel correspond la valeur de Q_{adm} la plus proche à Q .

$$Q_{adm} \geq Q \dots \text{Eq.III.5}$$

❖ **Cas d'une chaussée unidirectionnelle** : le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport [22].

$$n = S. Q/Q_{adm} \dots \text{Eq.III.6}$$

Avec:

Q_{adm} : débit admissible par voie

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

III.5. APPLICATION AU PROJET :**III.5.1. Les données de trafic:**

D'après les résultats de trafic qui nous ont été fournis par la DTP qui sont les suivants [3] :

- Le trafic à l'année 2018 $TJMA_{2018} = 2400v/j$
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 4\%$
- La vitesse de base sur le tracé $V_b = 100\text{km/h}$ (suivants le tableau IV.1)
- Le pourcentage de poids lourds $Z = 20\%$
- L'année de mise en service sera en 2020
- La durée de vie estimée de 20 ans
- Catégorie C4
- L'environnement E1

III.5.2. Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2020).

$$TMJA_h = TJMA_0(1 + \tau) \dots \text{Eq.III.7}$$

Avec :

$TMJA_h$: trafic à l'horizon (année de mise en service 2020) $TJMA_0$: trafic à l'année zéro (origine 2018)

TMJA2020= 2400(1+ 0.04) =2596 v/j Donc: TMJA2020= 2596 v/j

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

TMJA₂₀₄₀=2596 x (1 + 0, 04)²⁰=5687v/j

Donc: TMJA₂₀₄₀=5687v/j

III.5.3. Calcul du trafic effectif:

$$T_{\text{eff}} = [(1 - Z) + Z.P] T_{\text{JMAh}} \dots \text{Eq.III.8}$$

Avec:

P: coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds pour une route à deux voies et un environnement E1 on a P=3. (C4 .E1)

Z: le pourcentage de poids lourds est égal à 20%.

$$T_{\text{eff}2020} = 2596 \times [(1 - 0.20) + 3 \times 0.20] = 3635 \text{ uvp/j}$$

$$\text{Donc : } T_{\text{eff}2020} = 3635 \text{ uvp/j}$$

$$T_{\text{eff}2040} = 5687 \times [(1 - 0.20) + 3 \times 0.20] = 7962 \text{ uvp/j}$$

$$\text{Donc : } T_{\text{eff}2040} = 7962 \text{ uvp/j}$$

III.5.4. Débit de pointe horaire normal:

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) T_{\text{eff}} \dots \text{Eq.III.9}$$

Avec:

1/n: coefficient de pointe horaire pris est égal à 0.12 (n=8heurs).

➤ Année de mise en service

$$Q = 0.12 \times T_{\text{eff}2020} \dots \text{Eq.III.10}$$

$$Q = 0.12 \times 3635 = 437 \text{ uvp/h}$$

➤ Année horizon

$$Q = 0.12 \times T_{\text{eff}2040} \dots \text{Eq.III.11}$$

$$Q = 0.12 \times 7962 = 956 \text{ uvp/h}$$

$$\text{Donc: } Q = 956 \text{ uvp/h}$$

Calculons tout d'abord la capacité admissible.

$$Q \leq Q_{adm} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th} \dots \text{Eq.III.12}$$

$\Rightarrow C_{th} = Q / (K_1 \cdot K_2)$. Q : de l'année de mise en service. Avec : $K_1 \cdot K_2 = 0.75$

$$C_{th} \geq 5956 / (0.75 \times 1)$$

$$C_{th} \geq 1275 \text{ uvp/h}$$

Donc : $C_{th} \geq 1275 \text{ uvp/h}$, On va choisir Route à 2 voies de 3,5 m (1500 à 2000 uvp/h)

III.5.5. Débit admissible:

Le débit que supporte une section donnée:

$$Q_{adm} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th} \dots \text{Eq.III.13}$$

Avec:

K_1 : coefficient correcteur pris égal à 0.75 pour E1.

K_2 : coefficient correcteur pris égal à 1 pour environnement (E1) et catégorie (C4). C_{th} : capacité théorique.

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1 \times 1500$$

$$\text{Donc: } Q_{adm} = 1125 \text{ uvp/h}$$

III.5.6. Le nombre de voies:

$$N = S(Q / Q_{adm}) \dots \text{Eq. III. 14}$$

$$\text{Avec: } S = 2/3$$

$$N = (2/3) \times (956 / 1125) = 0.60 \approx 1$$

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

La capacité théorique est de : 1275 uvp/h, donc selon la norme de B40, notre route sera bidirectionnelle de 02 voies de circulation de 3.5m de largeur chacune, (1 voie par sens), et d'un accotement de largeur 1.5m de chaque coté.

III.5.7. Calcul de l'année de saturation:

$$Q_{saturation} = 4 \times Q_{adm} \dots \text{Eq.III.15}$$

$$Q_{saturation} = 4 \times 1125 = 4500 \text{ uvp/h}$$

Donc : $Q_{saturation} = 4500 \text{ uvp/h}$

$$Q_{Saturation} = (1 + \tau)^n Q_{2020} \dots \text{Eq.III.16}$$

$$\Rightarrow n = \frac{\ln(\frac{Q_{sat}}{Q})}{\ln(1 + \tau)} = 40 \text{ ans} \dots \text{Eq.III.17}$$

D’où notre route sera saturée 40 ans après la mise en service, donc l’année de saturation est l’année : 2060.

Tableau III.5: Résultats de calculs

TJMA ₂₀₂₀ (v/j)	TJMA ₂₀₄₀ (v/j)	Teff ₂₀₄₀ (uvp/j)	Q ₂₀₄₀ (uvp/h)	N
2596	5687	7962	956	1 voie /sens

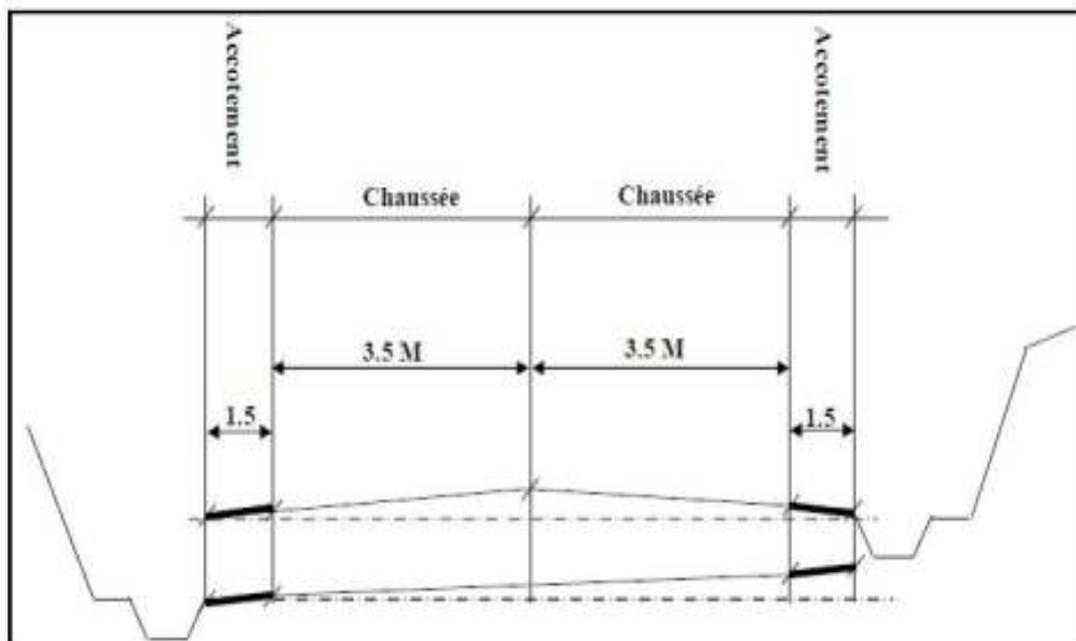


Figure III.1 : Schéma explicatif d’une coupe transversale de la chaussée prévue

CHAPITRE IV

ETUDE GÉOMÉTRIQUE

IV.1. LES PARAMETRES DE BASE POUR LES ETUDES DE TRACE:

En dehors de la demande du trafic à satisfaire et de l'évolution des caractéristiques géométriques, il est nécessaire de connaître les vitesses pratiquées sur un tracé projeté car ces dernières constituent le facteur déterminant.

IV.1.1. Vitesse de référence des véhicules légers « VVL » et des poids lourds « VPL »:

La vitesse de référence des véhicules légers « V_{vL} » d'une section de route est la vitesse qui permet de définir les caractéristiques minimales d'aménagement de ces points particulières. Le respect des conditions liées à cette vitesse minimale permet de garantir l'homogénéité.

La vitesse de référence des poids lourds « V_{pL} » d'une section de route est la vitesse qui permet de définir les caractéristiques limites des rampes, le choix de la vitesse de référence dépend :

- Type de route.
- Importance et genre de trafic.
- Topographie.
- Condition économiques d'exécution et d'exploitation.

Remarque :

- ❖ V_{vL} = vitesse de référence des véhicules légers.
- ❖ V_{pL} = vitesse de référence des poids lourds.

Tableau IV.1 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40 en km/h.

Catégorie	Environnement	E.1	E.2	E.3
	Caté.1	VVL	120	100
VPL		40	35	30
Caté.2	VVL	120	100	80
	VPL	40	35	30
Caté.3	VVL	120	100	80
	VPL	35	30	25
Caté.4	VVL	100	80	60
	VPL	30	25	20
Caté.5	VVL	80	60	40
	VPL	/	/	/

IV.1.2. Paramètres cinématiques:

On doit donner à un conducteur en cas de freinage d'urgence une distance de visibilité suffisante qui lui permettra de freiner sans qu'il ait un risque de danger.

IV.1.2.1. Distance minimale de freinage:

La distance minimale de freinage « D_{mf} » est le paramètre fondamental pour déterminer les distances de visibilité dans les virages en plan et dans les courbes verticales du profil en long.

$$\frac{1}{2}mv^2 = p * f * d_0 \Rightarrow d_0 = \frac{v^2}{2gf} = \frac{v^2}{254f} \quad \text{Si } V \text{ en } \frac{\text{km}}{\text{h}} \quad \dots \text{ Eq IV. 1. (B40)}$$

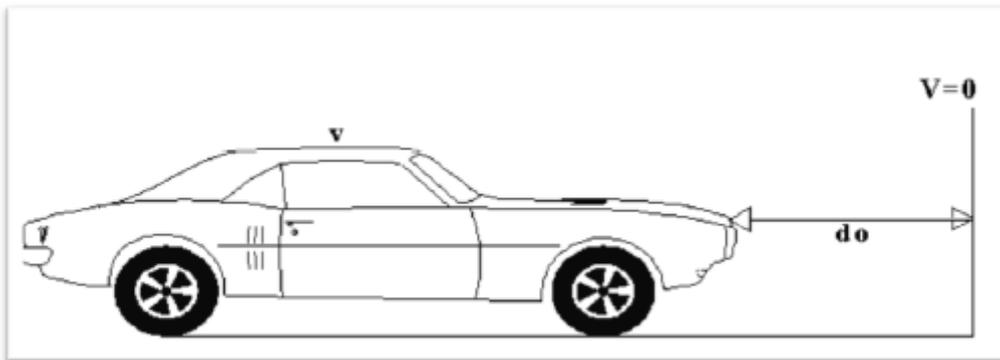


Figure. IV.1 : Distance de freinage

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

Dans ce cas, la formule de d_0 sera :

$$d_0 = \frac{v^2}{254 * (f + i)} \quad \dots \text{ Eq IV. 2}$$

f: coefficient de frottement longitudinal.

I : déclivité de la route en %

v : vitesse (km/h).

- ❖ En palier ($i=0$) on \Rightarrow
$$d_0 = \frac{v^2}{254 * f} \quad \dots \text{ Eq . IV. 3}$$

❖ En rampe (montée) $\Rightarrow d_o = \frac{v^2}{254*(f-i)} \dots \text{Eq. IV. 4}$

❖ En pente (descente) $\Rightarrow d_o = \frac{v^2}{254*(f+i)} \dots \text{Eq. IV. 5}$

Le coefficient de frottement longitudinal f varie avec l'état des pneus et l'état de la chaussée comme il peut varier avec la vitesse du véhicule.

Tableau IV.2 : Coefficient de frottement longitudinal f en fonction de la vitesse (B40).

Vitesse (km/h)	40	60	80	100	120
Catégorie 1.2	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33
Catégorie 3.4.5	0.49	0.46	0.43	0.40	0.36

IV.1.2.2. Distance d'arrêt:

IV.1.2.2.1. Temps de perception-réaction:

Avant le freinage à l'apparition d'un obstacle, il s'écoule un certain temps t_p pendant lequel le conducteur :

- Perçoit l'existence de l'obstacle c'est à dire, il prend conscience de cette apparition, et de la nécessité de freiner au maximum.
- Réagit en actionnant ses freins (porte ses pieds sur la pédale de frein).

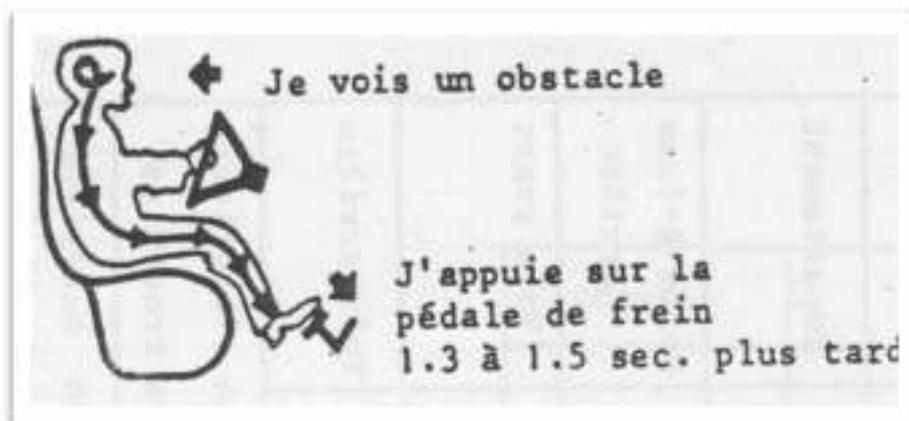


Figure. IV.2 : Temps de perception-réaction.

Ce temps t_p est appelé le temps de perception-réaction. La norme divise ce temps en deux parties :

- Le temps physiologique moyen c'est-à-dire le temps au cours duquel l'œil transmet les informations au cerveau et à son tour donne l'ordre d'agir qui est de 1.5 à 1.3s.
- Le temps mort mécanique c'est-à-dire celui qui permet l'entrée en action des freins qui est de 0,5s.

On aura en fin de compte un temps de perception-réaction égale à :

$$t_p = 1.8s \quad \text{si } V \geq 100\text{km/h.}$$

$$t_p = 2s \quad \text{si } V < 100\text{km/h}$$

IV.1.2.2. Distance d'arrêt en alignement droit:

La distance de visibilité d'arrêt est la distance nécessaire à l'arrêt d'un véhicule à l'approche d'un obstacle éventuel. Cette distance est la somme de deux distances.

$$d_a = d_1 + d_0 \dots \text{Eq.IV.6}$$

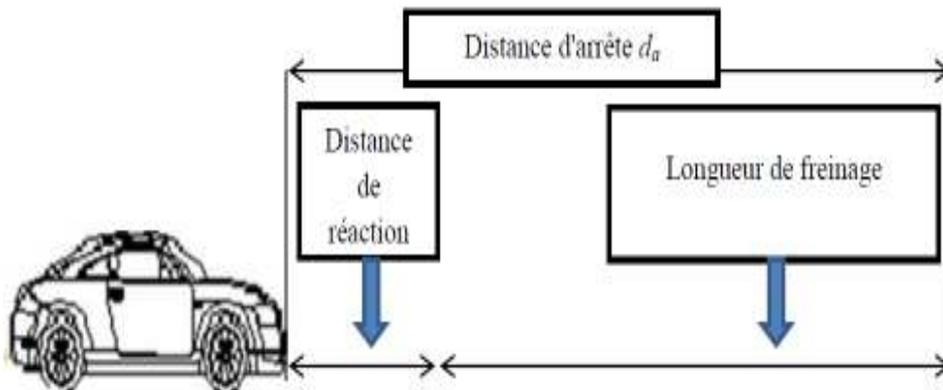


Figure IV.3: Distance d'arrêt

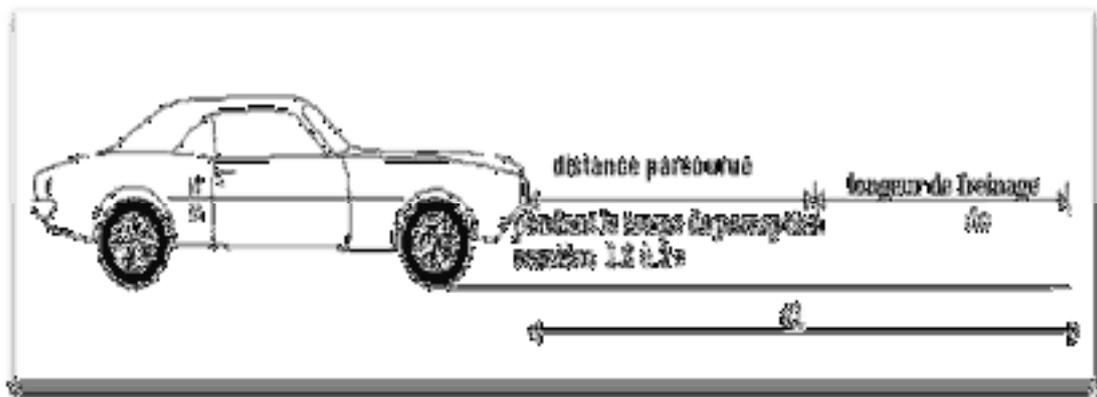


Figure. IV.4 : Obstacle immobile.

❖ **Obstacle immobile:**

La distance d'arrêt d1 est égale à la somme de :

- La distance de freinage do déterminée précédemment.
- La distance parcourue pendant le temps de perception-réaction

$$d1 = d0 + \frac{v}{3,6} * tp \quad \dots \text{Eq IV.7}$$

Avec :

tp : temps de perception - réaction.

Do (m) : distance de freinage.

v : vitesse de référence.

Donc on aura :

$$\begin{cases} d1 = \frac{v^2}{254 (f \pm i)} + 0.50 * v & \text{pour } v \geq 100 \text{ km/h} \dots \text{EqIV.8} \\ d1 = \frac{v^2}{254 (f \pm i)} + 0.50 * v & \text{pour } v < 100 \text{ km/h} \dots \text{EqIV.9} \end{cases}$$

❖ **Obstacle mobile :**



Figure. IV.5 : Obstacle mobile.

$$\begin{cases} d1 = \frac{v^2}{254 (f \pm i)} + 0.50 \times v1 + \frac{v^2 2}{254 \times (f \pm i)} + 0.50 \times V2 & \text{si } V \geq \frac{100\text{km}}{h} \dots \text{Eq. IV. 10} \\ d1 = \frac{v^2}{254 (f \pm i)} + 0.55 \times v1 + \frac{v^2 2}{254 \times (f \pm i)} + 0.50 \times V2 & \text{si } V < \frac{100\text{km}}{h} \dots \text{Eq. IV. 11} \end{cases}$$

➤ Si V1= V2=V On a :

$$\begin{cases} d1 = \frac{v^2}{254 (f \pm i)} + V & \text{Si } v \geq 100 \text{ km/h} \dots \text{EqIV 12} \\ d1 = \frac{v^2}{254 (f \pm i)} + 1.1 V & \text{Si } v < 100 \text{ km/h} \dots \text{EqIV 13} \end{cases}$$

Avec :

V : vitesse de référence (km/h)

f : coefficient de frottement longitudinal. i : devers.

IV.1.2.2.3. Distance d'arrêt en courbe:

En virage on doit majorer la distance d'arrêt de 25%, parce que dans les courbes on doit freiner moins énergiquement.

$$\left\{ \begin{array}{l} d_3 = d_1 + 0.25 * d_0 \quad \text{Si } R \geq 5 * V \quad \dots \text{ Eq IV. 14} \\ d_3 = d_1 + 0.25 * d_0 \quad \text{Si } R < 5 * V \quad \dots \text{ EqIV. 15} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} d_3 = d_1 + 0.25 * d_0 \quad \text{Si } R \geq 5 * V \quad \dots \text{ Eq IV. 14} \\ d_3 = d_1 + 0.25 * d_0 \quad \text{Si } R < 5 * V \quad \dots \text{ EqIV. 15} \end{array} \right.$$

$$d_3 = d_0(m) + 0.50v + 0.25d_0(m) \Rightarrow d_3 = 1.25d_0 + 0.50 v \text{ pour } v \geq 100 \text{ km/h} \dots \text{EqIV.16}$$

$$d_3 = d_0(m) + 0.55v + 0.25d_0(m) \Rightarrow d_3 = 1.25d_0 + 0.55 v \text{ pour } v < 100 \text{ km/h} \dots \text{EqIV. 17}$$

d3 : distance d'arrêt en courbe.

d1 : distance d'arrêt en alignement droit.

d0 : distance de freinage.

Tableau IV.3 : Variations des distances de freinage, d'arrêt en alignement droit (d1) et en courbe (d3) B40.

V (km/h)		40	60	80	100	120
Catégorie 3-4-5	d 0 (m)	13	31	59	100	160
	d 1 (m)	35	64	99	150	220
	d 3(m)	40	72	120	181	173

IV.1.2.3. Distance de visibilité de dépassement et de manœuvre:

Selon la norme B40 on distingue deux distances de visibilité de dépassement servant de base aux calculs de la géométrie des routes à voies de dépassements.

IV.1.2.3.1. Distance de visibilité de dépassement minimale « Ddmin »:

La distance de visibilité de dépassement est égale au double de la distance parcourue par un véhicule rapide pendant la durée de dépassement. Selon B40 :

Les différentes valeurs de « Ddmin » sont données dans le tableau suivant :

Tableau IV.4 : Variations des « Ddmin » en fonction de la vitesse.

Vitesse (km/h)	40	60	80	100	120
D _{min} (m)	150	250	325	425	550

IV.1.2.3.2. Distance de visibilité de la manœuvre de dépassement:

La distance de manœuvre de dépassement sert à calculer le rayon minimal de courbure du profil en long au sommet.

Tableau IV.5 : Selon B40 les valeurs de « D_{md} » en mètre en fonction de la vitesse

Vitesse (km/h)	40	60	80	100	200
D _{md} (m)	70	120	200	300	325

IV.1.2.3.4 Distances de sécurité entre deux véhicules (Ds):

C'est la distance de sécurité entre deux véhicules. C'est l'espace nécessaire entre deux véhicule circulent dans le même sens, sur la même voie et la même vitesse afin d'éviter la collision en cas où la première action les freins au maximum:

$$D_s = \left(\frac{v}{3,6} t_p\right) + L \quad \dots \text{EqIV.18}$$

Avec :

t_p : temps perception réaction (sec).

V : vitesse de véhicule (Km/h). (Même vitesse). L : Longueur de véhicule en moyenne (8m).

Tableau IV.6 : Valeur de distance de sécurité (m) en fonction de la vitesse (km/h).

Vitesse (km/h)			40	60	80	100	120
En Algérie Ds (m)	Cat 1 et 2	E1 et E2	30	41	52	58	68
		E3	28	38	48	58	68
	Cat 3 et 4 et 5			30	38	48	58

IV.2. APPLICATION AU PROJET:

Sur le Tableau IV.1 :



IV.2.1. Distance de freinage:

On a catégorie 4 ; vitesse= 100 km/h ; f= 0.40 sur Tableau IV.2

Donc en remplace dans la formule :

$$d_0 = \frac{V^2}{254 * f} \quad \dots \text{Eq.IV.20}$$

Donc :

$$d_0 = \frac{100^2}{254 * (0.40)} = 98.5$$

IV.2.2. Distance d'arrêt en alignement droit:❖ **Obstacle immobile:**

V= 100 km/h, d₀= 98.5m et t=1.8s.

$$d_1 = d_0 + \frac{V}{3,6} * t_p \quad \dots \text{Eq. IV. 21}$$

$$d_1 = 98.5 + 0.5(100) \Rightarrow d_1 = 149\text{m}$$

❖ **Obstacle mobile :**

$$v = 100 \text{ km/h} \quad f = 0.40$$

$$d_2 = \frac{V^2}{254 * f} + V \dots \text{Eq. IV. 22}$$

$$d_2 = \frac{100^2}{127 * 0.4} + 100$$

Donc :

$$d_2 = 297 \text{ m}$$

IV.2.3. Distance d'arrêt en courbe :

$$d_3 = d_1 + 0.25 * d_0 \quad \dots \text{Eq. IV. 23}$$

$$d_3 = 1.25d_0 + 0.5v$$

An:

$$d_3 = (1.25 * 98.5) + (0.5 * 100) = 174\text{m}$$

IV.2.4. Distance de visibilité de dépassement:

Selon le Tableau IV.4 :

$$D_{\text{dmin}} = 425 \text{ m}$$

IV.2.5. Distance de visibilité de manœuvre de dépassement « Dmd »:

Selon le Tableau IV.5:

$$D_{\text{md}} = 300 \text{ m}$$

IV.2.6. Distance de sécurité entre deux véhicules (Ds):

$L=8\text{m}$ (Longueur de véhicule en moyenne (8m)). $t=1.8\text{s}$ (temps perception réaction (sec)).

$V=100\text{ Km/h}$ (vitesse de véhicule (Km/h))

$$D_s = \left(\frac{V}{3,6} \cdot t_p \right) + L \quad \dots \text{ Eq.IV.24}$$

$$D_s = \left(\frac{100}{3,6} * 1.8 \right) + 8 = 58 \Rightarrow D_s = 58 \text{ m}$$



Figure IV.6: Espacement entre deux véhicules

Le tableau ci-dessous donne les valeurs calculées et celles données par le B40 :

Tableau IV.7 : Les différentes valeurs des distances calculées et donné par le B40.

		Vitesse de référence (Km/h)	100
Distance de freinage	do (m)	Calculé	98.5
		D'après B40	100
Distance d'arrêt en alignement droit obstacle immobile	d1 (m)	Calculé	149
		D'après B40	150
Distance d'arrêt en alignement droit obstacle mobile	d2 (m)	Calculé	297
		D'après B40	
		Calculé	174
Distance d'arrêt en courbe	d3 (m)	D'après B40	
Distance de visibilité de dépassement	Ddmin(m)	Calculé	175
		D'après B40	
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	Dmd(m)	Calculé	425
		D'après B40	300
Distance de sécurité entre deux véhicules	Ds(m)	Calculé	58
		D'après B40	58

IV.3. LE TRACE EN PLAN:

Le tracé en plan est une succession des droites reliées par des liaisons. Il représente la projection de l'axe routier sur un plan horizontal qui peut être une carte topographique ou un relief schématisé par des courbes de niveau.

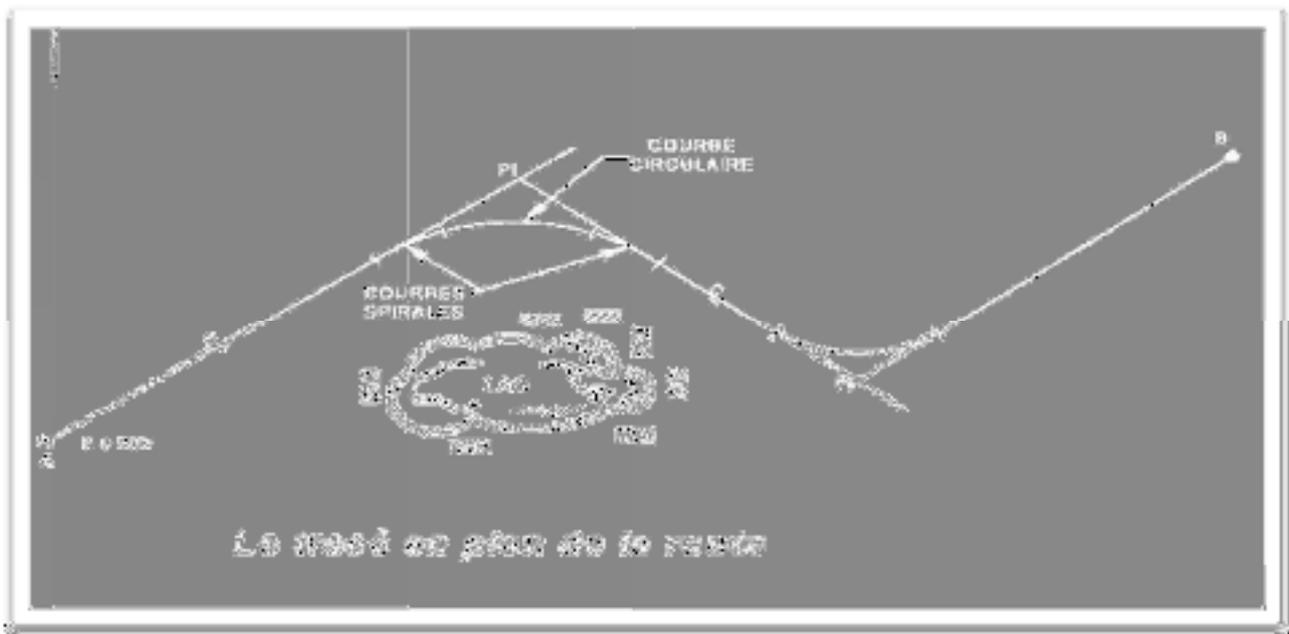


Figure IV.7: Tracé en plan d'une route.

Les caractéristiques des éléments constituant le tracé en plan doivent assurer les conditions de confort et de stabilité et qui sont données directement dans les codes routiers en fonction de la vitesse de base et le frottement de la surface assuré par la couche de roulement. [1]

IV.3.1. Règles à respecter dans le tracé en plan [1] :

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Eviter de passer si possible sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Se raccorder au réseau routier existant.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrage d'arts et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens et de rayon différent par un cercle unique.
- Eviter les sites qui sont sujet à des problèmes géologiques (présence de failles ou des matériaux présentant des caractéristiques très médiocres).
- Il faut toujours appliquer les rayons supérieurs au rayon minimal normal.
- Eviter les très longs alignements droits. [1]

IV.3.2. Eléments du tracé en plan:

IV.3.2.1. Alignement:

Pendant longtemps on a préféré le tracé rectiligne parce qu'il est le plus court, mais maintenant les longs alignements sont à proscrire, car :

- Eblouissement causé par les phares (conduite de nuit).
- Mauvaise adaptation de la route au paysage.
- Esthétique difficile.
- Encourage les vitesses excessives.

Pour cela, on est amène à faire un tracé légèrement infléchi. On doit donc remplacer ces alignements droits trop longs par une succession d'alignements courts et de courbes. En faits, il est préférable d'avoir un pourcentage compris entre 20% et 60% en alignement droit, d'une section de route. [1]

IV.3.2.2. Arc de cercle:

Deux alignements droits de direction différente sont reliés par une courbe. Notre rôle est d'assurer une transition confortable et sécurisante d'un usager passant d'un alignement droit à un autre.

Pour cela, il y a lieu de choisir un rayon de la courbe assurant cette condition. Dans ce cas, trois éléments interviennent pour limiter la courbure :

- La stabilité des véhicules sous l'effet de l'accélération centrifuge.
- La visibilité dans les courbes.

On essaye de choisir les plus grands rayons possibles en évitant de descendre au-dessous du rayon minimum préconisé. [1]

IV.3.2.3. Clothoïde:

La clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon progressive elle a pour rôle de maintenir constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers. [6]

IV.3.2.4. Rayon en plan:

Un véhicule qui se déplace dans un virage est soumis à différentes forces, parmi

lesquelles figurent son poids propre **P** et la force centrifuge **F_c**.

Si la composante de la résultante des deux forces **R'** passe en dehors du polygone des roues, le véhicule perd sa stabilité et se renverse. [5]

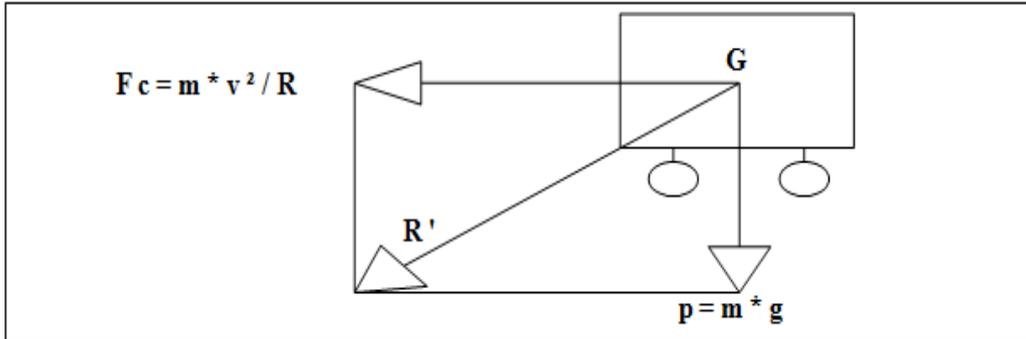


Figure IV.8 : Rayon en plan

Avec :

F_c : force centrifuge.

R' : rayon de courbure (la résultante).

P : poids du véhicule.

Il faut donc pour éviter de déstabiliser le véhicule, rapprocher la résultante **R'** d'une position perpendiculaire à la surface de la route. Pour cela, il faut donner un surhaussement **h** du bord extérieur de la voie. [5]



Figure IV.9 : Rayon en plan (inclinaison i).

Ce taux de relèvement (inclinaison i) est appelé devers. La route ainsi inclinée transversalement est dite déversée ou en devers.

En fonction de la vitesse de référence, le rayon minimal à admettre est :

$$R \geq \frac{V_r^2}{g * (f_t + d_{max})} \quad \dots \text{Eq IV. 25}$$

Avec :

V_r : vitesse de référence (m/s).

g : gravitation (m/s^2)

f_t : coefficient de frottement transversal.

d_{max} : devers.

Et en convertissant V_r (m/s) en km/h , on aura donc :

$$RH_{min} = \frac{V_r^2}{127(f_t + d_{max})} \quad \dots \text{Eq. IV. 26}$$

V_r : vitesse de référence (m/s).

f_t : coefficient de frottement transversal

d_{max} : devers.

Les valeurs du coefficient de frottement transversal dépendent de la vitesse. Elles augmentent avec la vitesse de référence. Les normes B40 nous donnent les valeurs suivantes :

Tableau IV.8 : Coefficient de frottement en fonction de V_r et Cat. [1]

Catégorie	Vitesse en Km/h	Coeff. de Frottement				
		120	100	80	60	40
1-2	Transversal f_t	0.1	0.11	0.13	0.16	0.20
3-4-5	Transversal f_t	0.11	0.125	0.15	0.18	0.22

IV.3.2.5. Rayon horizontal minimal absolu (RHmin):

Le rayon minimal pour chacune des vitesses de références est le rayon pour lequel le devers atteint sa valeur maximale, et ce rayon est employé dans les régions montagneuse.

La valeur de RHmin est donnée par la formule suivante :

$$RH_m = \frac{V_r^2}{127(f_t + d_{max})} \quad \dots \text{Eq IV. 27}$$

Avec :

- V_r : vitesse de référence du véhicule.
- d_{max} : dévers maximal.
- f_t : Coefficient de frottement transversal.

Les valeurs des dévers min et max sont données par le tableau ci-dessous (Selon B40) :

Tableau IV.9 : Les valeurs des dévers min et max en fonction de Cat et E.

Catégories des routes	Dévers	Environnement		
		E 1	E 2	E 3
1 et 2	Min	2,5%	2,5%	2,5%
	Max	7%	7%	7%
3 et 4	Min	3%	3%	3%
	Max	8%	8%	7%
5	Min	3%	3%	3%
	Max	9%	9%	9%

Donc pour notre projet on a :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Catégorie 4} \\ \text{Environnement (E1), } f_t = 0.125 \end{array} \right\} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} V_r = 100 \text{ Km/h} \\ d_{max} = 8\% \text{ et } d_{min} = 3\% \end{array} \right.$$

IV.3.2.6. Rayon minimal normale (RHN) :

Ce rayon est calculer a partir d'une vitesse $V = V_r + 20 \text{ km/h}$

Avec :

$$R_{Hn} = \frac{(V_r + 20)^2}{127(f_t + d_{max})} \quad \dots \text{Eq. IV. 28}$$

$d = d_{max} - 0.02$ pour cat.(1.2.3.4).

$d = d_{max} - 0.03$ pour cat. (5).

IV.3.2.7. Rayon au dévers minimal (RHd) :

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà du quel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse (V_r) serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en ligne droite.

$$R_{Hd} = \frac{Vr^2}{127 * 2 * dmin} \quad \dots \text{Eq. IV. 29}$$

IV.3.2.8. Rayon non déversé (RHnd) :

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toit et le devers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon minimal qui permet cette disposition est le rayon minimal non déversé (RHnd). [1]

$$R_{Hnd} = \frac{Vr^2}{12è * 0.0035} \quad \dots \text{Eq. IV. 30}$$

Les valeurs de f'' sont données dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV.10 : Les valeurs de f'' en fonction de Cat 4

Catégorie	1	2	3	4	5
f''	0.06	0.06	0.07	0.075	0.075

Pour notre projet est : f''=0.075

IV.3.4. Déversement en alignement et en courbe :

IV.3.4.1. Devers en alignement :

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

Nous avons adopté une pente transversale 2.5% selon la B40.

IV.3.4.2. Devers en courbe :

C'est le soulèvement de la chaussée extérieure vers l'intérieure de la courbe.

En courbe le devers permet de :

- Assurer un bon écoulement des eaux superficielles.
- Compenser une fraction de la force centrifuge être assurer la stabilité des véhicules. [4]

La force centrifuge : $F_c = \frac{M * V^2}{R} \quad \dots \text{Eq. IV. 31}$

Où :

M : la masse de véhicule.

V : la vitesse de véhicule.

R : le rayon de virage.

- Le devers est calculé d'après les formules suivantes :

1^{er} Cas : $RHN \leq R \leq RHD$

$$\frac{d - d_{max}}{[d_{max} - 2]} * \left(\frac{1}{RHN} - \frac{1}{RHD} \right) + \frac{1}{RHD} = \frac{1}{R} \quad \dots \text{Eq. IV. 32}$$

2^{ème} Cas : $RHmin \leq R \leq RHn$

$$\frac{[d - (d_{max} - 2)]}{[d_{max} - 2]} * \left(\frac{1}{RHmin} - \frac{1}{RHD} \right) + \frac{1}{RHD} = \frac{1}{R} \quad \dots \text{Eq. IV. 33}$$

A.N : Dans le cas de notre projet on a :

Tableau IV.11 : Le devers de notre projet.

Rayon (m)	d(%)
1000	3.82

Les caractéristiques des autres rayons sont présentées dans l'annexe .

- ❖ Expression mathématique de la clothoïde :

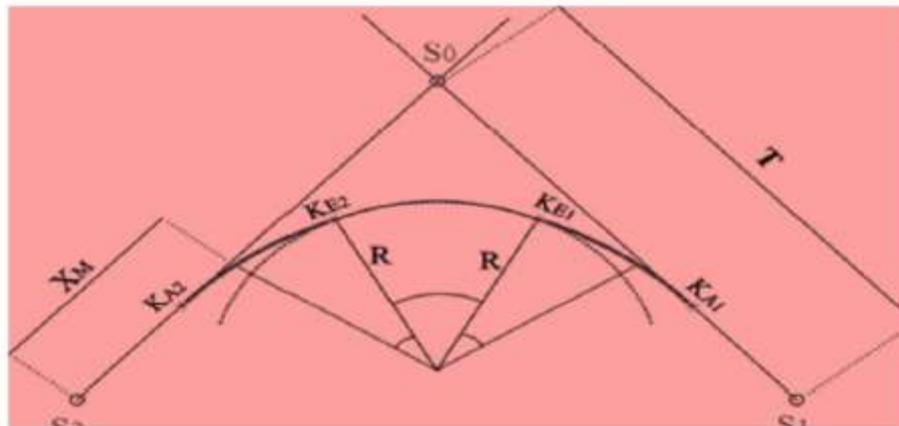


Figure IV.8 : Expression Mathématique De La Clothoïde

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne L. [6]

$$K = C * L \dots \text{Eq. IV. 34}$$

On pose: $1/C = A^2 \Rightarrow L * R = A^2$

- **A:** Paramètre de la clothoïde
- **M:** Centre de cercle d'abscisse **Xm**.
- **R:** Rayon de cercle
- **KA:** Origine de la clothoïde
- **KE:** Extrémité de la clothoïde
- **L:** longueur de la branche de la clothoïde
- **ΔR:** Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage)
- **Xm:** Abscisse du centre du cercle **M** à partir de **KA**.
- **τ:** Angle des tangentes
- **X:** Abscisse de **KE**
- **Y:** Origine de **KE**
- **TK:** tangente courte
- **TL:** tangente longue
- **SL:** Corde (**KA – KE**)
- **σ :** Angle polaire (angle de corde avec la tangente)
- Le choix d'une Clothoïde doit respecter les conditions suivantes :

✓ **Condition Optique:**

D'après la norme B40 cette condition est définie de la manière suivante:

Pour $R \leq 1500 \Rightarrow \Delta R = 1$ éventuellement 0.5m) d'où :

$$L1 = \sqrt{24R\Delta R} \quad \dots \text{Eq. IV. 35}$$

- Pour $1500 < R \leq 5000\text{m}$, $\tau = 3^\circ$ c'est-à-dire

$$L1 \frac{R}{9} \quad \dots \text{Eq. IV.36}$$

- Pour $R > 5000\text{m} \Rightarrow \Delta R$ limité à 2.5m soit

$$L1 = 7.75 * \sqrt{R} \quad \dots \text{Eq. IV.37}$$

✓ **Condition de confort dynamique :**

Cette condition Consiste à limite pendant le temps de parcouru Δt du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale. [4]

$$L = \frac{V_r^2}{18} \left(\frac{V_r^2}{127R} - \Delta d \right) \quad \dots \text{Eq. IV.38}$$

Avec :

V_r : vitesse de référence en (km/h)

R : rayon en (m)

Δd : variation de dévers.

Condition de gauchissement :

Le relèvement des virages s'effectue proportionnellement à l'arc de courbe de raccordement ainsi que le devers est proportionnel à la courbure.

Alors, Pour permettre l'introduction progressive du devers, il est préférable d'avoir un raccordement dont la longueur est calculée par la formule suivante:

$$L = \frac{b * \Delta d * V_r}{50} \dots \text{Eq. IV.39}$$

Avec :

V_r : Vitesse de référence (km/h).

b : Distance axe de rotation- bord de chaussée.

Δd : Différence de devers en %.

$$L_r = \max(L \text{ confort}, L_{\text{gauchissement}}, L \text{ optique}) \quad \dots \text{Eq. IV.40}$$

IV.3.5. Calcul des éléments d'un raccordement progressif :

La longueur du raccordement progressif doit être suffisante pour permettre :

- d'une part, d'introduire progressivement le devers : c'est condition de gauchissement ou de rapidité d'introduction du devers.
- d'autre part, de ne pas imposer au véhicule une variation trop rapide de la sollicitation transversale : c'est la condition du confort des usagers

La longueur de raccordement sera la plus grande valeur des L gauchissement, L confort dynamique L confort optique.

Exemple pour R= 1000 m.

IV.3.5.1. Condition optique:

$$L_1 = \sqrt{24R\Delta R}$$

On a R=1000m $\Rightarrow \Delta R=1$

$$L_1 = \sqrt{24 * 1000 * 1} = 154.91\text{m}$$

$$L_1 = 154.91 \text{ m}$$

IV.3.5.2. Condition de confort dynamique:

$$L_2 = \frac{V_r^2}{18} \left(\frac{V_r^2}{127R} - \Delta d \right)$$

$\Delta d = d + d_{\text{min}}$.

$\Delta d = d - (-0.03)$.

Pour R=1000m $\Rightarrow d = 0.0382$

$$\Delta d = 0.0382 + 0.03 = 0.0682$$

$$L_2 = \frac{100^2}{18} \left(\frac{100^2}{127 \times 1000} - 0.0682 \right)$$

$$L_2 = 5,85\text{m}$$

IV.3.5.3. Condition de gauchissement :

$$L_3 = \frac{b * \Delta d * V_r}{50}$$

$\Delta d = d + d_{\text{min}}$ (%)

$\Delta d = d - (-0.03)$.

Pour R=1000m $\Rightarrow d = 3.82\%$.

$\Delta d = 3.82 + 3 = 6.82\%$ et b=3.50m.

A.N:

$$L_3 = \frac{3,50 \times 6.82 \times 100}{50}$$

$$L_3 = 47.74\text{m}$$

$$L_r = \max(L_1, L_2, L_3) \Rightarrow L_r = L_1 = 154.91 \text{ m.}$$

$$L = \frac{A^2}{R} \Rightarrow A = \sqrt{L * R} = 393.58 \text{ m}$$

On prend: A=394 m.

$$L = \frac{A^2}{R} = 155.23$$

❖ **Calcul de l'angle des tangentes τ :**

$$\tau = \frac{L_r \times 200}{2 \times R \times \pi} = 4.93 \text{ grad} \quad \dots \text{Eq. IV. 41}$$

❖ **Calcul des gisements :**

La relation suivante permet de calculer le gisement :

gisarctg $\Delta X / \Delta Y$

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

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

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

$$(\Delta X < 0 \text{ et } \Delta Y > 0) \quad \Rightarrow \text{GIS} = 400 + \text{gis} \quad (\text{avec } \text{gis} < 0)$$

$$\Delta X_1 = X_1 - X_0 = 167.28 \text{ m}$$

$$\Delta X_2 = X_2 - X_1 = 5.93 \text{ m}$$

$$\Delta Y_1 = Y_1 - Y_0 = -86.24 \text{ m}$$

$$\Delta Y_2 = Y_2 - Y_1 = -188.10 \text{ m}$$

$$\text{gis 1} = \text{arctg}(167.28 / -86.24)$$

$$\text{gis 2} = \text{arctg}(5.93 / -188.10)$$

$$\text{gis 1} = -69.69$$

$$\text{gis 2} = -2.00$$

Avec:

$$\text{GIS 1} = 200 + \text{gis 1}$$

$$\text{GIS 2} = 200 + \text{gis 2}$$

$$\text{GIS 1} = 200 - 69.69$$

$$\text{GIS 2} = 200 - 2.00$$

$$\text{GIS 1} = 130.31 \text{ grade}$$

$$\text{GIS 2} = 198 \text{ grade}$$

$$\overline{SOS1} = \sqrt{(\Delta X_1)^2 + (\Delta Y_1)^2} = \sqrt{(167.28)^2 + (86.24)^2} \dots \text{Eq. IV. 42}$$

$$\overline{S0S1} = 188.2 \text{ m}$$

$$\overline{S2S1} = \sqrt{(\Delta X2)^2 + (\Delta Y2)^2} = \sqrt{(5.93)^2 + (188.10)^2} \quad \dots \text{Eq. IV. 43}$$

$$\overline{S2S1} = 188.19 \text{ m}$$

❖ Calcul de l'angle γ

❖

$$\gamma = |\text{GIS 1} - \text{GIS 2}| \dots \text{Eq. IV. 44}$$

$$\gamma = |130.31 - 198|$$

$$\gamma = 67.69 \text{ grade}$$

❖ **Vérification de non chevauchement :**

$$\tau = 4.93 \text{ grade.}$$

$$\gamma/2 = 67.69/2 = 33.84 \text{ grade.}$$

❖ **Calcul de l'abscisse du centre du cercle:**

$$X_m = A2 / 2 \times R = L / 2 \quad \dots \text{Eq. IV. 45}$$

$$X_m = 77.61 \text{ m}$$

❖ **Abscisse de KE:**

$$X = L * \left(1 - \frac{L^2}{40 * R^2} \right) \quad \dots \text{Eq. IV. 46}$$

$$X = 155.23 * \left(1 - \frac{155.23^2}{40 * 1000^2} \right)$$

$$X = 155.22 \text{ m}$$

❖ **Origine de KE :**

$$Y = \frac{L^2}{6 * R} \quad \dots \text{Eq. IV. 47}$$

$$Y = \frac{155.23^2}{6 * 1000}$$

$$Y = 4.01 \text{ m}$$

❖ **Calcul de la tangente :**

$$T = (R) \operatorname{tg} \left(\frac{\gamma}{2} \right) \dots \text{Eq. IV. 48}$$

$$T = (1000) \operatorname{tg} \left(\frac{67.69}{2} \right)$$

$$T = 670.57 \text{ m}$$

❖ **Calcul des Coordonnées SL :**

$$SL = \sqrt{X^2 + Y^2} \dots \text{Eq. IV. 49}$$

$$SL = \sqrt{155.22^2 + 4.01^2}$$

$$SL = 155.27 \text{ m}$$

❖ **Calcul de σ**

$$\sigma = \operatorname{arctg} (Y/X) \dots \text{Eq. IV. 50}$$

$$\sigma = \operatorname{arctg} (4.01/155.22)$$

$$\sigma = 14.13 \text{ grad}$$

❖ **Calcul de l'arc :**

$$\alpha = \gamma - 2\tau \dots \text{Eq. IV. 51}$$

$$\alpha = 67.69 - 2 \cdot 4.93$$

$$\alpha = 57.83 \text{ grade}$$

$$\widehat{KE_1KE_2} = \frac{R * \pi * \alpha}{200} \dots \text{Eq. IV. 52}$$

$$\widehat{KE_1KE_2} = \frac{1000 * 3.14 * 57.83}{200}$$

$$\widehat{KE_1KE_2} = 907.93$$

❖ **Calcul des coordonnées des points singuliers :**

$$X_{KA1} = X_{S2} - \cos (300 - \text{GIS2}) \quad X_{KA1} = 3869.4637 - 188.197 \cos (300 - 198)$$

$$X_{KA1} = 3875.375 \text{ m.}$$

$$Y_{KA1} = Y_{S2} - \sin (300 - \text{GIS2}) \quad Y_{KA1} = 8241.5970 - 188.197 \sin (300 - 198)$$

$$Y_{KA1} = 8053.50 \text{ m.}$$

$$X_{KA2} = X_{S0} - (\cos (300 - \text{GIS1}))$$

$$X_{KA2} = 3696.2514 - (188.2 - 188.197) \cos(300 - 130.31)$$

$$X_{KA2} = 3669.254 \text{ m.}$$

$$Y_{KA2} = Y_{S0} - (S1S0 - T) \sin(300 - GIS1)$$

$$Y_{KA2} = 8515.9360 - (188.2 - 188.197) \sin(300 - 130.31)$$

$$Y_{KA2} = 8515.934 \text{ m.}$$

$$X_{KE1} = X_{KA1} - SL \cos(300 + \sigma - GIS1)$$

$$X_{KE1} = 3875.375 - 122.99 \cos(300 + 4.09 - 130.31)$$

$$X_{KE1} = 3988.08 \text{ m}$$

$$Y_{KE1} = Y_{KA1} - SL \sin(300 + \sigma - GIS1)$$

$$Y_{KE1} = 8053.50 - 122.99 \sin(300 + 4.09 - 130.31)$$

$$Y_{KE1} = 8004.26 \text{ m.}$$

$$X_{KE2} = X_{KA2} + SL \sin(GIS2 + \sigma - 200)$$

$$X_{KE2} = 3669.254 \text{ m} + 122.99 \sin(198 + 4.09 - 200)$$

$$X_{KE2} = 3673.29 \text{ m.}$$

$$Y_{KE2} = Y_{KA2} + SL \cos(GIS2 + \sigma - 200)$$

$$Y_{KE2} = 8515.934 + 122.99 \cos(198 + 4.09 - 200)$$

$$Y_{KE2} = 8638.85 \text{ m}$$

Tableau IV.12: Récapitulatif des résultats du calcul.

Coordonnées (m)	KA1	KA1	KE1	KE2
X	3875.375	3669.254	3988.08	3673.29
Y	8053.50	8515.934	8004.26	8638.85

IV.4. APPLICATION AU PROJET

$$V_r = 100 \text{ km/h.}; d_{\max} = 8\%; d_{\min} = 3\%; f_t = 0.11; f'' = 0,075$$

IV.4.1. Rayon minimal absolu (Rhm):

$$Rhm = \frac{Vr^2}{127(ft + dmax)} \quad \dots \text{Eq. IV. 53}$$

$$Rhm = \frac{100^2}{127(0.125+0.08)} = 384 \text{ m}$$

IV.4.2. Rayon minimal normal (Rhn):

$$Rhn = \frac{(Vr + 20)^2}{127(ft + dmax - i)} \quad \dots \text{Eq. IV. 54}$$

$$Rhn = \frac{(100+20)^2}{127(0.125+0.08-0.02)} = 613 \text{ m}$$

IV.4.3. Rayon au dévers minimal (Rhd):

$$Rhd = \frac{Vr^2}{254 * dmin} \quad \dots \text{Eq. IV. 55}$$

$$Rhd = \frac{Vr^2}{254*0.03} = 1313 \text{ m}$$

IV.4.4. Rayon minimal non déversé (Rhnd):

$$Rhnd = \frac{Vr^2}{127(f'' - dmin)} \quad \dots \text{Eq. IV. 56}$$

$$Rhnd = \frac{100^2}{127(0.075-0.03)} = 1749 \text{ m}$$

Le tableau ci-dessous donne les différentes valeurs des rayons calculés et ceux donnés par le B40.

Tableau IV.13 : Valeur des différents rayons calculés et ceux donnés par B40.

Rayon minimal absolu Rhm(m)		Rayon minimal normal Rhn(m)		Rayon au dévers minimal Rhd (m)		Rayon minimal déversé Rhnd(m)	
Calculé	B40	Calculé	B40	Calculé	B40	Calculé	B40
384	375	613	600	1313	1300	1749	1750

IV.5. LE PROFIL EN LONG:

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain suivant un plan vertical passant par l'axe de la route. Il se compose de segments de droite de déclivité en rampe et en pente et des raccordements circulaires, ou parabolique.

Ces pentes et rampes peuvent être raccordées entre elles soit par des angles saillants ou par des angles rentrants. La courbe de raccordement les plus courants utilisés est le parabolique qui facilite l'implantation des points du projet.

IV.5.1. Règles à respecter dans le tracé du profil en long :

L'élaboration du tracé de profil en long s'appuiera sur les règles suivantes [1] :

- ❖ 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.
- ❖ Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- ❖ Pour assurer un bon écoulement des eaux, on placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- ❖ Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- ❖ Eviter une hauteur excessive en remblai.
- ❖ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment:
 - ❖ Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison de cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

IV.5.2. 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.

IV.5.2.1. Déclivité :

IV.5.2.1.1. Déclivité minimum:

Pour des raisons de l'écoulement des eaux, il faut éviter les paliers de grande longueur ayant une pente minimale $< 0.5\%$ ($I_{min}=0.5\%$ [1])

IV.5.2.1.2. Déclivité maximum:

La déclivité maximum dépend de [2] :

- ❖ Condition de l'adhérence entre pneu et chaussée.
- ❖ Vitesse minimum de poids lourd « PL».
- ❖ Condition économique

Selon B40 : Tableau IV.14 : $I_{max}(\%)$ Déclivité max en fonction de Cat et E.

Environnement Imax(%) Déclivité max	E 1	E 2	E 3
	Cat 1-2	4	5
Cat 3	6	5	6
Cat 4-5	6	7	8

Dans notre cas la déclivité maximum est : 6%

IV.5.2.2. Rayon des courbures de profil en long:

IV.5.2.2.1. Rayon en angle saillant:

Pour les angles saillant il faut respecter la condition de visibilité et on distingue deux types de rayon verticaux un rayon minimale et un autre normale.

RvM : Rayon minimal absolue

RvN : Rayon minimale normal

IV.5.2.2.2. Chaussées unidirectionnel:

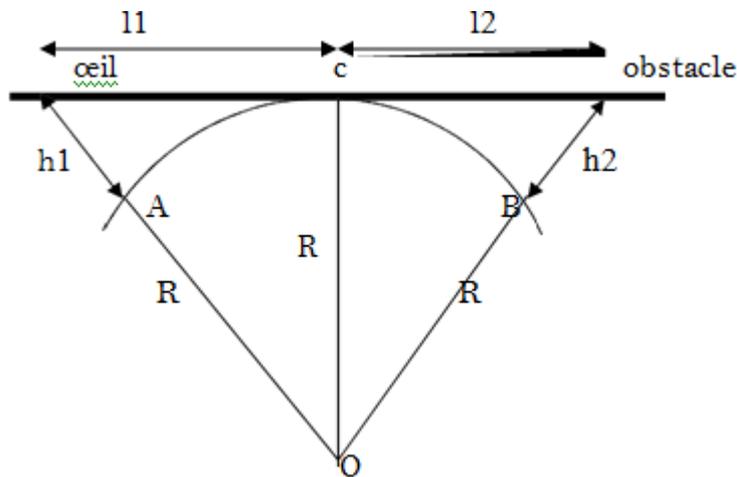


Figure IV.11 : Visibilité sur chaussée unidirectionnelle.

On a donc :

- Dans le triangle OAC, $(R + h1)^2 = l1^2 + R^2$.
- Dans le triangle OBC, $(R + h2)^2 = l2^2 + R^2$.
- En développant :

$$\begin{cases} R^2 + h1^2 + 2Rh1 = l1^2 + R^2 \\ R^2 + h2^2 + 2Rh2 = l2^2 + R^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2Rh1 + h1^2 = l1^2 \\ 2Rh2 + h2^2 = l2^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 2Rh1 \approx l1^2 \quad \dots \text{Eq. IV. 57} \\ 2Rh2 \approx l2^2 \quad \dots \text{Eq. IV. 58} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} l1 = \sqrt{2Rh1} \\ l2 = \sqrt{2Rh2} \end{cases}$$

D'autre part, on a approximativement:

$l1 + l2 \approx D$ Ou D est la distance d'arrêt.

$$D'où: \sqrt{2Rh1} + \sqrt{2Rh2} = D \Rightarrow \sqrt{2R}(\sqrt{h1} + \sqrt{h2}) = D \quad \dots \text{Eq. IV. 59}$$

$$\Rightarrow 2R(\sqrt{h1} + \sqrt{h2})^2 = D^2 \quad \dots \text{Eq. IV. 60}$$

Ou encore :

$$R = \frac{D^2}{2(\sqrt{h_0} + \sqrt{h_1})} \quad \dots \text{Eq. IV. 61}$$

On a : $h_0 = 1.00\text{m}$ (œil de conducteur).

$h_1 = 0.15\text{m}$ (obstacle immobile).

$$R = \frac{D^2}{3.85} = 0.26 * D^2 \quad \dots \text{Eq IV. 62}$$

Ou :

R_{vml} : est le rayon minimal absolu sur chaussée unidirectionnel donnée par la formule

$$R_{vml} = \frac{d_1^2}{2 * (h_0 + h_1 + 2 * \sqrt{h_0 * h_1})} \approx 0.26 * D^2 \quad \dots \text{Eq IV. 63}$$

Avec :

D : distance d'arrêt (m) à V_r . h_0 : hauteur de l'œil (m)=1m.

h_1 : hauteur de l'obstacle (m)=0.15m.

R_{vn1} : est le rayon minimal normal sur chaussée unidirectionnelle, il est obtenu par la même formule ci-dessus avec la distance d'arrêt pour la vitesse $V = V_r + 20\text{km/h}$.

$$R_{vml} = \frac{d_1^2}{2 * (h_0 + h_1 + 2 * \sqrt{h_0 * h_1})} \approx 0.26 * D^2 \quad \dots \text{Eq IV. 64}$$

Avec :

D : distance d'arrêt (m) à $(V_r + 20)$.

h_0 : hauteur de l'œil (m) = 1 m

h_1 : hauteur de l'obstacle (m) = 0.15 m

IV.5.2.2.3. Chaussée bidirectionnelle :

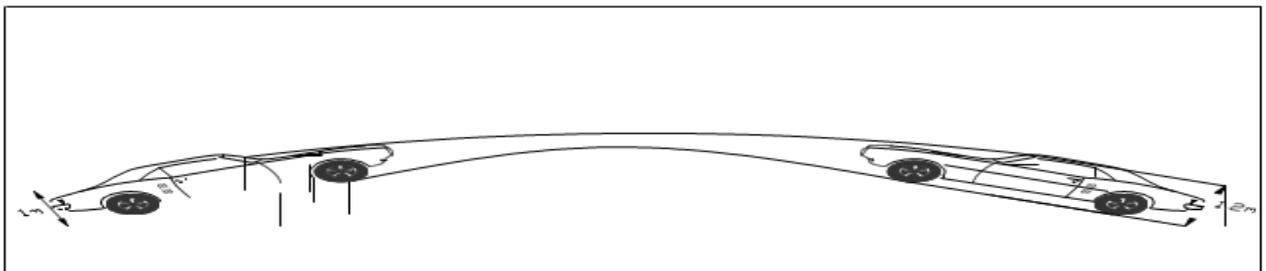


Figure TV.12 : Visibilité sur chaussée bidirectionnelle. [1]

D (cas d'un obstacle mobile).

Dans la formule précédente on prend :

H1=1.00m (œil de conducteur) On aura:

H2=1.20m (hauteur de véhicule)

$$R = \frac{D^2}{8.8} = 0.11 * D^2 \quad \dots \text{EqIV. 65}$$

On :

Rvm2 : est le rayon minimal absolu sur chaussée bidirectionnelle donnée par la formule

$$R_{vm2} = \frac{D_{II}^2}{8.8} = 0.11 * D_{II}^2 \dots \text{Eq IV.66}$$

Avec :

D_{II} : distance de visibilité d'arrêt sur obstacle mobile à Vr.

Rvn2 : est le rayon minimal normal sur chaussée bidirectionnelle, il est obtenu par la même formule ci-dessus avec la distance de visibilité de manœuvre de dépassement calculée avec la vitesse de référence majorée de 20 km/h.

$$R_{vn2} = \frac{D_{II}^2}{8.8} = 0.11 * D_{II}^2 \quad \dots \text{Eq .IV. 67}$$

Avec :

D_{II} : distance de visibilité d'arrêt sur obstacle mobile à (Vr + 20).

Le rayon de courbure du profil en long correspondant est le rayon assurant la distance de visibilité de dépassement minimal noté RvD

$$R_{vd} = 0.11 * d_m^2 \quad \dots \text{Eq. IV. 68}$$

Avec :

RvD : Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement

dm : Distance de visibilité de dépassement.

IV.5.2.2.4. Rayon en angle rentrant:

Ce rayon doit respecter les deux conditions suivantes [1] :

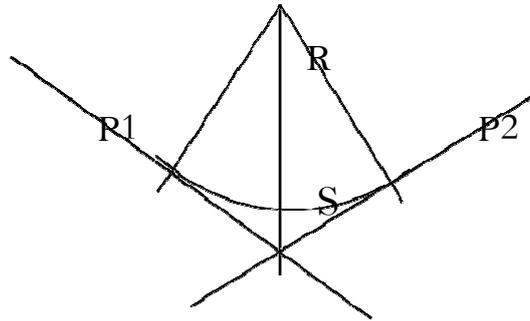


Figure IV.13: Rayon en angle rentrant

IV.5.2.2.4.1. Condition de confort:

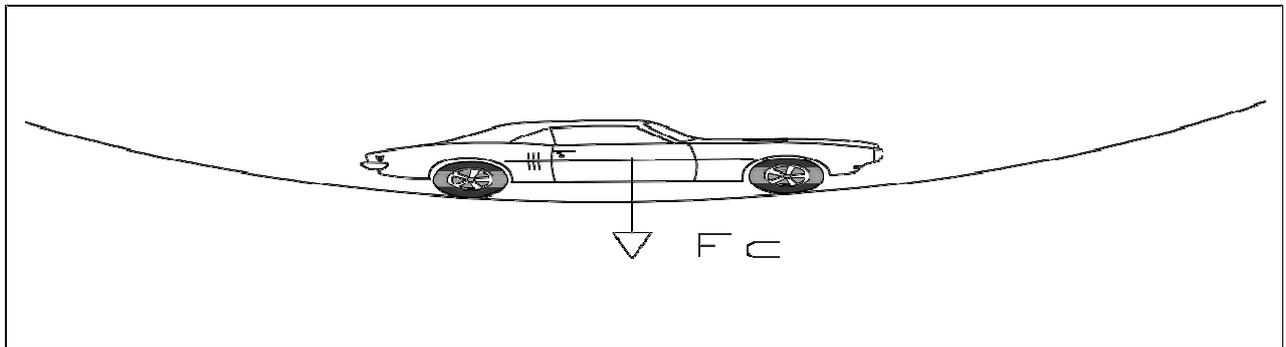


Figure IV.14 : Rayon assurant le confort dynamique

Cette condition sert à limite l'accélération verticale à [1] :

$$\begin{cases} \frac{g}{40} \text{ pour cat. 1 - 2} & \dots \text{Eq IV. 69} \\ \frac{g}{30} \text{ pour cat. 3 - 4 - 5} & \dots \text{Eq IV. 70} \end{cases}$$

$$Vr^2/Rv < g/40 \Rightarrow \frac{40V^2}{g} \text{ pour cat. 1 - 2} \quad \dots \text{Eq. IV. 71}$$

$$Vr^2/Rv < g/30 \Rightarrow 30 \frac{Vr^2}{g} \text{ pour cat. 3 - 4 - 5} \quad \dots \text{Eq. IV. 72}$$

Le rayon minimal absolu est donne par la formule suivante:

Pour g=10 m/s.

$$RVm = \begin{cases} 0.3Vr^2 \text{ pour cat 1 - 2} & \dots \text{Eq. IV. 73} \\ 0.23Vr^2 \text{ pour cat 3 - 4 - 5} & \dots \text{Eq. 74} \end{cases}$$

Le rayon minimal normal est donné par la même formule ci-des sus avec

$$V = (V_r + 20).$$

Avec : $V = V_r$

$$2R_{V_{m'}} = 0.33 * V^2 \quad \dots \text{Eq. IV. 75}$$

Avec: $V = V_r + 20$

$$R_{V_{m'}} = 0.33 * V^2 \quad \dots \text{Eq. IV. 76}$$

IV.5.2.2.4.2. Condition de visibilité:

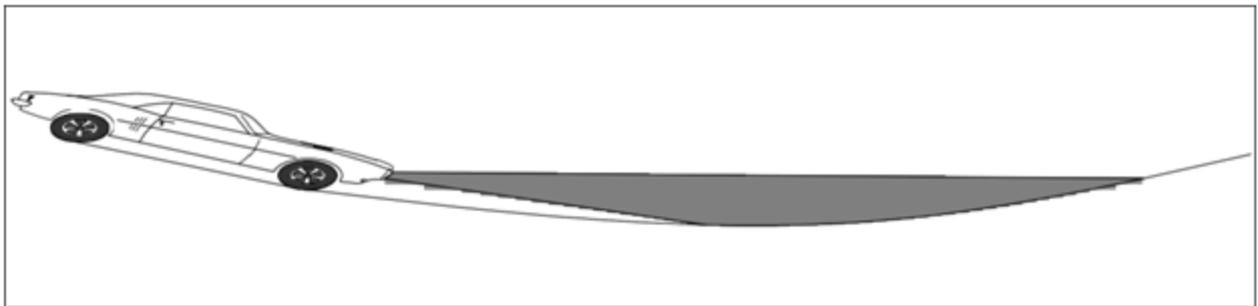


Figure IV.15 : Rayon assurant visibilité

$$R_V = \frac{d^2}{2(h_s + \tan \alpha)} \quad \dots \text{Eq. IV. 77}$$

d : distance d'arrêt.

α : L'inclinaison du fuseau lumineux des deux phares de la voiture égale à 1.

h_s : hauteur de deux phares égale à 0.75m.

IV.6. APPLICATION AU PROJET:

- Cas d'un angle saillant.

IV.6.1. Rayon minimal absolu (RVm1):

$$RV_{m1} = \frac{d^2}{2(h_0 + h_1 + 2 * \sqrt{h_0 * h_1})} \approx 0.26 * d^2 \quad \dots \text{Eq. IV. 78}$$

An:

$$R_{vm1} = 0.26 * 149^2 = 5772 \text{ m}$$

IV.6.2. Rayon minimal normal (RVN1):

$$RVN1 = \frac{d1^2}{2(h0+h1+2*\sqrt{(h0+h1)})} \approx 0.26 * d1^2 \quad \dots \text{Eq. IV. 79}$$

An: $d1 = d0 + 0.5 * (v + 20) = 149 + 0.5 * (100 + 20) = 209\text{m}$

$$RVN1 = 0.26 * 209^2 = 11357\text{m}$$

IV.6.3. Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement (RvD):

$$RvD = 0.11 * d^2 \quad \dots \text{Eq. IV. 80}$$

An :

$$RvD = 0.11 * 425^2 = 19868$$

- **Cas d'un angle rentrants**

IV.6.4. Rayon minimal absolu (RVm'):

$$RVm' = 0.33 * V^2 \quad \dots \text{Eq. IV. 81}$$

An:

$$RVm' = 0.33 * 100^2 = 3300 \text{ m}$$

IV.6.5. Rayon minimal normal (RVN'):

$$RVN' = 0.33 * V^2 \quad \dots \text{Eq. IV. 82}$$

An :

$$RVN' = 0.33 * (100 + 20)^2 = 4752 \text{ m}$$

Le tableau suivant donne les valeurs des différents rayons calculés et ceux donnés par B40 :

Tableau IV.15 : Valeurs des différents rayons calculées et selon B40 en profile en long

	Rayon en angle saillant RV		Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement dm	Rayon en angle rentrant	
	Unidirectionnelle				
	Minimal absolu	Minimal normal	RVD	Minimal absolu	Minimal normal
RVm1	RVN1	R'Vm		R'VN	
Calculé	5772	11357	19868	3300	4752
B40	4500	10000	1600	2100	3500

IV.7. LE PROFIL EN TRAVERS:

Le profil en travers est défini comme étant la coupe suivant un plan vertical perpendiculaire à l'axe du projet.

La détermination du profil en travers constitue à définir la largeur de la chaussée et ses annexes, On distingue trois types de profils en travers :

- Profil en travers en déblai.
- Profil en travers en remblai.
- Profil en travers mixte (remblai et déblai).

IV.7.1. Les éléments du profil en travers [7] :

IV.7.1.1. La chaussée :

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

IV.7.1.2. Les accotements :

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

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

IV.7.1.3. La plate-forme :

C'est l'ensemble de la chaussée et des accotements, elle est située entre les fossés ou les crêtes de talus de remblais.

IV.7.1.4. L'assiette :

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

IV.7.1.5. L'emprise :

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

IV.7.1.6. Le talus :

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

A : la base du talus.

B : hauteur du talus.

IV.7.1.7. Le fossé :

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

IV.7.1.8. Le terre-plein central T.P.C :

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

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

IV.1.7.9. La largeur roulable :

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

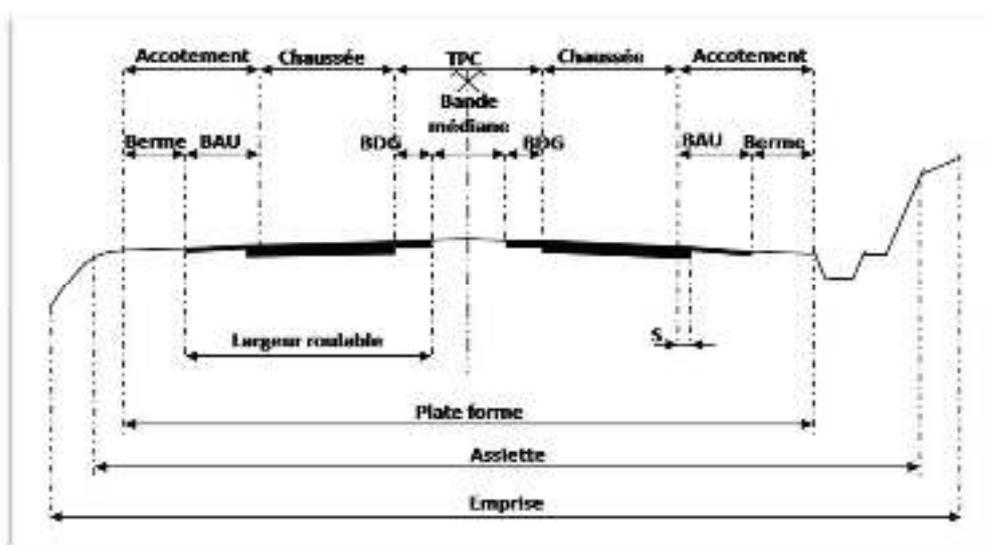


Figure IV.16 : Les éléments du profil en travers. [7]

IV.7.2. Profil en travers type :

Chaque projet de route comporte un grand nombre de dessins de profils en travers, que chacun d'eux comporte les mêmes dimensions générale, et des détails constructifs commun, alors pour éviter cette répétition sur chaque dessin on établit tout d'abord un profil unique appelé profil en travers type contenant toutes les détails. [7]

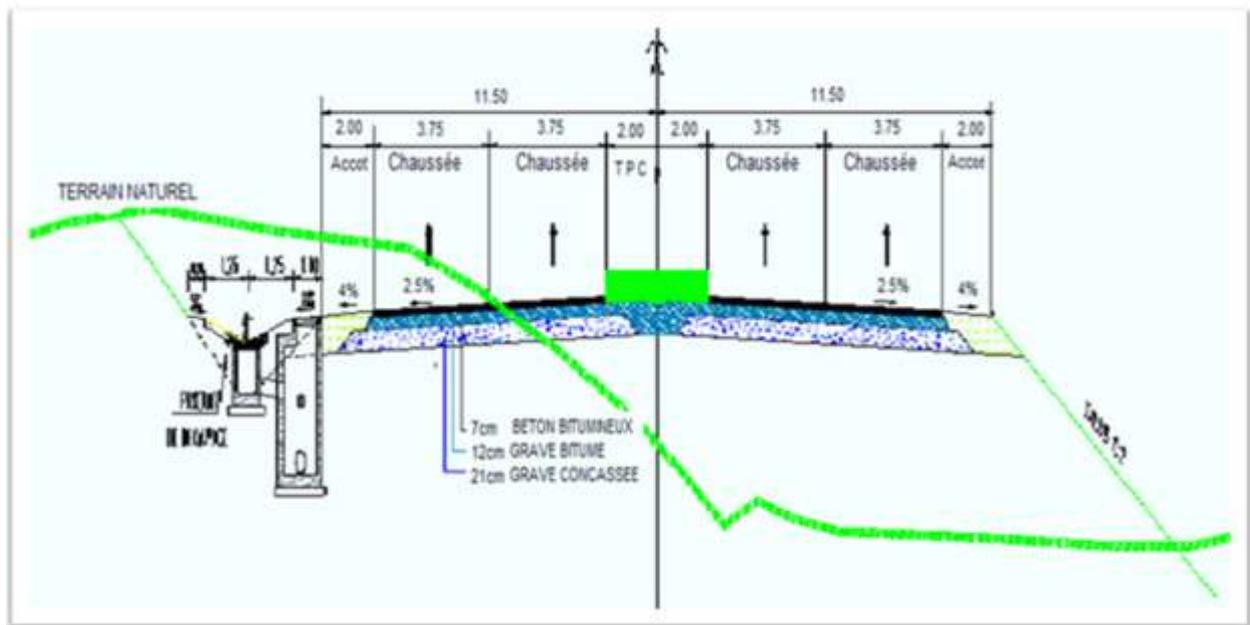


Figure IV.17 : Profil en travers type.

IV.7.3. Les différentes formes de la chaussée en alignement :

IV.7.3.1. En alignement droit:

En alignement droit le profil en travers de la chaussée a une forme généralement en toit à fin d'assurer l'évacuation des eaux, pour cette raison il est constitué par deux versants plans symétriques, inclinés suivant la nature de revêtement et la catégorie. Le profil en travers tient toujours en compte le devers, dans le cas échéant on pourra avoir les problèmes suivants:

- effet de miroir.
- phénomène de l'aquaplanage.
- Formation de verglas en hivers. [7]

Il faut permettre l'évacuation rapide de l'eau vers les côtés. On adopte les pentes transversales suivantes :

- Chaussée en béton de ciment : 2%

- Chaussée en enduit superficiel ou enrobé : 2,5 à 3%
- Chaussée non revêtue : 4%

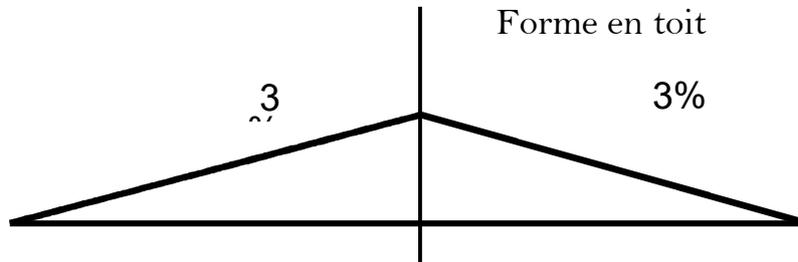


Figure IV.18: Profil en travers en alignement droit.

Deux solutions peuvent être prévues pour l'écoulement des eaux sur la chaussée :

- soit en toit (double pentes)
- soit avec une pente unique rectiligne sur toute la largeur de la chaussée.

IV.7.3.2. En courbe:

Le passage d'une situation (alignement droit) à un autre (courbe) nécessite une zone de transition, cette zone doit être très soigneusement étudiée pour éviter les accumulations des eaux, génératrice (d'aquaplanage). La pente ne doit pas être très grande, cela pourrait être dangereux pour les véhicules longs.

En courbe, le profil ne comporte plus qu'un seul versant (relevée de l'extérieur vers l'intérieur), dont la pente est le devers évoqué dans le chapitre précédent (trace en plan). Elle contribue également à l'équilibre dynamique des véhicules. Toutefois, cette contribution reste limitée et sa valeur est donc plafonnée (généralement à 7%).

Le devers reste constant le long de la courbe circulaire, sa valeur est de [9]:

$$\left\{ \begin{array}{l} d = d_{\max} - 2 - d_{\min} \frac{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd}}{\frac{1}{RHN} - \frac{1}{RHd}} + d_{\min} \dots \dots \dots RHN < R < RHd \quad \dots \text{Eq IV. 83} \\ d = d_{\max} - 2 - d_{\min} \frac{\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd}}{\frac{1}{RHN} - \frac{1}{RHd}} + d_{\min} \dots \dots \dots RHm < R < RHN \quad \dots \text{Eq IV. 84} \end{array} \right.$$

- Selon le B40 les devers sont limités suivant ce tableau:

Tableau IV.16 : d_{min} et d_{max} en fonction de la catégorie de la route

Divers (%)	Catégorie de la route				
	1	2	3	4	5
Divers minimal d _{min}	2.5	2.5	3	3	3
Divers maximal d _{max}	7	7	8	8	9

Pour notre projet on a : d_{min} = 3 % et d_{max} = 8%.

IV.7.4. Transition du profil en toit jusqu'au profil à pente unique:

IV.7.4.1. Elévation du bord de la chaussée hauteur total « h » :

$$h = \frac{b}{2}(d + i) \quad \dots \text{Eq.IV.85}$$

Ou :

b : largeur de la chaussée.

d : devers de la chaussée en courbe.

i : pente transversale.

IV.7.4.2. Elévation partielle:

$$h_{xn} = \frac{L_{xn} * h}{L} \quad \dots \text{Eq. IV. 86}$$

Ou :

L_{xn} : distance partielle (m) h_{xn} : Elévation total (m)

L : longueur de la Clothilde (m).

IV.7.4.3. Dévers du % :

$$dn\% = \frac{L_{xn} - h}{b/2} \quad \dots \text{Eq. IV.87}$$

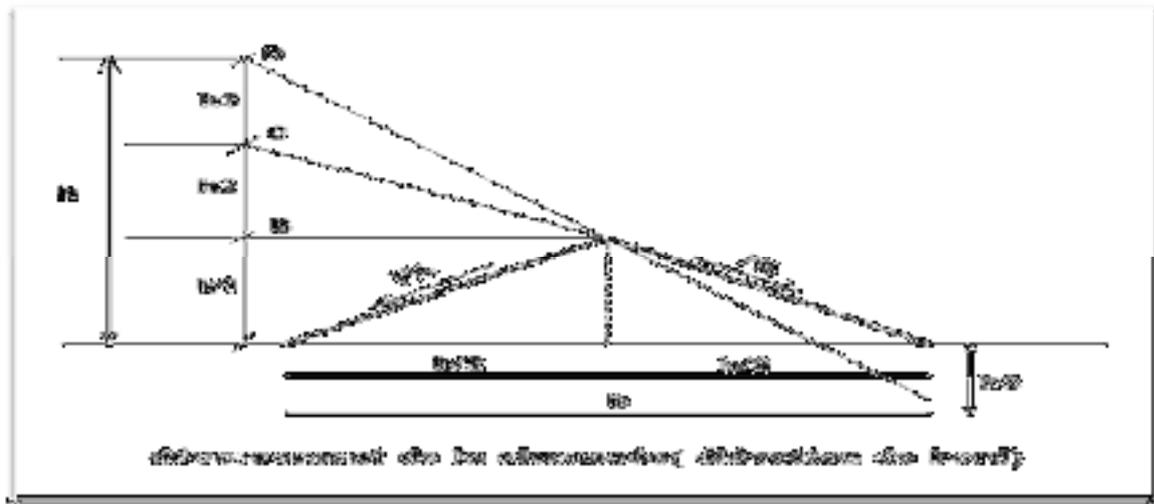


Figure IV.19 : déversement de la chaussée.

Remarque: Les résultats obtenus sont présentés dans l'annexe.

CHAPITRE V

DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSÉE ET CALCUL DE CUBATURE

V.1. DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE :

Une étude routière ne se limite pas en un bon tracé en plan et d'un bon profil en long, en effet, une fois réalisée, elle devra résister aux agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation : action des essieux des véhicules lourds, effets des gradients thermiques pluie, neige, verglas,....Etc. Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes ces charges pendant sa durée de vie.[8]

V.1.1. Définition de la chaussée :

- ❖ Au sens Géométrique : la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.
- ❖ Au sens Structurel : l'ensemble des couches des matériaux superposées qui permettent la reprise des charges. [9]

Il existe trois types de chaussées :

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

V.1.2. Durée de vie d'une chaussée :

La durée de vie d'une chaussée varie selon qu'il s'agisse d'une autoroute ou voie expresse et d'une route nationale ou d'un chemin de wilaya.

- Les autoroutes et voies express ont une durée de vie initiale de 30ans.
- Les Routes nationales ou chemins de wilaya sont dimensionnés pour une durée de vie de 15 à 20 ans.

Cette distinction a été adoptée pour limiter les interventions d'entretien structurel sur les routes à fort trafic, réduire la gêne de l'utilisateur et limiter les contraintes liées à l'exploitation de la route. [9]

V.1.3. Les sollicitations:

La chaussée est soumise aux sollicitations dues au trafic, aux intempéries, ainsi qu'à l'influence de la durée des diverses sollicitations. [10]

V.1.3.1. Les effets du trafic:

Le trafic constitue un élément essentiel dans la sollicitation de la chaussée. A travers

les pneumatiques, les véhicules transmettent une pression à la structure dépendant du poids des véhicules. Ces efforts verticaux se diffusent dans le sol. Elles se caractérisent par différents types de dégradation (usure, fluage) ou rupture par fatigue. [9]

V.1.3.2. Les effets du climat sont traduits par:

- L'eau qui diminue les facultés d'adhésivité passive du bitume (c.-à-d. les liaisons entre bitumes et granulats), elle contribue donc aux dés enrobage des enrobés bitumineux.
- L'air qui contribue à l'évaporation des solvants et par conséquent à l'oxydation du bitume.
- La température qui influe sur les propriétés mécaniques du bitume en particulier les variations de température peuvent conduire à fissurer la couche de roulement. [9]

V.1.4. Les différents types de chaussée:

On distingue en général trois types de chaussées :

- **Les chaussées souples :** Elles constituent l'immense majorité des routes actuelles. Elles sont composées D'une fondation constituée d'un matériau non traité mais stabilisé mécaniquement (Compact), d'une couverture bitumineuse mince (couche de roulement) moins De 15 cm. [9]

- **Les chaussées semi-rigides:** Une chaussée semi rigide est une chaussée avec une couche de surface en béton bitumineux reposant sur une couche de base en matériaux stabilisés aux liants hydrauliques et d'une couche de fondation granulaire [7].

- **Les chaussées rigides:** Elle est constituée d'une dalle de béton, éventuellement armée (correspondant à la couche de surface de chaussée souple) reposant sur une couche de fondation qui peut être de la grave stabilisé mécaniquement, un grave traité aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.

Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

V.1.4.1. Chaussées souples:

Elle est constituée par la superposition d'un certain nombre de couche.

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

- La couche de surface (couche de liaison + couche de roulement).
- Couche d'assise (couche de base + couche de fondation). [10]

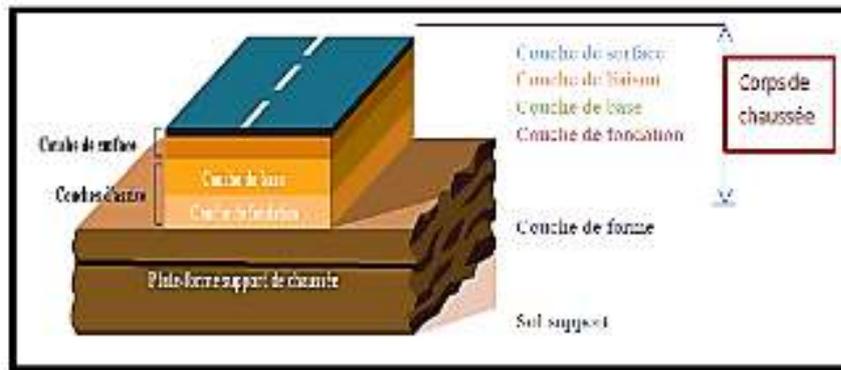


Figure V.1 : chaussée souple. [23]

V.1.4.1.1. La couche de surface:

C'est la couche supérieure de la chaussée, qui subit directement les efforts des véhicules et les facteurs naturels, d'où ses deux rôles principaux :

- ❖ d'une part, elle doit absorber les efforts horizontaux tangentiels (cisaillement) importants et de transmettre les charges verticales.
- ❖ d'autre part, elle doit offrir à l'utilisateur une surface de roulement compatible avec les exigences de l'automobiliste moderne.

Outre, cette couche assure la qualité superficielle de la chaussée et protège les couches inférieures, donc elle doit être toujours en bon état.

Cette couche de surface peut être multiple, dans le cas où la circulation est intense elle comporte :

V.1.4.1.1.1. La couche de roulement:

- ❖ En matière de sécurité, elle doit avoir une bonne rugosité (adhérence) indispensable pour assurer aux véhicules des possibilités de freinage convenable et une bonne stabilité transversale.
- ❖ En matière de confort, elle doit présenter un bon uni afin que l'utilisateur ne ressente pas dans son véhicule de secousses brutales ou de vibrations excessives.
- ❖ En matière de pérennité, elle doit assurer une bonne imperméabilité. [10]

V.1.4.1.1.2. La couche de liaison:

La couche de liaison a pour rôle essentiel, d'assurer une transition (liaison) entre la couche de

base et celle de roulement. [10]

V.1.4.1.2. Le corps de chaussée:

Sous la couche de surface, vient le corps de chaussée, dont le rôle essentiel est de résister aux charges et de répartir les pressions qui résultent de telle sorte que le terrain ne soit plus sollicité qu'avec les contraintes compatibles avec sa portance. Il comporte de haut en bas :

V.1.4.1.2.1. La couche de base:

Constituée de matériaux résistants (Pierres concassées, graviers bitumineux), son rôle est de transmettre les charges à la couche de fondation provenant de la circulation. (Résister aux charges verticales de La circulation).

V.1.4.1.2.2. La couche de fondation:

Son rôle est d'assurer la transmission convenable des charges verticales (contraintes), apportées par la couche de base sur le terrassement. Elle doit aussi assurer un bon drainage.

V.1.4.1.2.3. La sous couche:

Lorsque le corps de chaussée doit être préservé contre certaines actions(le sol naturel est de mauvaise qualité), on interpose entre celui-ci et le terrain une couche supplémentaire appelée sous couche. La sous couche est, éventuellement, prévue pour :

- ❖ Soit assurer le drainage de la fondation : la sous couche est dite alors drainante.
- ❖ Soit empêcher les remontées d'argile dans la chaussée: la sous couche est dite alors «anti-contaminant».
- ❖ Soit, s'opposer aux remontées d'eau par capillarité : la sous couche est dite alors anticapillaire.
- ❖ Soit lutter contre les effets de gel : la sous couche est dite alors antigel.
- ❖ Une sous couche peut avoir plusieurs de ces rôles. [10]

V.1.4.2. Chaussées semi-rigides:

On distingue:

Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulats,..).

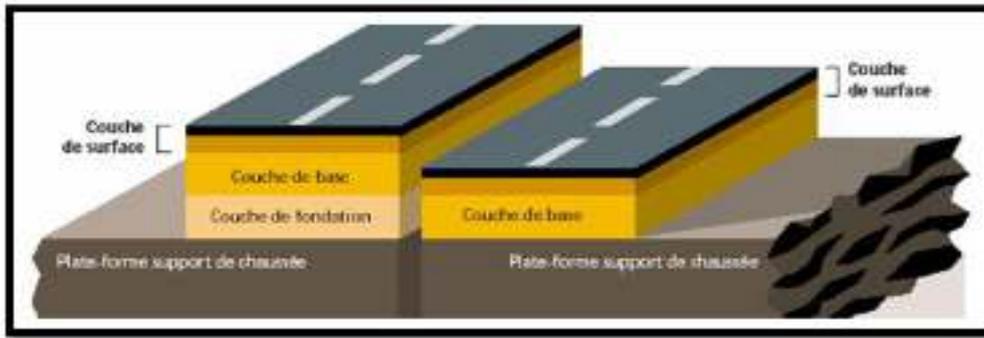


Figure V.2 : Chaussée semi-rigide [24].

III.1.4.3. Chaussée rigide:

La structure d'une chaussée rigide est beaucoup plus simple que celle d'une chaussée souple, elle comprend :

- ❖ une couche de surface rigide.
- ❖ une couche de fondation, qui repose sur le sol naturel.

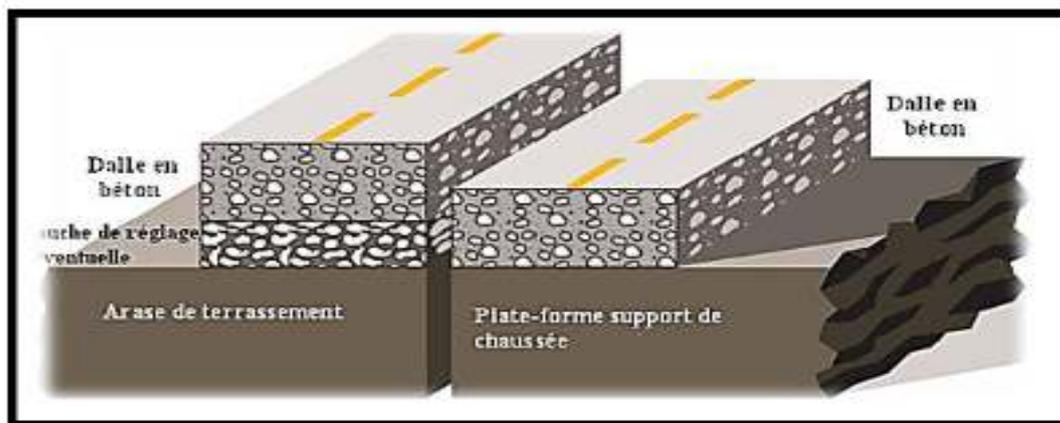


Figure V.3 : Chaussée rigide. [24]

V.1.4.3.1. La couche de surface:

Elle est constituée par une dalle en béton. Cette dalle de béton correspond à la fois à la couche de base et à la couche de surface d'une chaussée souple. Elle repose soit directement sur le terrain, soit sur une couche de fondation.

Elle a pour objet d'absorber les efforts tangentiels horizontaux, mais aussi de transmettre, en les répartissant, les charges verticales à la couche de fondation. [10]

V.1.4.3.2. La couche de fondation:

Elle a le même rôle que celui de la couche de base, elle reprend les contraintes normales et les répartit sur le sol-support (ou la couche de forme éventuellement).

Le critère de choix entre chaussée souple et chaussée rigide, est l'analyse économique pour chaque projet, mais en règles générales :

- si le trafic est faible les bétons bitumineux son plus économique.
- si le trafic est lourd (abond des villes) l'avantage du béton de ciment.
- si les mouvements de terrain sont à craindre, utilisation du béton bitumineux.[10]

V.2. DIFFERENTES METHODES DE DIMENSIONNEMENT:

Pour la détermination de l'épaisseur de corps de chaussée, il faut commencer par l'étude du sol. La méthode utilisée par les bureaux d'études qui sont empiriques et basées sur :

- La détermination de l'indice portant du sol.
- Appréciation du trafic composite.
- Utilisation d'abaque ou formule pour déterminer l'épaisseur de chaussée. [11]

❖ On distingue deux méthodes:

Les méthodes empiriques et semi-empiriques. Ces méthodes s'appuient sur deux paramètres :

- ✓ **La force portante** : Obtenue par les différents essais géotechniques.
- ✓ **Le trafic** : Charge par voie, pression de gonflage et répétition des charges.

V.2.1. Méthode C.B.R (California – Bearing –Ratio):

C'est une méthode (semi-empirique), elle se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon de sol-support .les abaques qui donnent l'épaisseur «e» des ; chaussées en fonction des pneus et du nombre de répétitions des charges, tout en tenant compte de l'influence du trafic.[11]

L'épaisseur de la chaussée est calculée par les formules suivantes :

Pour un trafic routier léger (10^5 tonne par mètre de largeur et par ans).

$$E = \frac{100 + 150\sqrt{P}}{I + 5} \quad \dots \text{Eq. V. 1}$$

- L'influence du trafic ne doit pas être négligée dans le dimensionnement du corps de

CHAPITRE V DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE ET CALCUL DE CUBATURE

chaussée, nous en tiendrons donc compte dans la formule améliorée par (Peltier):

$$E = \frac{100 + \sqrt{P}}{I + 5} \left[75 + 50 \text{Log}\left(\frac{N}{10}\right) \right] \quad \dots \text{Eq. V. 2}$$

Avec :

E : épaisseur de la chaussée (cm).

P : (p= 6.5 t d' après le code routier : essieu de 13t). N : nombre de véhicule par jour.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e = c_1 e_1 + c_2 e_2 + c_3 e_3 \quad \dots \text{Eq. V. 3}$$

Avec :

$c_1 \times e_1$: couche de roulement.

$c_2 \times e_2$: couche de base.

$c_3 \times e_3$: couche de fondation.

Où:

c_1, c_2, c_3 : coefficients d'équivalence.

e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Tableau V.1 : Coefficient d'équivalence en fonction de matériaux utilisés. [9]

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux – enrobé dense	2.00
Grave bitumineux	1.20 à 1.70
Grave ciment	1.5
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse – T.V.O	0.75
Sable	0.50
Tuf	0.60

V.2.2. Méthode A.A.S.H.O (American Association of States Highway Official):

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

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

- ❖ L'état de la chaussée et l'évolution de son comportement dans le temps.
- ❖ L'équivalence entre les différentes couches de matériaux.
- ❖ L'équivalence entre les différents types de charge paressa.
- ❖ L'influence des charges et de leur répétition.[9]

V.2.3. Méthode L.C.P.C (Laboratoire central des ponts et chaussées):

Cette méthode est dérivée des essais A.A.S.H.O, elle est basée sur la détermination du trafic équivalent donnée par l'expression :

$$Teq = [TJMA * a [(1 + Z)^n - 1] * 0.75 * P * 365] / [(1 + z) - 1] \dots \text{Eq.V.4}$$

Teq = trafic équivalent par essieu de 13t.

TJMA = trafic à la mise en service de la route. a = coefficient qui dépend du nombre de voies.

Z = taux d'accroissement annuel.

n = durée de vie de la route.

p = pourcentage de poids lourds.

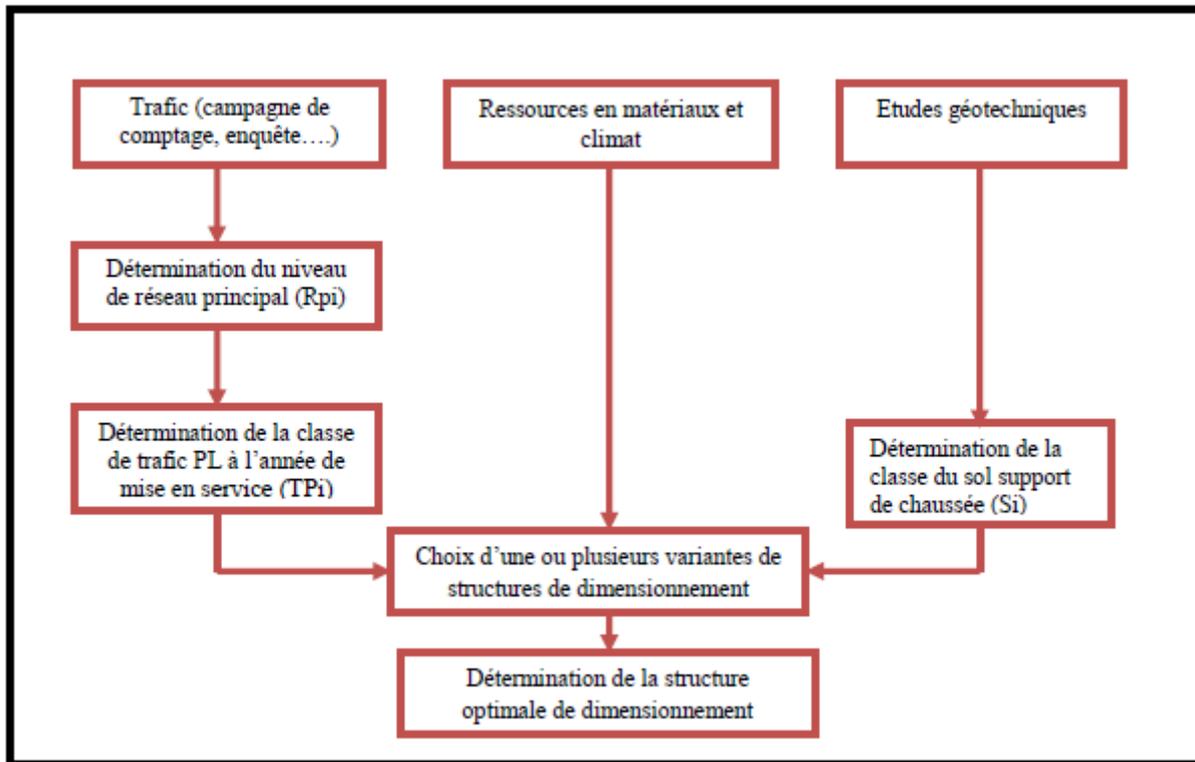
Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente

e(en fonction de Teq, I_{CBR}) à partir de l'abaque L.C.P.C.

L'abaque L.C.P.C est découpé en un certain nombre de zones pour lesquelles, il est recommandé en fonction de la nature et la qualité de la couche de base. [9]

V.2.4. Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves:

L'utilisation du catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement. Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.



V.3. APPLICATION AUX PROJETS:

Zone climatique : II. (672). (mm/an).

Teq =20°C (température équivalente).

Durée de vie : 20 ans.

Taux d'accroissement : τ=4%.

Portance de sol S1. (Classe de sol support). CBR : I = 10.

TJMA2020 = 2596v/j/sens (année de mise en service).

TJMA2040 = 2596 * (1 + 0.04)²⁰ = 5687v/j.

On a: PL=20%, P=6.5 tonnes.

TPL2040 = 5687 * 0.20 = 1138 PL/j/sens.

On a choisi la méthode C.B.R car elle est la méthode la plus économique par rapport a d'autre méthode.

❖ **Par la méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):**

$$E = \frac{100 + \sqrt{P}}{I + 5} [75 + 50 \text{Log}(\frac{N}{10})] \quad \dots \text{Eq. V. 5}$$

CHAPITRE V DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSÉE ET CALCUL DE CUBATURE

Avec :

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

N : désigne le nombre journalier moyen de poids lord de plus 1500 kg à vide.

$$N = T_{2040} * P^{1\%} \dots \text{Eq. V. 6}$$

Avec : %PL=20%, $\tau = 4\%$, $I_{CBR} = 10$

$$N(PL) = 5687 * 0.20 \Rightarrow N = 1138 \text{ PL/J}$$

$$N(PL) = 1138/2 = 569 \text{ PL/J/Sens}$$

$$E_{\text{éq}} = \frac{100 + \sqrt{6.5}}{10 + 5} \left[75 + 50 \text{Log}\left(\frac{569}{10}\right) \right]$$

$$E_{\text{éq}} = 34.329 \text{ cm}$$

On aura donc: $E_{\text{éq}} = 35 \text{ cm}$

$$\text{On a : } E_{\text{éq}} = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

La chaussée est composé de :

- Couche de roulement en béton bitumineux **BB « 7 cm »**.
- Couche de fondation en **GC « 15cm »**.
- La couche de forme en **TUF « 10cm » (terrassement)**.

Tableau V.2 : Epaisseurs des couches

Coches	Epaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence	Epaisseur équivalence (cm)
BB	7	2	14
GC	15	1	15
TUF	10	0.6	6
Total	32	/	35

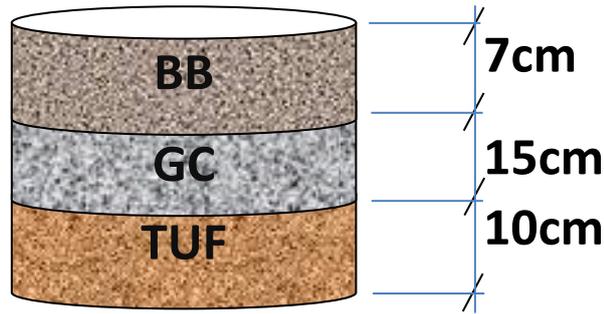


Figure V.4 : Le corps de la chaussée.

V.4. LES CUBATURES:

La réalisation d'un ouvrage de génie civil nécessite toujours une modification du terrain naturel sur lequel l'ouvrage va être implanté.

Pour les voies de circulations ceci est très visible sur les profils en longs et les profils en travers courants.

Cette modification s'effectue soit par apport de terre sur le sol du terrain naturel, qui lui servira de support « remblai ». Soit par excavation des terres existantes au-dessus du niveau de la ligne rouge « déblai ».

Pour réaliser ces voies il reste à déterminer le volume de terre se trouvant entre le tracé du projet et celui du terrain naturel. Ce calcul s'appelle ((les cubatures des terrassements)).

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

- ❖ les profils en long.
- ❖ les profils en travers. [15]
- ❖ Les distances entre les profils.
- **Déblais** : c'est l'opération d'extraire une masse quelconque de terre.
- **Remblais** : c'est l'opération qui a pour but de mettre en œuvre des matériaux qui proviennent soit de déblais, soit d'une emprunte extérieure (carrière).

Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle (les cubatures des terrassements).

V.4.1. Méthodes de calcul des cubatures:

Plusieurs méthodes permettent de calculer le volume de terrassement. Parmi ces méthodes on citera :

- Calcul d'un volume entre deux profils en travers consécutifs.
- notion de distance d'application.
- Méthode de la moyenne des aires.[15]

V.4.1.1. Calcul d'un volume entre deux profils en travers consécutifs:

La figure ci-dessous définit les notations utilisées pour calculer le volume de terres situé entre deux profils en travers consécutif, distants de **dn**.

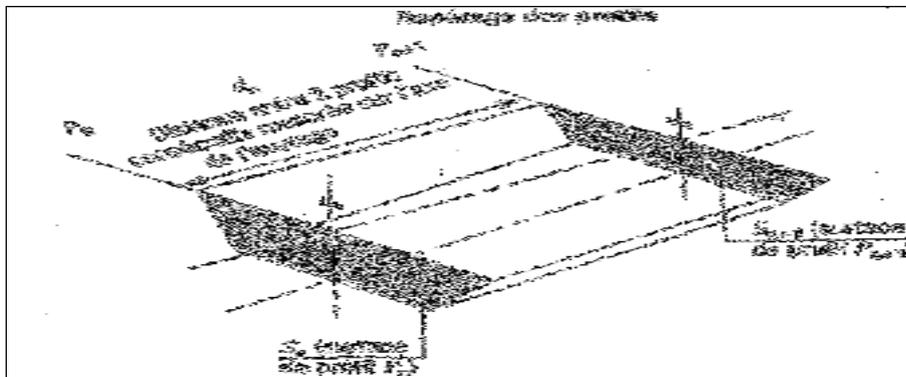


Figure V .5 : Notations pour le calcul d'un volume de terres entre deux profils en travers consécutifs.

Les deux surfaces S_n et S_{n+1} sont supposées parallèles. Le volume V_{pn} est alors égal à:

$$V_{pn} = \frac{(S_n + S_{n+1})}{2} * d_n \dots \text{Eq V.7}$$

Ou encore:

$$V_{pn} = S_n * \frac{d_n}{2} + S_{n+1} * \frac{d_n}{2} \dots \text{Eq V.8}$$

V.4.1.2. Calcul du volume affecté à un profil notion de distance d'application:

Une route est définie par une succession de profils aussi dans le cadre de calcul manuel ou non automatisé, il est souvent judicieux de présenter les calculs sous forme de tableau, ce qui permet d'obtenir rapidement les résultats.

Toutefois dans ce cas, il est plus simple de relier les calculs de cubatures à chaque profil. Appliquons cette notion à l'exemple ci-dessous.

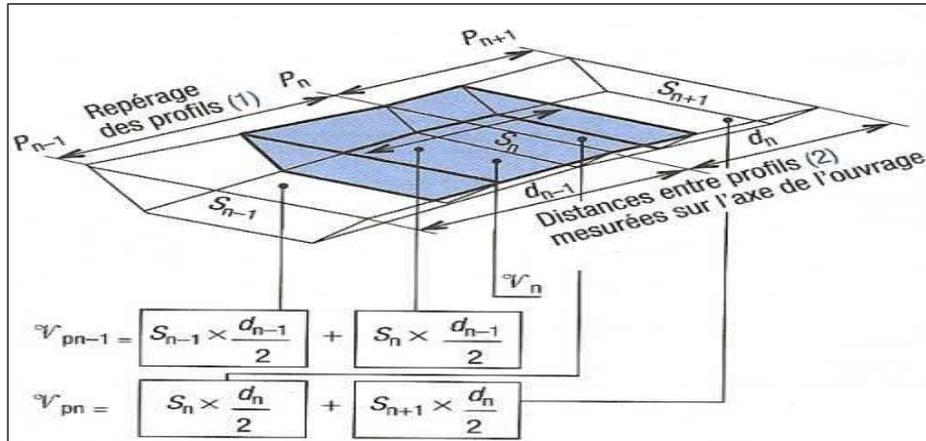


Figure V.6 : Utilisation de la notion de distance d'application.

La distance est mesurée sur l'axe de l'ouvrage. Le volume V situé de part et d'autre du profil P_n peut s'écrire sous la forme :

$$V_n = S_n \frac{d_{n-1}}{2} + S_n \frac{d_n}{2} \quad \dots \text{Eq V.9}$$

D'où, par simplification on aura :

$$V_n = S_n \frac{(d_{n-1} + d_n)}{2} \quad \dots \text{Eq V.10}$$

Avec :

V_n : volume engendré par le profil S_n : surface du profil

$((d_{n-1} + d_n) / 2)$: Distance d'application

V.4.1.3. Méthode de la moyenne des aires:

A l'aide du profil en long, on détermine le volume des terrassements à effectuer.

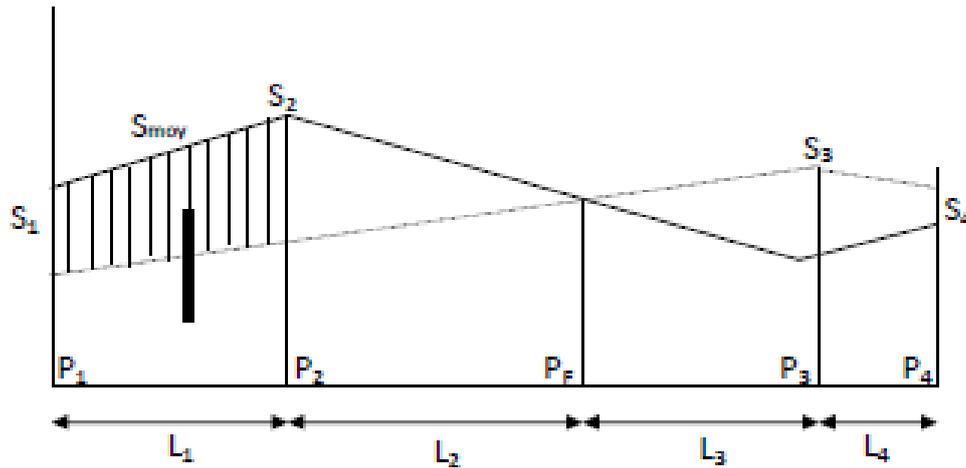


Figure V.7 : Calcul par la moyenne des aires.

A l'aide de la formule qui calcul le volume compris entre deux profils successifs, on aura :

$$V = \frac{L_1}{6}(S_1 + S_2 + 4S_{moy}) \quad \dots \text{Eq V. 11}$$

Avec :

L_1 : la distance comprise entre les deux profils P1 et P2. S_1, S_2, S_{moy} : les surfaces en profil en travers.

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

$$V_1 = \frac{L_1}{6} \left(S_1 + S_2 + 4 \frac{S_1 + S_2}{2} \right) = \frac{L_1}{2} (S_1 + S_2) \dots \text{Eq V.12}$$

Sur la figure ci-dessus, les volumes seront :

Entre P1 et P2: $V_1 = \frac{L_1}{2} (S_1 + 0) \dots \text{Eq V. 13}$

Entre P2 et Pf: $V_2 = \frac{L_2}{2} (S_2 + 0) \dots \text{Eq V. 14}$

Entre Pf et P3: $V_3 = \frac{L_3}{2} (0 + S_3) \dots \text{Eq V.15}$

Entre P3 et P4: $V_4 = \frac{L_4}{2} (S_3 + S_4) \dots \text{Eq V.16}$

En additionnant membre à membre ces expressions, on obtiendra le volume total des terrassements suivant :

$$V = \frac{L_1}{2} S_1 + \frac{L_1 + L_2}{2} S_2 + \frac{L_2 + L_3}{2} S_F + \frac{L_3 + L_4}{2} S_3 + \frac{L_4}{2} S_4 \quad \dots \text{Eq V. 17}$$

Avec $S_F=0$

CHAPITRE V DIMENSIONNEMENT DE LA CHAUSSEE ET CALCUL DE CUBATURE

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

V.4.1.4. Calcul des courbatures des terrassements:

Dans notre projet le volume total de déblais et remblais est déterminé à l'aide de logiciel (COVADIS).

Volume de déblai : 24531,41m³

Volume de remblai : 1830,55m³

Remarque: Les résultats de calcul des courbatures sont joints en annexe.

CHAPITRE VI

SIGNALISATION

VI.1. LA SIGNALISATION ROUTIERE:

La signalisation routière désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier et destinés à la sécurité des usagers de la route, soit en les informant des dangers et des prescriptions relatifs à la circulation ainsi que des éléments utiles à la prise de décisions, soit en leur indiquant les repères et équipement subtiles à leurs déplacements. [13]

VI.1.1. Rôle de la signalisation:

La signalisation routière joue un rôle important dans la sécurité routière car elle contribue à la lisibilité de la route. Un des grands principes de la signalisation routière réside dans l'homogénéité des informations transmises à l'utilisateur. [13]

VI.1.2. Principes de la signalisation routière:

La signalisation routière ne peut être efficace que si l'on respecte certains principes :

VI.1.2.1. Principe de valorisation:

La multiplication des signaux nuit à leur efficacité. Il ne faut pas donc en placer que s'ils sont indispensables. [19]

VI.1.2.2. Principe de concentration:

Lorsqu'il est indispensable que plusieurs signaux soient vus en même temps, il faut absolument les implanter de façon que l'usage puisse les apercevoir d'un seul coup d'œil de nuit comme de jour. [19]

VI.1.2.3. Principe de visibilité:

Il ne faut pas demander au conducteur un effort de lecture. On devra donc réduire et simplifier les indications au maximum.[19]

VI.1.3. Type de signalisation:

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

VI.1.3.1 Signalisation verticale:

Elle se fait à l'aide des panneaux qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme. [20]

❖ Signalisation avancée:

Le signal A24 est placé à une distance de 150m de l'intersection pour avertir les usagers de l'existence d'un danger sur la route et de leur indiquer la nature.

Le signal B3 qui notifie les usagers des obligations et des limites qui leurs sont accordées tel que les signaux de priorité ...etc., les signaux B sont accompagné dans tous les cas d'un panneau additionnel (modèle G5) qui précise sur quelle branche d'un carrefour les usagers sont prioritaires.

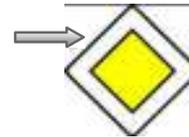
❖ **Signalisation de position:**

Le signal de type B2 arrêt obligatoire est placé sur la route ou les usagers doivent marquer l'arrêt.

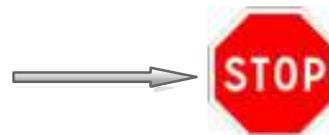
❖ **Signalisation de direction:**

L'objet de cette signalisation est de permettre aux usagers de suivre la route ou l'itinéraire qu'ils se sont fixés, ces signaux ont la forme d'un rectangle terminé par une pointe de flèche d'angle au sommet égal à 75°.

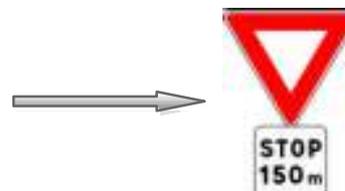
Indication du caractère prioritaire du dédoublement



Arrêt à l'intersection, Signal de position



Arrêt à l'intersection. Signal avancé



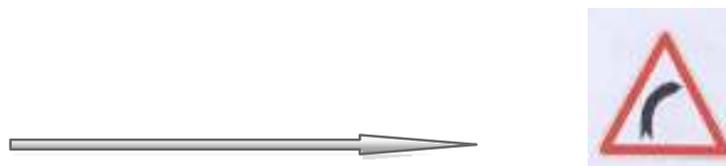
Limitation de vitesse. Ce panneau notifie l'interdiction de dépassé la vitesse indiquée.



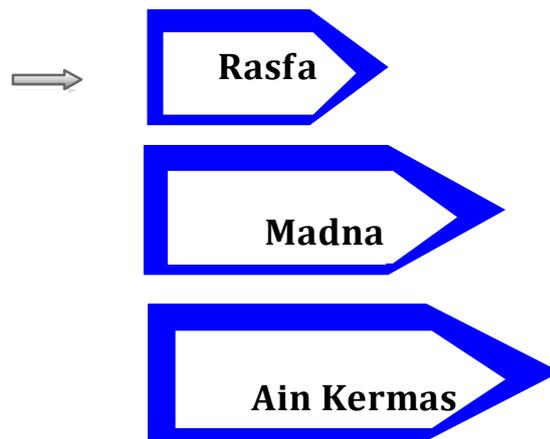
Virage à droite



Virage à gauche



Indication des directions des villes



VI.1.3.2. Signalisation horizontale:

Elle concerne uniquement les marques sur chaussées qui sont employées pour régler la circulation, avertir ou guider les usagers. Toutes ces marques sont de couleur blanche. La signalisation horizontale se divise en trois types :

- Marques longitudinales.
- Marques transversales.
- les flèches. [20]

VI.1.3.2.1. Marques longitudinales:

- **Lignes continues** : Elles ont un caractère impératif (non franchissables sauf du côté où elles sont doublées par une ligne discontinue). Ces lignes sont utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit.
- **Lignes discontinues** : Ce sont des lignes utilisées pour le marquage, elle se différencie par leur module, c'est-à-dire le rapport de la longueur des traits à celle de leurs intervalles.

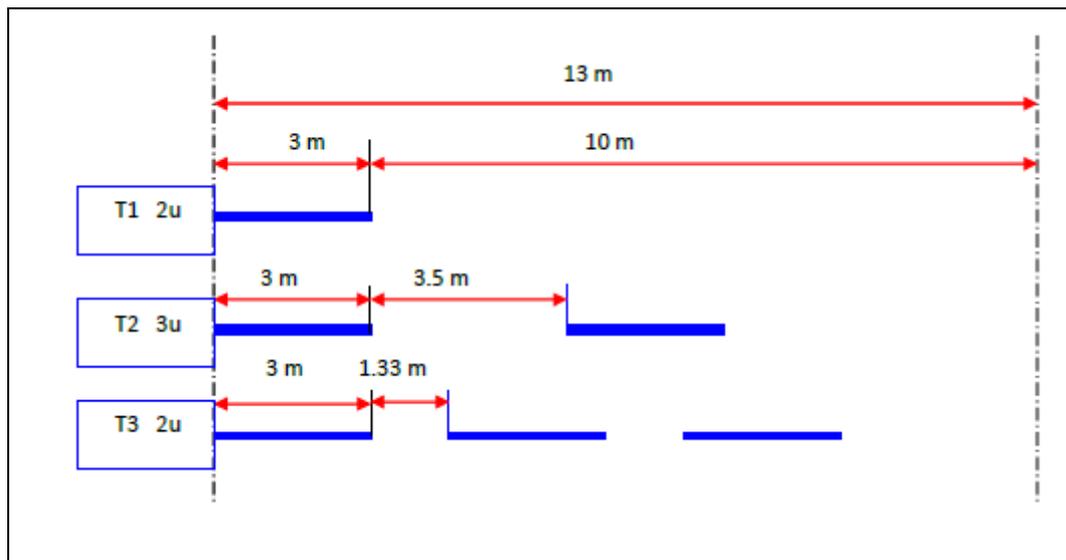


Figure VI.1 : Lignes longitudinales et transversales.



Ligne de rive : trait 3m, intervalle 3,5m Sépare la chaussée de l'accotement, peut être franchie pour s'arrêter ou stationner. Dans les sens uniques, la ligne de rive à gauche est continue.



Ligne de rive : trait de 20 m, intervalle 6m Annonce l'approche d'une intersection.



Ligne de rive : trait de 38 m, intervalle 14m Sur autoroute elle délimite la bande d'urgence (BAU),

circulation, arrêt, stationnement interdits sauf panne ou incident.

Le tableau ci-dessous résume les valeurs des modulations des lignes discontinues.

Tableau VI.1: Les valeurs des modulations des lignes discontinues [19].

Type de modulation	Longueur du trait (en mètres)	Longueur du vide (mètre)
T ₁	3.00	10.00
T' ₁	1.50	5.00
T ₂	3.00	3.50
T' ₂	0.50	0.50
T ₃	3.00	1.33
T' ₃	20.00	6.00

La largeur des lignes est de :

- ❖ Routes principales : u=6cm
- ❖ Autres routes : u=5cm

VI.1.3.2.2. Marques transversales:

- Ligne continue « Stop».
- Ligne « cédez le passage».

Il a pour but d'indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation ou à certaines catégories d'usagers, ainsi que, dans certains cas, la conduite que doivent observer les usagers.

Le marquage des chaussées n'est pas obligatoire, sauf sur routes express et autoroutes ainsi que dans certains cas spécifiques (ligne complétant les panneaux Stop...). [20]

VI.1.3.2.3. Les flèche:

Flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.

On a deux types de flèches :

- flèches de section(directionnelles).
- flèches de rabattement.

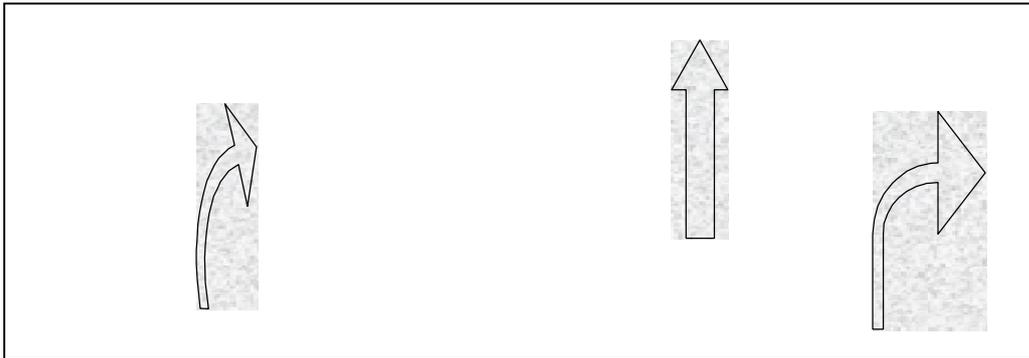


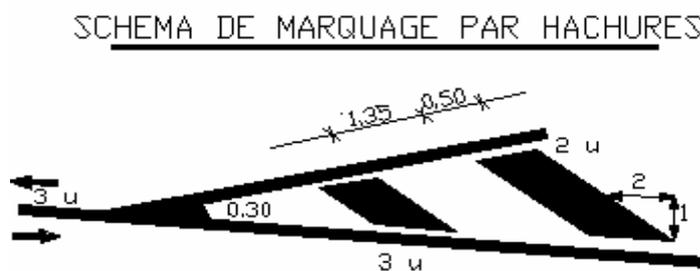
Figure VI.2: Flèche de signalisation.

- C'est la couleur blanche qui est prescrite pour les marquages sur chaussée. [20]

VI.1.3.2.4. Les autres marques:

Pour piétons, cyclistes, transports en commun et stationnement.

- Signalisation pour carrefour



VI.1.4. Dispositifs:

VI.1.4.1. définition:

Les dispositifs de retenues sont nécessaires pour assurer les bonnes conditions de sécurité aux usagers de la route, ils constituent :

VI.1.4.1.1. Glissières de sécurité:

- **Glissières de niveau 1** : adoptées pour les routes principales.
- **Glissières de niveau 2 et 3** : adoptées aux endroits où les vitesses appliquées sont faibles. Eventuellement des glissières sur le T.P.C pour les routes à deux chaussées, et sur accotements en présence d'obstacles ou autre configuration agressive, ou le cas de grandes

hauteurs de remblais.[21]

VI.1.4.1.2. la murette de protection en béton armé:

Envisagée lorsque le danger potentiel représenté par la sortie d'un véhicule lourd est important, comme :

- Une section de la route surplombe directement sur la mer.
- Lorsque la hauteur de la dénivellation est supérieure à 10m.[21]

VI.1.5. APPLICATION AU PROJET:

Parmi ces dispositifs, on a opté à utiliser des glissières de sécurité de niveau 1 voir l'importance

VI.1.5.1. L'éclairage :

L'éclairage de la route doit permettre à ses usagers de circuler en nuit en toute sécurité, il s'agit de la possibilité de percevoir les points singuliers et les obstacles éventuels. [13].

CONCLUSION

Conclusion:

Ce projet de fin d'étude a été une occasion pour nous afin de concrétiser nos connaissances théoriques et techniques acquises durant le cycle de formation à l'université Ibn Khaldoun à Tiaret.

Cette étude nous a permis de chercher des solutions à tous les problèmes techniques qui se posent dans l'étude de l'infrastructures routières.

Elle a été pour nous, d'une part, l'occasion de tirer profit de l'expérience des personnes du domaine, et d'autre part, d'apprendre une méthodologie rationnelle à suivre pour élaborer un projet réel.

Nous avons également rencontré des difficultés pour mener à bien ce projet, et la plus importante de ces difficultés est le virus Covid 19, et à partir delà, nous avons essayé autant que possible de résumer les résultats, car nous avons profité de cette occasion pour pratiquer et appliquer les connaissances acquises au cours de la formation afin que nous puissions faire face à tous les problèmes techniques pouvant survenir dans le projet routier.

Dans ce travail nous avons essayé de respecter les normes appliquées à ce genre d'étude en prenant en considération le confort, la sécurité des usagers ainsi que l'économie. Il ressort de ce travail que l'étude d'un projet routier n'est pas une chose aisée, c'est par une documentation très ample qu'on doit s'orienter dans une réflexion tout en faisant appel à des connaissances théoriques.

Ce modeste travail nous a poussés à mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels de calcul et de dessin notamment **COVADIS** et **AUTOCAD**,

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Référence Bibliographiques :

- [1]. Etudes générales technique et économique des aménagements routiers (B40 normes techniques d'aménagements des routes).
- [2]. B, Metral ; C, Florent. Etude technique du projet routière. Université de Lyon: 2003.
- [3]. Direction des travaux publics DTP et URBAT (SBA).
- [4]. SETRA ; BRENAC. Relations vitesse, courbure, devers ; Note technique. Paris : Bagnaux, 2000.
- [5]. Roger, Coquand. Route circulation tracé et construction. Livre1. Paris.
- [6]. LCPC ; SETRA. Guide technique ; Conception et dimensionnement des structures de chaussées. Paris : Bagnaux, décembre 1994.p250.
- [7]. SETRA ; ICTAAL. Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison. Paris : Bagnaux, 2000. p55.
- [8]. Djelti, Abdelkader Zakaria ; Hattou, Mohammed. Etude de la réhabilitation du chemin de wilaya CW54.mémoire d'ingénieur. Tlemcen : juillet 2009.pp 12-80 p86.
- [9]. LCPC ; SETRA. Réalisation des remblais et des couches de forme ; Guide technique fascicule 1et2. 2ème édition. Paris: Bagnaux, juillet 2000.pp 1-84 p 102.
- [10]. LCPC ; SETRA. Catalogue des structures types de chaussées neuves. Paris : ministres de l'équipement des transports et du logement ; Bagnaux, 1998.297p.
- [11]. G, Joeffroy ; R, Sauterey. Dimensionnement des chaussées. Paris : Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées ,1991. p244.
- [12]. LCPC ; SETRA. Directive pour la réalisation des assises de chaussées en sables traités aux liants hydrauliques. Paris : Bagnaux, 1985.
- [13]. HABITA.D, GUEDIRI.A, Etude d'aménagement d'un échangeur sur la RN04 a boumedfaa (w.aindefla) en APS et APD avec 8 km de l'autoroute est-ouest. Mémoire d'ingénieur. Alger Kouba: juillet 2005.pp5.p134.
- [14]. LCPC ; SETRA. Guide Technique de l'Assainissement Routier, (SETRA – 2006). p188.
- [15]. SETRA. L'eau et la Route; Dispositifs de traitement des eaux pluviales .Volume 7.Paris Bagnaux, 1997.
- [16]. François ; G, Brière. Distribution et collecte des eaux. 2ème édition : Ecole polytechnique de Montréal, 2000. p399.
- [17]. Angelbert ; C, Biau. Cours d'hydraulique routière.2009.

- [18]. SETRA. Aide aux choix solutions d'assainissement et de drainage sur les routes existantes ; méthodologie pratique et efficace de recherche de solutions d'assainissement. Paris : Bagnaux, 1993. p77.
- [19]. Instruction interministérielle sur la signalisation routière – modifié par l'arrêté du 11 février 2008(7ème partie - Marquages sur chaussées. P80.
- [20]. Instruction interministérielle sur la signalisation routière – ARRETE DU 7 JUIN 1977 relatif à la signalisation des routes et autoroutes. Journal officiel du 13 août 1977. P40.
- [21]. Guide de plantation des arbres aux abords des routes édité par le ministère des travaux publics, septembre 2003.p 65.
- [22]. Michel, Faure. Route les cours de L'ENTPE. tome1. Lyon: ELEAS, 1997. Pp35-221 p258.
- [23]. <http://www.fondasol.ca/6-analyse-des-risques-geotechniques>, consulter le 15-04-2015.
- [24]. Alex D., EFARM A. ISO 31000 La future norme ISO en gestion des risques (France, 2009).

ANNEXES

ANNEXE DE TRACE EN PLAN

Axe en plan:

Element	Gisement	Rayon	X Centre	Y Centre	Paramètre	Longueur	Abscisse	X	Y
Alignement droit	105.8108					346.7487	346.7487	315036.6490	3847696.6296
Arc de cercle		1000.0000	315290.8046	3846669.1864		353.7693	700.5181	315381.9542	3847665.0236
Alignement droit	128.3325					242.2778	942.7959	315721.3037	3847571.7774
Arc de cercle		1000.0000	316370.4806	3848370.0681		110.6618	1053.4576	315939.9815	3847467.4770
Alignement droit	121.2875					167.2891	1220.7468	316042.2933	3847425.4554
Arc de cercle		2000.0000	315543.9423	3845481.3278		425.4174	1646.1642	316200.3168	3847370.5532
Alignement droit	134.8290					271.0147	1917.1788	316584.3550	3847189.4090
Arc de cercle		1200.0000	317440.0602	3848073.2742		266.9896	2184.1685	316815.8126	3847048.4255
Alignement droit	120.6648					650.8833	2835.0518	317057.3432	3846935.9406
Arc de cercle		1800.0000	317100.1605	3845022.3534		267.6253	3102.6771	317674.2360	3846728.3538
Alignement droit	130.1301					406.3856	3509.0627	317920.6184	3846624.4923
								318282.3329	3846439.2577

ANNEXE DE PROFIL EN LONG

Profil n°	Abscisse	Elément			Longueur d'application			Altitude		Point d'axe	
		Origine	Axe	Projet	Avant	Après	Total	TN	Projet	X	Y
P1	0,00	Extremité	AD	AD	0,00	12,50	12,50	1056,18	1055,44	315036,65	3847696,63
P2	25,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1055,98	1055,69	315061,54	3847694,35
P3	50,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1055,87	1055,94	315086,44	3847692,07
P4	75,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1055,85	1056,19	315111,34	3847689,79
P5	100,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1056,00	1056,44	315136,23	3847687,51
P6	125,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1056,13	1056,69	315161,13	3847685,24
P7	150,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1056,51	1056,94	315186,02	3847682,96
P8	175,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1056,97	1057,18	315210,92	3847680,68
P9	200,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1057,57	1057,43	315235,82	3847678,40
P10	225,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1057,98	1057,68	315260,71	3847676,12
P11	250,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1058,15	1057,93	315285,61	3847673,84
P12	275,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1058,00	1058,18	315310,50	3847671,56
P13	300,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1057,43	1058,43	315335,40	3847669,28
P14	325,00	Interv	AD	RC	12,50	10,87	23,37	1058,04	1058,70	315360,30	3847667,01
P15	346,75	Axe	Arc	RC	10,87	1,63	12,50	1059,01	1058,98	315381,95	3847665,02
P16	350,00	Interv	Arc	RC	1,63	12,50	14,13	1059,19	1059,03	315385,19	3847664,72
P17	375,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1060,38	1059,42	315410,05	3847662,05
P18	400,00	Interv	Arc	AD	12,50	12,50	25,00	1061,24	1059,87	315434,83	3847658,76
P19	425,00	Interv	Arc	AD	12,50	12,50	25,00	1061,73	1060,31	315459,52	3847654,85
P20	450,00	Interv	Arc	AD	12,50	12,50	25,00	1062,08	1060,76	315484,11	3847650,33
P21	475,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1062,38	1061,20	315508,57	3847645,19
P22	500,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1062,46	1061,58	315532,90	3847639,44
P23	525,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1062,64	1061,85	315557,08	3847633,08
P24	550,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1062,89	1062,03	315581,09	3847626,13
P25	575,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1063,22	1062,10	315604,92	3847618,57
P26	600,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1063,42	1062,07	315628,56	3847610,42
P27	625,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1063,48	1061,95	315651,98	3847601,68
P28	650,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1062,73	1061,72	315675,18	3847592,36
P29	675,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1062,35	1061,39	315698,13	3847582,47
P30	700,00	Interv	Arc	RC	12,50	0,26	12,76	1062,08	1060,97	315720,84	3847572,00
P31	700,52	Axe	AD	RC	0,26	12,24	12,50	1062,08	1060,96	315721,30	3847571,78
P32	725,00	Interv	AD	RC	12,24	12,50	24,74	1061,18	1060,44	315743,40	3847561,24
P33	750,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1060,63	1059,85	315765,97	3847550,48
P34	775,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1059,95	1059,26	315788,53	3847539,71
P35	800,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1059,29	1058,69	315811,10	3847528,95
P36	825,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1058,52	1058,14	315833,66	3847518,19
P37	850,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1057,92	1057,61	315856,22	3847507,43
P38	875,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1057,22	1057,12	315878,79	3847496,66
P39	900,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1056,72	1056,65	315901,35	3847485,90
P40	925,00	Interv	AD	RC	12,50	8,90	21,40	1056,61	1056,21	315923,92	3847475,14
P41	942,80	Axe	Arc	RC	8,90	3,60	12,50	1056,94	1055,92	315939,98	3847467,48
P42	950,00	Interv	Arc	RC	3,60	12,50	16,10	1056,61	1055,80	315946,49	3847464,40
P43	975,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1056,61	1055,42	315969,27	3847454,08
P44	1000,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1056,40	1055,06	315992,29	3847444,34
P45	1025,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1055,70	1054,73	316015,55	3847435,18
P46	1050,00	Interv	Arc	AD	12,50	1,73	14,23	1055,08	1054,43	316039,03	3847426,60
P47	1053,46	Axe	AD	AD	1,73	10,77	12,50	1054,98	1054,39	316042,29	3847425,46
P48	1075,00	Interv	AD	AD	10,77	12,50	23,27	1054,46	1054,14	316062,64	3847418,39

ANNEXES

P49	1100,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1053,91	1053,85	316086,26	3847410,18
P50	1125,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1053,39	1053,55	316109,87	3847401,98
P51	1150,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1052,93	1053,26	316133,49	3847393,77
P52	1175,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1052,43	1052,99	316157,10	3847385,57
P53	1200,00	Interv	AD	RC	12,50	10,37	22,87	1052,06	1052,80	316180,72	3847377,36
P54	1220,75	Axe	Arc	RC	10,37	2,13	12,50	1051,89	1052,72	316200,32	3847370,55
P55	1225,00	Interv	Arc	RC	2,13	12,50	14,63	1051,85	1052,71	316204,33	3847369,15
P56	1250,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1051,72	1052,71	316227,88	3847360,75
P57	1275,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1051,95	1052,80	316251,32	3847352,06
P58	1300,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1052,59	1052,99	316274,65	3847343,07
P59	1325,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1053,15	1053,27	316297,86	3847333,79
P60	1350,00	Interv	Arc	AD	12,50	12,50	25,00	1053,74	1053,64	316320,96	3847324,22
P61	1375,00	Interv	Arc	AD	12,50	12,50	25,00	1054,35	1054,03	316343,93	3847314,36
P62	1400,00	Interv	Arc	AD	12,50	12,50	25,00	1054,94	1054,43	316366,78	3847304,22
P63	1425,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1055,27	1054,82	316389,50	3847293,79
P64	1450,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1055,46	1055,17	316412,09	3847283,08
P65	1475,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1055,58	1055,48	316434,54	3847272,09
P66	1500,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1055,66	1055,75	316456,86	3847260,82
P67	1525,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1055,67	1055,97	316479,03	3847249,27
P68	1550,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1055,59	1056,14	316501,06	3847237,44
P69	1575,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1055,55	1056,27	316522,93	3847225,34
P70	1600,00	Interv	Arc	AD	12,50	12,50	25,00	1055,83	1056,36	316544,66	3847212,97
P71	1625,00	Interv	Arc	AD	12,50	10,58	23,08	1055,58	1056,43	316566,22	3847200,32
P72	1646,16	Axe	AD	AD	10,58	1,92	12,50	1055,62	1056,49	316584,36	3847189,41
P73	1650,00	Interv	AD	AD	1,92	12,50	14,42	1055,62	1056,50	316587,63	3847187,41
P74	1675,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1055,89	1056,57	316608,98	3847174,41
P75	1700,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1056,37	1056,64	316630,33	3847161,40
P76	1725,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1056,71	1056,71	316651,68	3847148,40
P77	1750,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1056,89	1056,78	316673,04	3847135,39
P78	1775,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1056,80	1056,85	316694,39	3847122,39
P79	1800,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1057,07	1056,91	316715,74	3847109,38
P80	1825,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1057,16	1056,93	316737,09	3847096,38
P81	1850,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1057,32	1056,90	316758,44	3847083,37
P82	1875,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1057,35	1056,81	316779,79	3847070,37
P83	1900,00	Interv	AD	RC	12,50	8,59	21,09	1057,32	1056,66	316801,14	3847057,36
P84	1917,18	Axe	Arc	RC	8,59	3,91	12,50	1057,27	1056,53	316815,81	3847048,43
P85	1925,00	Interv	Arc	RC	3,91	12,50	16,41	1057,24	1056,46	316822,51	3847044,38
P86	1950,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1056,91	1056,21	316844,07	3847031,74
P87	1975,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1056,54	1055,90	316865,90	3847019,55
P88	2000,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1056,32	1055,53	316887,98	3847007,82
P89	2025,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1056,08	1055,11	316910,29	3846996,55
P90	2050,00	Interv	Arc	AD	12,50	12,50	25,00	1055,89	1054,65	316932,84	3846985,74
P91	2075,00	Interv	Arc	AD	12,50	12,50	25,00	1055,37	1054,19	316955,60	3846975,41
P92	2100,00	Interv	Arc	AD	12,50	12,50	25,00	1055,28	1053,73	316978,58	3846965,56
P93	2125,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1054,49	1053,28	317001,75	3846956,19
P94	2150,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1053,57	1052,89	317025,12	3846947,30
P95	2175,00	Interv	Arc	RC	12,50	4,58	17,08	1052,32	1052,55	317048,66	3846938,90
P96	2184,17	Axe	AD	RC	4,58	7,92	12,50	1051,69	1052,45	317057,34	3846935,94
P97	2200,00	Interv	AD	RC	7,92	12,50	20,42	1051,27	1052,28	317072,35	3846930,89
P98	2225,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1050,76	1052,07	317096,04	3846922,92
P99	2250,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1050,89	1051,93	317119,74	3846914,94
P100	2275,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1050,85	1051,84	317143,43	3846906,97
P101	2300,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1051,07	1051,77	317167,13	3846899,00

ANNEXES

P102	2325,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1050,95	1051,70	317190,82	3846891,03
P103	2350,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1050,92	1051,63	317214,51	3846883,05
P104	2375,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1050,92	1051,57	317238,21	3846875,08
P105	2400,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1050,98	1051,50	317261,90	3846867,11
P106	2425,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1051,05	1051,46	317285,60	3846859,13
P107	2450,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1051,01	1051,43	317309,29	3846851,16
P108	2475,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1051,08	1051,41	317332,99	3846843,19
P109	2500,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1051,16	1051,41	317356,68	3846835,21
P110	2525,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1051,32	1051,42	317380,38	3846827,24
P111	2550,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1051,52	1051,45	317404,07	3846819,27
P112	2575,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1051,90	1051,50	317427,76	3846811,29
P113	2600,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1051,90	1051,56	317451,46	3846803,32
P114	2625,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1051,99	1051,63	317475,15	3846795,35
P115	2650,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1052,01	1051,72	317498,85	3846787,37
P116	2675,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1052,36	1051,82	317522,54	3846779,40
P117	2700,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1052,33	1051,93	317546,24	3846771,43
P118	2725,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1052,15	1052,06	317569,93	3846763,45
P119	2750,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1052,37	1052,21	317593,63	3846755,48
P120	2775,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1052,41	1052,37	317617,32	3846747,51
P121	2800,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1052,43	1052,55	317641,01	3846739,53
P122	2825,00	Interv	AD	RC	12,50	5,03	17,53	1052,59	1052,75	317664,71	3846731,56
P123	2835,05	Axe	Arc	RC	5,03	7,47	12,50	1052,75	1052,83	317674,24	3846728,35
P124	2850,00	Interv	Arc	RC	7,47	12,50	19,97	1053,00	1052,96	317688,38	3846723,53
P125	2875,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1053,38	1053,19	317711,95	3846715,19
P126	2900,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1053,64	1053,43	317735,41	3846706,53
P127	2925,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1053,97	1053,69	317758,73	3846697,55
P128	2950,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1054,37	1053,97	317781,94	3846688,24
P129	2975,00	Interv	Arc	RC	12,50	12,50	25,00	1054,47	1054,26	317805,01	3846678,61
P130	3000,00	Interv	Arc	AD	12,50	12,50	25,00	1054,56	1054,57	317827,94	3846668,66
P131	3025,00	Interv	Arc	AD	12,50	12,50	25,00	1054,93	1054,89	317850,74	3846658,40
P132	3050,00	Interv	Arc	AD	12,50	12,50	25,00	1055,14	1055,20	317873,39	3846647,81
P133	3075,00	Interv	Arc	AD	12,50	12,50	25,00	1055,22	1055,52	317895,89	3846636,92
P134	3100,00	Interv	Arc	AD	12,50	1,34	13,84	1055,92	1055,83	317918,23	3846625,71
P135	3102,68	Axe	AD	AD	1,34	11,16	12,50	1055,96	1055,87	317920,62	3846624,49
P136	3125,00	Interv	AD	AD	11,16	12,50	23,66	1056,11	1056,15	317940,49	3846614,32
P137	3150,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1056,25	1056,46	317962,74	3846602,92
P138	3175,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1056,60	1056,78	317984,99	3846591,53
P139	3200,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1056,90	1057,09	318007,24	3846580,13
P140	3225,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1057,23	1057,41	318029,50	3846568,74
P141	3250,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1057,62	1057,72	318051,75	3846557,34
P142	3275,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1057,93	1058,04	318074,00	3846545,95
P143	3300,00	Interv	AD	AD	12,50	12,50	25,00	1058,34	1058,35	318096,25	3846534,55
P144	3325,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1058,81	1058,66	318118,50	3846523,16
P145	3350,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1059,10	1058,90	318140,75	3846511,76
P146	3375,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1059,40	1059,05	318163,01	3846500,36
P147	3400,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1059,53	1059,09	318185,26	3846488,97
P148	3425,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1059,69	1059,03	318207,51	3846477,57
P149	3450,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1059,39	1058,88	318229,76	3846466,18
P150	3475,00	Interv	AD	RC	12,50	12,50	25,00	1058,95	1058,62	318252,01	3846454,78
P151	3500,00	Interv	AD	AD	12,50	4,53	17,03	1058,35	1058,27	318274,27	3846443,39
P152	3509,06	Extremité	AD		4,53	0,00	4,53	1058,17	1058,14	318282,33	3846439,26

ANNEXE DE CUBATURES

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Déblais					Remblais				
			Surf. G (m ²)	Surf. D (m ²)	Surf. Tot (m ²)	Volume (m ³)	Cumul Vol. (m ³)	Surf. G (m ²)	Surf. D (m ²)	Surf. Tot (m ²)	Volume (m ³)	Cumul Vol. (m ³)
P1	0,00	12,50	6,05	6,15	12,20	152,48	152,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P2	25,00	25,00	4,02	3,72	7,73	193,37	345,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P3	50,00	25,00	2,99	1,90	4,89	122,23	468,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P4	75,00	25,00	1,02	0,73	1,76	43,93	512,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P5	100,00	25,00	0,29	0,12	0,41	10,32	522,32	0,00	0,02	0,02	0,41	0,41
P6	125,00	25,00	0,00	0,01	0,01	0,23	522,56	0,67	0,12	0,79	19,67	20,08
P7	150,00	25,00	0,05	0,57	0,62	15,54	538,10	0,13	0,00	0,13	3,15	23,23
P8	175,00	25,00	1,08	1,79	2,87	71,79	609,89	0,00	0,00	0,00	0,00	23,23
P9	200,00	25,00	2,58	3,35	5,93	148,25	758,14	0,00	0,00	0,00	0,00	23,23
P10	225,00	25,00	3,51	4,23	7,74	193,47	951,60	0,00	0,00	0,00	0,00	23,23
P11	250,00	25,00	3,19	3,72	6,91	172,74	1124,35	0,00	0,00	0,00	0,00	23,23
P12	275,00	25,00	1,37	1,66	3,03	75,81	1200,16	0,00	0,00	0,00	0,00	23,23
P13	300,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1200,16	3,16	1,90	5,06	126,51	149,74
P14	325,00	23,37	0,00	0,00	0,00	0,00	1200,16	1,01	0,75	1,76	41,07	190,81
P15	346,75	12,50	2,53	2,60	5,13	64,10	1264,26	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P16	350,00	14,13	3,20	3,28	6,48	91,53	1355,78	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P17	375,00	25,00	7,22	7,22	14,45	361,15	1716,93	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P18	400,00	25,00	9,23	9,28	18,51	462,65	2179,58	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P19	425,00	25,00	9,61	9,38	18,99	474,81	2654,39	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P20	450,00	25,00	9,00	9,92	18,92	472,98	3127,37	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P21	475,00	25,00	8,07	9,33	17,40	434,90	3562,28	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P22	500,00	25,00	6,58	7,70	14,28	356,88	3919,15	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P23	525,00	25,00	6,01	6,70	12,72	317,92	4237,07	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P24	550,00	25,00	6,57	7,18	13,75	343,82	4580,89	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P25	575,00	25,00	7,88	8,48	16,36	409,03	4989,92	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P26	600,00	25,00	8,79	9,62	18,41	460,27	5450,18	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P27	625,00	25,00	9,33	10,36	19,69	492,35	5942,53	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P28	650,00	25,00	7,11	8,12	15,23	380,72	6323,24	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P29	675,00	25,00	6,67	7,83	14,50	362,48	6685,73	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P30	700,00	12,76	7,45	8,23	15,68	200,11	6885,84	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P31	700,52	12,50	7,48	8,23	15,71	196,38	7082,21	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P32	725,00	24,74	5,68	6,63	12,31	304,56	7386,77	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P33	750,00	25,00	5,97	6,77	12,74	318,50	7705,27	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P34	775,00	25,00	5,64	6,16	11,80	295,04	8000,31	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P35	800,00	25,00	4,62	5,86	10,48	261,98	8262,29	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P36	825,00	25,00	4,51	4,45	8,96	223,89	8486,18	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P37	850,00	25,00	3,92	3,98	7,90	197,58	8683,77	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P38	875,00	25,00	2,24	3,10	5,34	133,49	8817,26	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P39	900,00	25,00	3,35	2,93	6,28	156,95	8974,21	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P40	925,00	21,40	5,01	4,15	9,17	196,12	9170,33	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P41	942,80	12,50	7,88	5,69	13,57	169,65	9339,98	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P42	950,00	16,10	7,16	5,71	12,87	207,21	9547,19	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P43	975,00	25,00	9,25	7,10	16,35	408,84	9956,03	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P44	1000,00	25,00	9,83	8,37	18,20	455,07	10411,10	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P45	1025,00	25,00	7,90	7,01	14,90	372,54	10783,64	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P46	1050,00	14,23	6,39	5,01	11,40	162,16	10945,81	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P47	1053,46	12,50	6,10	4,89	10,99	137,36	11083,17	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P48	1075,00	23,27	4,64	3,55	8,19	190,60	11273,77	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P49	1100,00	25,00	3,24	2,71	5,96	148,89	11422,66	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P50	1125,00	25,00	2,10	1,06	3,16	78,94	11501,60	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P51	1150,00	25,00	0,86	0,76	1,62	40,49	11542,09	0,00	0,00	0,00	0,00	190,81
P52	1175,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11542,09	0,24	0,48	0,71	17,87	208,68
P53	1200,00	22,87	0,00	0,00	0,00	0,00	11542,09	1,26	1,14	2,40	54,86	263,54
P54	1220,75	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00	11542,09	1,84	1,61	3,45	43,15	306,70

ANNEXES

P55	1225,00	14,63	0,00	0,00	0,00	0,00	11542,09	1,96	1,67	3,63	53,09	359,78
P56	1250,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11542,09	2,63	2,40	5,03	125,77	485,55
P57	1275,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11542,09	1,99	1,48	3,47	86,74	572,30
P58	1300,00	25,00	0,37	0,24	0,61	15,27	11557,37	0,00	0,00	0,00	0,00	572,30
P59	1325,00	25,00	2,11	1,57	3,68	92,01	11649,38	0,00	0,00	0,00	0,00	572,30
P60	1350,00	25,00	3,19	3,06	6,26	156,42	11805,80	0,00	0,00	0,00	0,00	572,30
P61	1375,00	25,00	4,16	4,62	8,78	219,56	12025,36	0,00	0,00	0,00	0,00	572,30
P62	1400,00	25,00	5,09	5,53	10,61	265,27	12290,64	0,00	0,00	0,00	0,00	572,30
P63	1425,00	25,00	4,65	4,58	9,23	230,80	12521,43	0,00	0,00	0,00	0,00	572,30
P64	1450,00	25,00	3,66	3,63	7,29	182,17	12703,61	0,00	0,00	0,00	0,00	572,30
P65	1475,00	25,00	2,41	2,84	5,25	131,27	12834,88	0,00	0,00	0,00	0,00	572,30
P66	1500,00	25,00	1,08	2,02	3,10	77,52	12912,40	0,00	0,00	0,00	0,00	572,30
P67	1525,00	25,00	0,19	1,31	1,50	37,60	12950,00	0,33	0,00	0,33	8,13	580,42
P68	1550,00	25,00	0,00	0,92	0,92	22,88	12972,87	1,00	0,03	1,03	25,80	606,22
P69	1575,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12972,87	2,03	1,25	3,27	81,80	688,03
P70	1600,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12972,87	1,15	0,45	1,61	40,18	728,21
P71	1625,00	23,08	0,00	0,00	0,00	0,00	12972,87	3,22	1,92	5,13	118,52	846,73
P72	1646,16	12,50	0,00	0,00	0,00	0,00	12972,87	3,46	1,81	5,27	65,86	912,59
P73	1650,00	14,42	0,00	0,00	0,00	0,00	12972,87	3,47	1,72	5,19	74,77	987,36
P74	1675,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12972,87	1,71	1,02	2,73	68,16	1055,52
P75	1700,00	25,00	0,50	0,73	1,23	30,84	13003,72	0,00	0,00	0,00	0,04	1055,56
P76	1725,00	25,00	2,15	1,96	4,11	102,76	13106,48	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P77	1750,00	25,00	2,75	2,61	5,36	134,00	13240,47	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P78	1775,00	25,00	2,26	2,12	4,39	109,67	13350,14	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P79	1800,00	25,00	3,06	2,74	5,80	144,88	13495,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P80	1825,00	25,00	3,76	3,29	7,05	176,22	13671,24	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P81	1850,00	25,00	4,39	4,37	8,76	218,92	13890,16	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P82	1875,00	25,00	5,16	5,20	10,36	258,97	14149,13	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P83	1900,00	21,09	5,57	5,42	10,98	231,61	14380,75	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P84	1917,18	12,50	6,00	5,85	11,85	148,14	14528,89	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P85	1925,00	16,41	6,22	6,11	12,33	202,38	14731,26	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P86	1950,00	25,00	6,49	5,07	11,56	289,02	15020,28	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P87	1975,00	25,00	6,40	5,17	11,57	289,34	15309,62	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P88	2000,00	25,00	6,98	6,28	13,26	331,49	15641,10	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P89	2025,00	25,00	8,27	6,76	15,03	375,80	16016,91	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P90	2050,00	25,00	9,30	7,97	17,27	431,84	16448,75	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P91	2075,00	25,00	8,94	7,67	16,61	415,26	16864,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P92	2100,00	25,00	9,98	8,42	18,40	460,09	17324,10	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P93	2125,00	25,00	9,43	6,96	16,39	409,69	17733,79	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P94	2150,00	25,00	7,69	5,35	13,04	325,89	18059,68	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P95	2175,00	17,08	2,37	0,88	3,25	55,49	18115,17	0,00	0,00	0,00	0,00	1055,56
P96	2184,17	12,50	0,01	0,00	0,01	0,07	18115,24	0,72	1,11	1,84	22,98	1078,54
P97	2200,00	20,42	0,00	0,00	0,00	0,00	18115,24	2,55	2,01	4,56	93,16	1171,70
P98	2225,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18115,24	4,03	4,03	8,06	201,55	1373,25
P99	2250,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18115,24	2,67	2,85	5,52	137,93	1511,18
P100	2275,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18115,24	2,03	2,25	4,27	106,84	1618,02
P101	2300,00	25,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18115,24	0,85	1,37	2,22	55,51	1673,53
P102	2325,00	25,00	0,05	0,00	0,05	1,37	18116,61	0,79	1,50	2,29	57,25	1730,78
P103	2350,00	25,00	0,12	0,00	0,12	3,00	18119,61	0,50	1,42	1,91	47,87	1778,65
P104	2375,00	25,00	0,21	0,00	0,21	5,28	18124,89	0,23	1,14	1,37	34,30	1812,95
P105	2400,00	25,00	1,40	0,00	1,40	34,97	18159,86	0,02	0,63	0,65	16,17	1829,12
P106	2425,00	25,00	1,81	0,10	1,91	47,70	18207,56	0,00	0,06	0,06	1,43	1830,55
P107	2450,00	25,00	1,20	0,32	1,52	38,01	18245,56	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P108	2475,00	25,00	0,97	0,87	1,85	46,13	18291,69	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P109	2500,00	25,00	1,70	1,70	3,40	84,91	18376,60	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P110	2525,00	25,00	2,87	1,96	4,83	120,79	18497,40	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P111	2550,00	25,00	3,39	2,81	6,20	154,95	18652,35	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P112	2575,00	25,00	4,80	4,04	8,84	221,11	18873,46	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P113	2600,00	25,00	5,22	4,08	9,30	232,52	19105,98	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55

ANNEXES

P114	2625,00	25,00	4,85	3,92	8,76	219,06	19325,04	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P115	2650,00	25,00	5,21	3,42	8,63	215,80	19540,84	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P116	2675,00	25,00	5,43	4,25	9,68	242,10	19782,94	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P117	2700,00	25,00	4,80	4,15	8,95	223,72	20006,66	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P118	2725,00	25,00	2,97	2,86	5,82	145,60	20152,27	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P119	2750,00	25,00	3,12	3,26	6,38	159,41	20311,68	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P120	2775,00	25,00	2,99	2,33	5,32	132,97	20444,65	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P121	2800,00	25,00	1,88	1,68	3,56	88,93	20533,58	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P122	2825,00	17,53	1,64	1,82	3,46	60,63	20594,21	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P123	2835,05	12,50	1,82	2,24	4,06	50,80	20645,01	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P124	2850,00	19,97	2,55	2,80	5,35	106,88	20751,88	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P125	2875,00	25,00	3,05	3,33	6,39	159,66	20911,54	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P126	2900,00	25,00	3,05	3,18	6,23	155,64	21067,18	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P127	2925,00	25,00	3,56	2,98	6,53	163,36	21230,54	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P128	2950,00	25,00	4,15	2,81	6,96	173,98	21404,52	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P129	2975,00	25,00	3,71	2,19	5,90	147,43	21551,95	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P130	3000,00	25,00	3,32	1,80	5,13	128,16	21680,11	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P131	3025,00	25,00	2,64	2,26	4,91	122,72	21802,83	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P132	3050,00	25,00	2,28	1,97	4,24	106,10	21908,93	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P133	3075,00	25,00	1,22	1,36	2,58	64,44	21973,37	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P134	3100,00	13,84	2,88	2,64	5,52	76,43	22049,80	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P135	3102,68	12,50	2,73	2,66	5,39	67,36	22117,16	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P136	3125,00	23,66	2,14	2,33	4,48	105,92	22223,07	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P137	3150,00	25,00	1,76	2,46	4,22	105,58	22328,65	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P138	3175,00	25,00	1,49	1,77	3,26	81,53	22410,18	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P139	3200,00	25,00	1,51	1,83	3,34	83,62	22493,80	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P140	3225,00	25,00	1,64	1,90	3,54	88,46	22582,26	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P141	3250,00	25,00	2,13	1,51	3,65	91,14	22673,40	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P142	3275,00	25,00	2,54	1,91	4,45	111,26	22784,66	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P143	3300,00	25,00	2,58	2,11	4,69	117,18	22901,84	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P144	3325,00	25,00	3,28	2,20	5,48	136,95	23038,78	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P145	3350,00	25,00	3,80	3,04	6,84	171,09	23209,87	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P146	3375,00	25,00	4,51	4,03	8,54	213,59	23423,46	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P147	3400,00	25,00	5,27	4,36	9,64	240,90	23664,36	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P148	3425,00	25,00	6,35	5,06	11,41	285,22	23949,58	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P149	3450,00	25,00	5,29	4,37	9,66	241,57	24191,15	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P150	3475,00	25,00	4,72	3,31	8,04	200,93	24392,09	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P151	3500,00	17,03	3,89	2,69	6,57	111,94	24504,02	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55
P152	3509,06	4,53	3,49	2,56	6,04	27,39	24531,41	0,00	0,00	0,00	0,00	1830,55



La sortie de la commune de RASFA



Nivellement de la piste



Après le nivellement

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	Désignation Des Travaux	U	QTT	P/U	MONTANT
1	Réglage et nivellement de la plateforme y/c arrosage compactage couche par couche et toutes suggestions de bonnes exécutions	M2	10 000,00	150,00	1 500 000,00
2	Déblais en terrain meuble y/c arrosage et compactage de la plateforme et évacuation à la décharge	M3	4 000,00	300,00	7 359 423,00
3	Remblais d'emprunt couche par couche y/c arrosage et compactage et toutes suggestions de bonnes exécutions	M3	2 000,00	500,00	915 275,00
4	F.T.M.O d'une couche de fondation en matériau sélectionné et analysé par LTPO ép.10cm y/c arrosage et compactage et toutes suggestions de bonnes exécutions	M3	2 400,00	1 000,00	2 400 000,00
5	F.T.M.O d'une couche de base en matériau sélectionné et analysé par LTPO ép.15cm y/c compactage et arrosage et toutes suggestions de bonnes exécutions.	M2	1 200,00	2 000,00	2 400 000,00
6	Imprégnation en cut-back 0.1	M2	12 000,00	80,00	960 000,00
7	Revêtement en bicouche (15/25)-(8/15).	M2	12 000,00	350,00	4 200 000,00
8	Construction de fossé bétonné en treillis soudé sous forme de trapèze (B= 0,50 m b= 0,50 cm H= 0,50 cm) Y/C herissonnage et ouverture de la tranché et toutes suggestions de bonnes exécutions.	ML	990,00	2 000,00	1 980 000,00
9	F/P buse Q800 Y/C assise en béton armé et herissonnage ép. 0,20 cm Y/C tête d'ouvrage et toutes suggestions de bonnes exécutions	ML	60,00	15 000,00	900 000,00
10	F/P de gabion et toutes suggestions de bonnes exécutions	M3	250,00	2 200,00	550 000,00
TOTAL H/T					23 164 698,00
TVA 17%					3 937 998,66
TOTAL EN TTC					27 102 696,66