



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
La République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de L'Enseignement Supérieur et la Recherche Scientifique
جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم
Université Abdel Hamid Ben Badis – Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculté des Sciences et de la Technologie



N° d'ordre : M2/T.P/2020

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : **Génie Civile**

Spécialité : **Voies et ouvrages d'arts (VOA)**

**Etude de la bretelle autoroutière reliant la ville de Mostaganem et
Autoroute Est-Ouest du PK 7+000 Au PK 11+000**

Présenté par :

1. TOUAT Houari
2. TOUHAMI Farid

Soutenu le 22/06/ 2020 devant le jury composé de :

Président	: BOUHAMOU NASSREDDINE	U - Mostaganem
Examineur	: SOLTANE BENALLOU KADDOUR	U - Mostaganem
Encadrant	: ZAOUI MOHAMED	U - Mostaganem

Année Universitaire : 2019 / 2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.

En second lieu, il nous est agréable d'exprimer nos grands remerciements et notre grande reconnaissance à notre encadreur Mr. ZAOUI MOHAMMED pour son sérieux, sa compétence et ses orientations.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers tous les enseignants qui ont contribué à notre Formation et à l'élaboration de ce présent travail.

Nous remercions les membres de jury :

** Mr. BOUHAMOU NASSREDDINE*

** Mr. SOLTANE BENALLOU KADDOUR*

Qui nous ont Fait l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce projet.

Dédicace

Je dédie ce travail :

A la mémoire de mon défunt père qui nous a quittés depuis longtemps,

A ma très chère mère, j'aimerai toujours te remercier pour tous ce que tu as fais jusqu'à notre jours là pour assurer l'éducation et de tous tes enfant. Je me rappel vraiment de tous tes efforts avec moi dès mon jeune âge, chère mère j'avoue vraiment que tu été pour moi la lumière qui me guide mes routes et qui m'emmène aux chemins de la réussite, c'est grâce à toi que je dois toute ma réussite. J'espère que mon travail sera le témoignage de ma gratitude et mon respect le plus profond.

A ma petite famille, Ma femme, mes enfants, Abir, Rahma, Basma

et

Mohamed Abdelmalek,

A ma famille petits et grands ;

A mes amis de proche et de loin.

Houari TOUAT

DEDICACES

*Je dédie ce modeste travail aux deux personnes les plus chères
au monde, ma mère et mon père qui m'ont soutenu et aidé pour
arriver là où j'en suis aujourd'hui.*

À ma petite famille,

À mes frères et mes sœurs.

À tous mes amis qui m'ont encouragé et aidé.

*À tous mes camarades de la promotion Génie Civil en particulier
la section V.O.A 2019/2020.*

TOUHAMI FARID

Sommaire

Chapitre I : Présentation du projet

I.1. Présentation et contexte de projet.....	02
I.2. Contexte de projet.....	02
I.2.1. Découpage administratif.....	03
I.2.2. Infrastructures routières.....	03
I.2.3. Réseau ferroviaire.....	05
I.2.4. Réseau aéroportuaire.....	05
I.2.5. Infrastructures portuaires.....	05
I.3. Données de base	05
I.3.1. Levé topographique.....	05
I.3.2. Catégorie de la route	05
I.3.3. Trafic.....	06
I.4. Environnement de travail	06
I.5. Environnement de la route	06
I.5.1. Dénivelé cumulé moyenne	06
I.5.2. Sinuosité	07
I.6. Vitesse de référence.....	08
I.7. Application au projet	08

Chapitre II : Etude de trafic

II.1. Introduction.....	10
II.2. Analyse du trafic	10
II.2.1. Différent type de trafic.....	10
II.2.2. Modèle de présentations de trafic.....	10
II.3. Calcul de la capacité	11
II.3.1. Définition de la capacité	11
II.3.2. Calcul de trafic journalier annuel (TJMA) horizon	11
II.3.3. Calcul des trafics effectifs	11
II.3.4. Débit de pointe horaire normal	12
II.3.5. Débit horaire admissible	12
II.3.6. Calcul de nombre de voies	13
II.4. Application au projet	13

Chapitre III : Paramètre cinématique

III.1. Les paramètre de base pour les études de tracé.....	16
III.2. Vitesse de référence des véhicules légers «VVL» et des poids lourds «VPL».....	16
III.3. Paramètres cinématiques.....	17
III.4. Distance minimale de freinage.....	17
III.5. Distance d'arrêt	18
III.5.1. Temps de perception-réaction.....	18
III.5.2. Distance d'arrêt en alignement droit (d1).....	19

III.5.2.1 Obstacle immobile.....	19
III.5.2.2. Obstacle mobile.....	20
III.5.3. Distance d'arrêt en courbe.....	20
III.5.4. Distance de visibilité de dépassement et de manœuvre.....	21
III.5.4.1. Distance de visibilité de dépassement minimale « Ddmin ».....	21
III.5.4.2. Distance de visibilité de la manœuvre de dépassement.....	21
III.5.4.3. Distances de sécurité entre deux véhicules (Ds).....	21
III.6. Application au projet.....	22

Chapitre IV : Tracé en plans

IV.1. Introduction.....	24
IV.2. Règle à respecter dans le tracé en plans	24
IV.3. Les éléments à respecter du tracer en plans	25
IV.3.1. Les Alignements.....	25
IV.3.2. Arcs de cercle.....	26
IV.3.2.1. Stabilité en cercle.....	27
IV.3.2.1.1. Rayon minimale absolu RHm	28
IV.3.2.1.2. Rayon minimal normal RHN	28
IV.3.2.1.3. Le rayon au divers minimal RHd	28
IV.3.2.1.4. Le rayon non déversé RHnd	28
IV.3.2.1.5. Règles pour l'utilisation des rayons en plan	29
IV.3.2.1.6. Visibilité en courbe	29
IV.3.2.1.7. Sur largeur	29
IV.3.2.1.8. Choix des rayons	30
IV.3.3. Les Courbes de Raccordement.....	30
IV.3.3.1. Types De Courbe De Raccordement.....	30
IV.3.3.1.1. Parabole cubique.....	31
IV.3.3.2.2. Lemniscate.....	31
IV.3.3.1.3. Clothoïde.....	31
IV.4– Combinaison des éléments du tracé en plan	34
IV.5. Notion de dévers	36
IV.5.1. Devers en alignement	36
IV.5.2. Devers vers l'intérieur des courbes	36
IV.5.3. Rayon de courbure.....	37
IV.5.4. Calcul des devers.....	37
IV.5.5. Variation du dévers dans la clothoïde.....	38
IV.5.6. Méthode de calcul des dévers en clothoïde.....	38
IV.6. Les différentes étapes.....	38
IV.6.1. Détermination des coordonnées des sommets	39
IV.6.2. Détermination de gisements et des angles au centre	39
IV.7. Application notre projet	41

Chapitre IV : Profil en long

V.1. Définition.....	47
----------------------	----

V.2. Règles à respecter dans le tracé du profil en long.....	47
V.3. Elément géométrique du profil en long.....	48
V.4. Coordination entre le tracé en plan et le profil en long	48
IV.5. Déclivité.....	48
V.5.1. Déclivité minimale.....	48
V.5.2. Déclivité maximale.....	49
V.6. Les raccordements en profil en long	49
V.6.1. Raccordements convexes (angle saillant).....	49
V.6.2. Raccordements concaves (angle rentrant).....	52
V.7. Détermination pratique du profil en long	52
V.7.1. Calcul des éléments de profil en long	53
V.8. Application au projet.....	55
Chapitre VI : Profile en travers	
VI.1. Définition.....	59
VI.2. Différents types de profil en travers.....	59
VI.2.1. Profil en travers type.....	59
VI.2.2. Le profil en travers courant.....	61
VI.3. Conclusion.....	61
Chapitre VII : Dimensionnement du corps de chaussée	
VII.1. Introduction	62
VII.2. Les efforts dus aux véhicules.....	62
VII.3. Résistance des sols de fondation.....	62
VII.4. Définition de la chaussée	62
VII.5. Les différentes structures de chaussée	63
VII.5.1. Chaussées souples.....	63
VII.5.2. Les chaussées semi-rigides.....	64
VII.5.3. Les chaussées rigides	65
VII.6. Choix du type de chaussée.....	66
VII.7. Les paramètres de dimensionnement.....	66
VII.8. Principales méthodes de dimensionnement	67
VII.9. Méthode de C.B.R (CALIFORNIA – BEARING – RATIO).....	67
VII.10. Application au projet.....	68
Chapitre VIII : Cubature	
VIII.1. Introduction.....	72
VIII.1.1. Définition	72
VIII.2. Méthode de calcul des cubatures	72
VIII.2.1. Méthode de Mr SARRAUS.....	73
VIII.2.2. Méthode classique.....	74
Chapitre IX : Implantation	
IX.1. Introduction.....	75
IX.2. Plan de piquetage des axes des voies.....	75
IX.3. Implantation planimétrique des sommets des alignements.....	75

IX.4. Implantation de courbes.....	75
IX.5. Application au projet.....	77
Chapitre X : Assainissement	
X.1. Introduction.....	84
X.2. Objectif de l'assainissement.....	84
X.3. Assainissement de la chaussée.....	84
X.4. Définitions des termes hydrauliques	86
X.5. Les ouvrage des écoulements des eaux	87
X.6. Détermination des bassins versants	88
X.7. Dimensionnement de réseau d'assainissement	88
X.8. Calcul hydraulique.....	91
X.7. Conclusion.....	95
Chapitre XI : Signalisation	
XI.1. Introduction.....	96
XI.2. Rôle de la signalisation.....	96
XI.3. L'objectif de la signalisation routière.....	96
XI.4. Critères à respecter pour les signalisations.....	96
XI.5. Principes de base de la signalisation.....	96
XI.6. Catégories de la signalisation.....	97
XI.7. Type de signalisation.....	98
XI.6.1. Signalisation verticale.....	98
XI.6.2. Signalisation Horizontale.....	98
XI.8 Caractéristiques générales des marques.....	99
XI.9. Application au projet.....	101
Chapitre XII : Devis quantitatif et estimatif	
II.1. Devis quantitatif et estimatif	104
Conclusion générale.....	105

Bibliographie

Liste des figures

Figure I.1: tronçon de notre projet.....	02
Figure 1.2 : Les communes de la wilaya de Mostaganem.....	03
Figure I.3: Réseau routier de la wilaya de Mostaganem.....	04
Figure I.4: La dénivelée cumulée moyenne h/L.....	07
Figure II.1: profil en travers type.....	15
Figure III.1: distance de freinage.....	17
Figure III.2 : temps de réactions.....	18
Figure III.3 : Obstacle Immobilable.....	19
Figure III.4 : Obstacle mobile.....	20
Figure IV.1: Les éléments du tracé en plan.....	25
Figure IV.2 : Forces agissant sur un véhicule dans un virage.....	27
Figure IV.3 : Inscription des véhicules dans les virages.....	29
Figure IV.4 : raccordement progressif.....	31
Figure IV.5 : Courbe en S.....	34
Figure IV.6 : Raccordement circulaire simple.....	35
Figure IV.7 : Courbe en C.....	35
Figure IV.8 : Courbe en Ove.....	36
Figure IV.9 : Détermination de l'angle au centre.....	39
Figure IV.10 : calcul de l'axe.....	41
Figure V.1 : Profil en long de notre projet.....	47
Figure V.2 : Eléments géométriques du profil en long.....	49
Figure V.1 : visibilité « profil en long».....	50
Figure V.3: Schéma de la courbe du profil en long.....	53
Figure V.5 : Schéma d'un rayon concave.....	55
Figure VI.1 : profils en travers type.....	59
Figure VI.2 : éléments des profils en travers.....	60
Figure VII.1 : Structure type d'une chaussée souple.....	63
Figure VII.2 : Structure type d'une chaussée semi-souple.....	64
Figure VII.3 : Structure type d'une chaussée rigide.....	65
Figure VII.4 : Schéma récapitulatif types de chaussée.....	65

Figure VII.5 : les différentes couches qui constituent la structure de la chaussée.....	71
Figure VIII.1 : Profil en travers mixte.....	72
Figure VIII.2 : Formule de MR Sarraus.....	73
Figure VIII.3 : Profil en long.....	73
Figure IX.1 : Implantation partie circulaire.....	76
Figure IX.2 : Méthode d'implantation.....	77
Figure X.1 : Situation des réseaux sur le profil en travers d'un Autoroute.....	85
Figure X.2 : Exemple de bassin versant.....	86
Figure X.3 : Fossé de crête.....	86
Figure X.4 : Descente d'eau.....	87
Figure X.5 : profil en travers des fossés.....	94
Figure XI.1 : Type de modulation.....	100
Figure XI.2 : Les lignes longitudinales.....	101
Figure XI.3 : Lignes transversales.	101
Figure XI.4 : Les lignes de délimitation de voies dans le tracer.....	101
Figure XI.5 : Signalisation verticale.....	102
Figure XI.6 : Signalisation de direction.....	103

Liste des tableaux

Tableau I.1: Classification de terrain dénivelée cumulée.....	07
Tableau I.2 : Sinuosité.....	07
Tableau I.3: Environnement de la route.....	08
Tableau I.4: Vitesse de référence.....	08
Tableau II.1 : coefficient d'équivalence.....	12
Tableau II.2 : Valeur de K_1	12
Tableau II.3 : Valeur de K_2	12
Tableau II.4 : Valeur de capacité théorique.....	13
Tableau II.5: récapitulatif.....	15
Tableau III.1 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E selon B40.....	16
Tableau III.2 : Valeur de f.....	18
Tableau III.3 : variations des distances de freinage, d'arrêt en alignement droit (d1) et en courbe	21
Tableau III.4 : variations des « Ddmin » en fonction de la vitesse.....	21
Tableau III.5: selon B40 les valeurs de « Dmd » en mètre en fonction De la vitesse.....	21
Tableau III.6 : valeur de distance de sécurité (m) en fonction de la vitesse (km/h).....	22
Tableau III.7 : les différentes valeurs des distances calculées et donné par le B40.....	23
Tableau IV.1 : Devers en fonction de l'environnement.....	27
Tableau IV.2 : raccordement progressif.....	32
Tableau IV.3 : Devers.....	37
Tableau IV.4 : coefficient transversal.....	37
Tableau IV.5 : coefficient f' en fonction de catégorie.....	37
Tableau IV.6 : les coordonnées des points au sommet de la route.....	41
Tableau IV.7 : Les valeurs des gisements, de distances et des angles aux centres.....	41
Tableau IV.8 : récapitulatif	42
Tableau IV.9 : rayon en plan.....	42
Tableau IV.10 : Eléments des raccordements circulaire.....	43
Tableau IV.11 : Longueur de la clothoïde.....	43
Tableau IV.12 : Eléments de la clothoïde.....	44
Tableau IV.13 : Eléments de la clothoïde 1.....	46
Tableau IV.14 : Eléments de la clothoïde2 et 3.....	46

Tableau V.1 : Valeur de déclivité maximale.....	49
Tableau V.2: Rayons verticaux en angles saillant.....	51
Tableau V.3 : Rayon verticaux en angle rentrant.....	52
Tableau V.4 : Valeurs des différents rayons calculées et selon B40 en profile en long.....	56
Tableau V.5 : Exemple de calcul.....	56
Tableau V.6 : Les rayons, tangentes, longueur du raccordement verticale, flèches du profil en long.....	58
Tableau VII.1: les coefficients d'équivalence pour chaque matériau.....	68
Tableau VII.2: l'épaisseur de chaque couche.....	69
Tableau IX.1: Implantation de l'arc de cercle de virage N° 01.....	78
Tableau IX.2 : Implantation de l'arc de cercle de virage N° 02.....	78
Tableau IX.3 : Implantation de l'arc de cercle de virage N° 03.....	79
Tableau IX.3 : Les coordonnées X,Y et Z d'implantation du projet.....	79
Tableau X.1 : Valeurs des coefficients de ruissellement.....	89
Tableau X.2 : Variable de Gauss. (Fonction de la période de retour).....	89
Tableau X.3 : Valeurs du coefficient Kst en fonction de la nature de l'ouvrage.....	91
Tableau XI.1: Modulation des lignes discontinues.....	100

INTRODUCTION GENERALE :

Les infrastructures routières sont incontestablement attachées au développement d'un pays. Lorsqu'elles sont bien faites, elles constituent un facteur essentiel pour la circulation des biens et des personnes ce qui permet de désenclaver des localités et participent au développement économique du pays. Actuellement, en Algérie, le trafic routier a connu une évolution rapide, les routes existantes qui supportent ce trafic dont un pourcentage important du poids lourds, nécessitent des opérations de réhabilitation, modernisation et des réaménagements. L'évolution démographique et la forte urbanisation ont engendré plusieurs mutations, ainsi des recherches et des études des tracés linéaires des routes et d'autoroutes ont été menées à travers le pays afin d'améliorer les infrastructures de transport.

La route joue un rôle moteur très important dans l'aménagement du territoire, elle favorise l'implantation d'activités économiques et industrielles et réduit les coûts de transport et donc de production. D'où l'importance de l'étude, qui consiste à faire la réalisation du dédoublement d'un tronçon routier reliant Wilaya de Mostaganem et l'autoroute Est-ouest. Comme il représente aussi une importance stratégique pour le réseau routier national. Ce projet de dédoublement étant nécessaire, compte tenu de :

- L'importance de la route existante qui doit supporter l'intensité du trafic actuel.
- Les différentes activités économiques, commerciales et sociales de la région
- la demande croissante en matière de transport de marchandises qui traverse cet axe.

Notre travail rentre dans le cadre de notre projet de fin d'étude, il s'articule autour de la thématique suivante : « Etude, du dédoublement d'un tronçon routier reliant Wilaya de Mostaganem et l'autoroute Est-ouest sur un linéaire de 4km » est structuré comme suite : Après avoir relater une présentation générale du projet dans le chapitre 1, l'étude de trafic est présentée dans le chapitre 2, les paramètres cinématiques ont été exposés dans le troisième chapitre, les caractéristiques géométriques de la route (Tracé en plan ; Profil en long ; Profil en travers) ont été traités respectivement dans les chapitres 4, 5 et 6. Le dimensionnement de corps de chaussée à partir de l'étude géotechnique a été étudié dans le Chapitre 7, la détermination des cubes de terres (déblais et remblais) ont été évoqués dans le chapitre 8, Le calcul des éléments d'implantation a été formulé dans le chapitre 9. Et par la suite on a clôturé respectivement dans les chapitres 10, 11 et 12 l'étude de l'assainissement et la signalisation, et un devis quantitatif et estimatif puis on a achevé notre travail par une conclusion générale.

I.1. Présentation et contexte de projet:

Suite à la demande de la direction des travaux publics de la wilaya de Mostaganem ; du ministère des travaux publics de la république algérienne démocratique et populaire, désignée par le terme « client », il a été confié au groupement des bureaux d'études SET Oran SAETI et le laboratoire des travaux publics de l'Ouest (L.T.P.O), le projet concernant l'étude préliminaire, avant-projet sommaire et avant-projet détaillé de la bretelle autoroutière reliant la ville de Mostaganem à l'autoroute Est / Ouest sur 60 Km.

Ce projet s'inscrit dans le cadre du programme de développement pour desservir le réseau routier et en particulier, relier la ville de MOSTAGANEM et l'autoroute Est/Ouest afin d'assurer le transport de la marchandise et des voyageurs sortant du port à destination d'autres wilayas par le biais de l'autoroute.

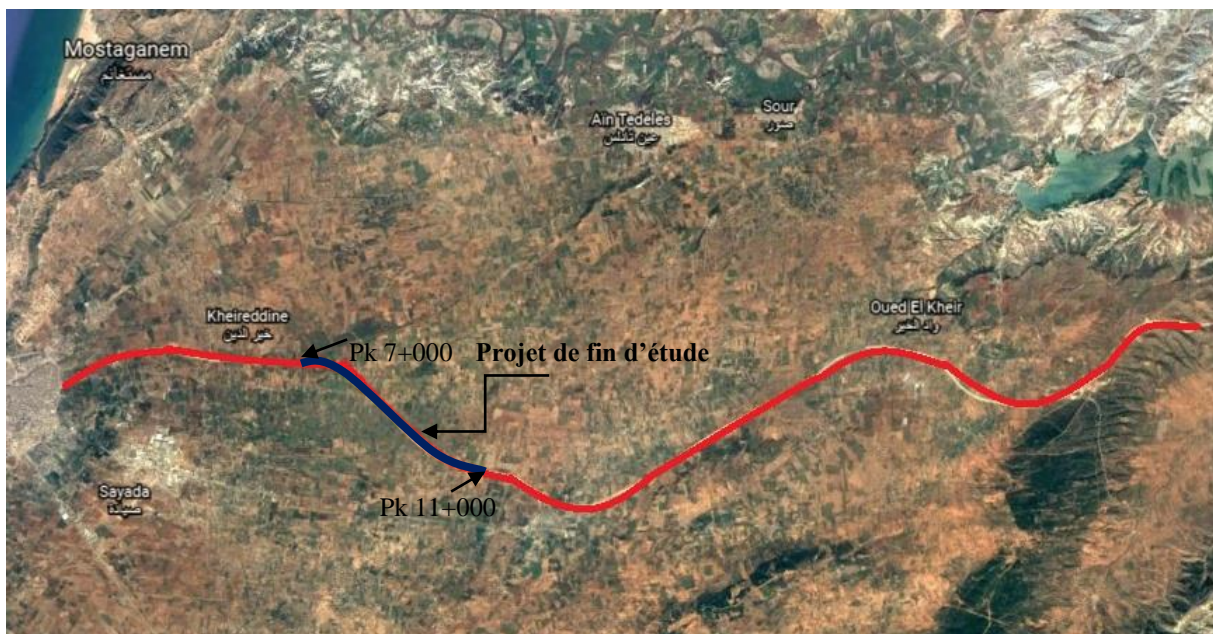


Figure I.1: tronçon de notre projet.

I.2. Contexte de projet :

Mostaganem est une ville de très grande importance par sa situation géographique. Elle est limitée au Nord par la Méditerranée, au Sud par les Wilayas de Mascara et Relizane, à l'Est par le Wilaya de Chleff, à l'Ouest par le Wilaya de Oran, elle a une superficie de 2269 km² et une population de 737118 habitants en 2008, avec une densité de 333 hab/Km².

Mostaganem Située dans la zone de plaine littorale les plus riches, elle est caractérisé par un climat semi-aride à hiver tempéré et une pluviométrie qui varie entre 350mm et 400mm. La vocation principale de la région reste agricole, L'industrie dans l'ensemble de la région s'est

développée grâce à la disponibilité de nombreux ports et d'infrastructures routières et ferroviaires, Les ressources humaines qualifiées ont été des facteurs favorables aux développements industriels. La ville de Mostaganem est reliée au reste du pays par les routes nationales RN 11, RN 90, RN 90A, RN 23 et RN 17.

I.2.1 Découpage administratif :

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



Figure 1.2 : Les communes de la wilaya de Mostaganem.

I.2.2. Infrastructures routières :

La consistance du réseau routier de la Wilaya est de 2134.24 Km répartis comme suit :

- ✓ Routes Nationales : 332.43km.
- ✓ Chemins de Wilaya : 653.83km.
- ✓ Chemins Communaux : 1147.98km.
- ✓ Les ouvrages d'art sur RN : 36.

PRESENTATION DU PROJET

- ✓ Les ouvrages d'art sur CW : 24.

L'essentiel du réseau est constitué de chemins communaux qui représentent 54 % du réseau total de la wilaya.

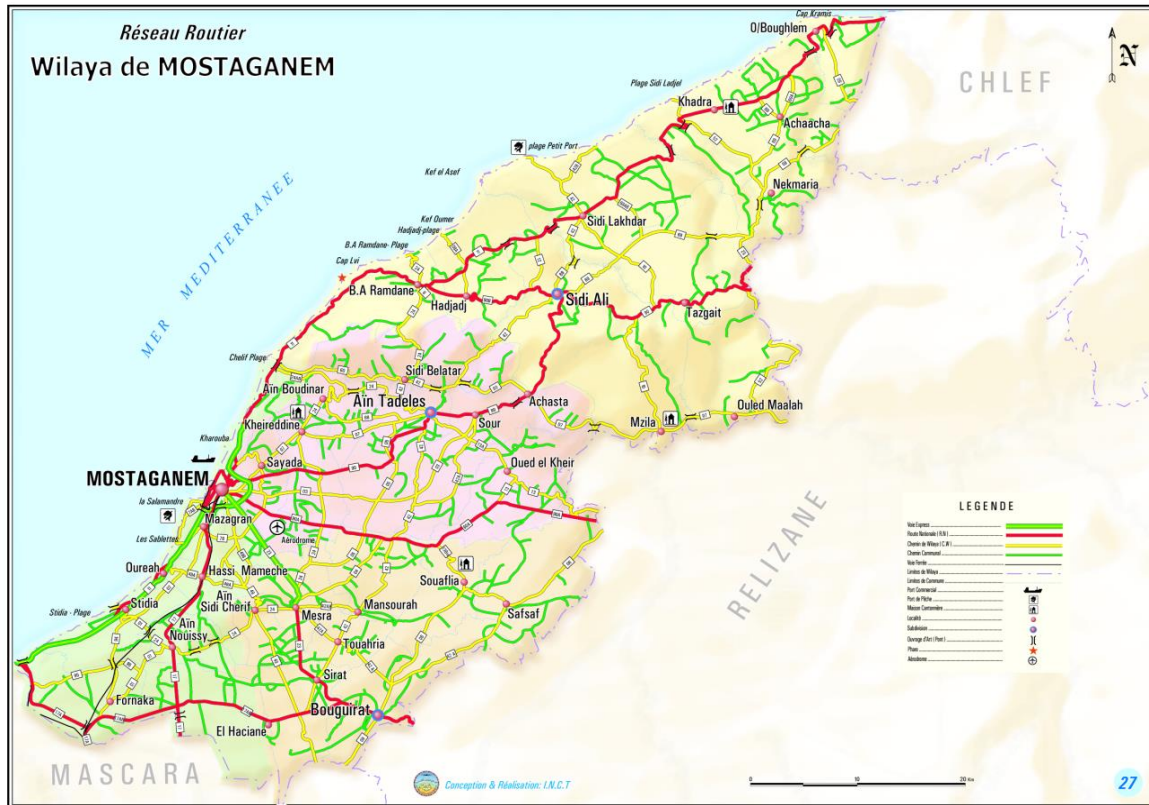


Figure I.3: Réseau routier de la wilaya de Mostaganem.

La wilaya de Mostaganem est reliée à d'autres wilayas par les chemins suivants :

- ✓ Oran : RN 11.
- ✓ Mascara : RN17.RN17A.CW95.
- ✓ Relizane : RN 09.CW52.CW07.CW13.CW06.CW08.
- ✓ Chlef : RN11 .CW 06.

La zone d'étude enregistre un réseau routier avec des axes de différentes catégories entre chemins wilaya et route nationale, dont : la RN 23 et la RN 90 A, qui traversent le chef-lieu du Nord au Sud.

- ✓ RN 23 traverse le chef-lieu du nord vers le sud en passant par les agglomérations de Mesra,Sirat et Bouguirat.
- ✓ RN 90 A traversé les agglomérations de Oued El Kheir jusqu'à la périphérie de chef-lieu de la wilaya de Mostaganem.

Par ailleurs, ces routes sont reliées aux chefs-lieux des villes et villages par des chemins de Wilaya.

I.2.3. Réseau ferroviaire :

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

I.2.4. Réseau aéroportuaire :

La Wilaya de Mostaganem dispose d'un aéroport dont :

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

I.2.5. Infrastructures portuaires :

La wilaya compte trois ports:

- ✓ le port de Mostaganem.
- ✓ le port de Sidi Lakhdar (pêche).
- ✓ le port de Salamandre (pêche et plaisance).

Le projet à sa réalisation va contribuer grandement à fluidifier le trafic supplémentaire produit par le fret des véhicules réorientés du port d'Alger, il est aussi en concordance avec les perspectives et développement des activités portuaires de la wilaya Mostaganem. L'objet de l'étude dans sa globalité est de chercher de nouvelles variantes de tracé plus proches des routes actuelles telles que la RN 90A et la RN 23. Et de s'approcher des grandes agglomérations de la région capables d'attirer des volumes de trafic plus importants assurant ainsi une meilleure liaison entre Mostaganem et l'autoroute Est-Ouest.

I.3. Données de base :

I.3.1. Levé topographique :

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

I.3.2. Catégorie de la route :

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

Catégorie C1 : liaison entre deux grands centres économiques et des centres d'industrie.

Catégorie C2 : liaison des pôles d'industries de transformations entre eux.

Catégorie C3 : liaison des chefs-lieux de daïra et ceux de wilaya.

Catégorie C4 : liaison de tous les centres de vie avec le chef-lieu de daïra.

Catégorie C5 : routes, pistes non comprises dans les catégories précédentes

*** Notre route et de catégorie C1

I.3.3. Trafic

L'étude de trafic est une donnée nécessaire aux réflexions sur le développement des infrastructures de transport. Elle impactera directement les caractéristiques des voies à créer ainsi que les caractéristiques des chaussées

- ❖ trafic moyen journalier annuel = 11.702
- ❖ pourcentage de poids lourds = 35 %
- ❖ taux d'accroissement = 4 %
- ❖ durée d'étude et d'exécution : 4 ans
- ❖ durée de vie = 20 ans

I.4. Environnement de travail

L'outil informatique est jugé indispensable pour ce genre d'étude, c'est l'occasion pour nous d'essayer d'utiliser le logiciel comme AUTOCAD et COVADIS afin d'être à jour une fois recruté dans le monde professionnel.

I.5. Environnement de la route

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

Le dénivelé cumulé moyenne DC

La sinuosité σ

I.5.1. Dénivelé cumulé moyenne :

La somme des dénivelées cumulées, le long de l'itinéraire existant, rapportée à la longueur de cet itinéraire, permet de mesurer la variation longitudinale du relief. (B40)

$$\frac{H}{L} = \frac{\sum_{pi>0} P_i l_i + \sum_{pi<0} P_i l_i}{L} \quad \text{I.1}$$

PRESENTATION DU PROJET

Les trois types d'environnement résultent du croisement des deux paramètres précédents selon le tableau ci-dessous.

Tableau I.3 : Environnement de la route.

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

I.6. Vitesse de référence :

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

- ✓ La catégorie
- ✓ L'environnement

Le tableau ci-dessous nous permet de déterminer la vitesse de référence

Tableau I.4: Vitesse de référence.

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

I.7. Application au projet :

➤ **Catégorie :**

Notre projet classé en catégorie **1 (C1)** conformément à la norme B40.

➤ **La Dénivelée Cumulée moyenne :**

Le tracé que nous avons effectué donne :

$$\frac{H}{L} = \frac{\sum_{p_i > 0} P_i l_i + \sum_{p_i < 0} P_i l_i}{L} \approx 0.0056 = 0.56\% \quad \Longrightarrow \quad \text{Terrain Plat}$$

➤ **Sinuosité :**

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

$$\sigma = \frac{Ls}{LT} = \frac{0}{4000} = 0 < 0.1 \quad \Longrightarrow \quad \text{La Sinuosité Faible}$$

➤ **Type d'environnement :**

Puisqu' on a trouvé que le terrain est plat et la sinuosité faible, ce qui donne d'après le tableau I.3, le type d'environnement **E1**.

➤ **Vitesse de référence :**

Vitesse $V_r = 100$ Km/h (voir Tableau I.4)

II.1. Introduction :

Une étude de trafic est une phase fondamentale qui doit intervenir à l'amont de toute réflexion relative à un projet routier. Elle permet de déterminer l'intensité du trafic et son agressivité (poids lourds).

L'étude de trafic constitue l'élément essentiel et de base dans la planification et la justification économique des projets il permet également de :

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

II.2. Analyse du trafic :

Afin de déterminer en un point et en un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage qui nécessite une logistique et une organisation approprié.

Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont :

- ✓ La statistique générale.
- ✓ Le comptage sur route (manuel et automatique).
- ✓ Une enquête de circulation.

II.2.1. Différent type :

On distingue quatre types de trafic :

- **Trafic normal:** C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en considération le trafic du nouveau projet.
- **Trafic induit:** C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.
- **Trafic dévié:** C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée. La déviation du trafic n'est qu'un transfert entre les différents moyens d'atteindre la même destination.
- **Trafic total:** C'est le trafic annuel moins le trafic dévié.

II.2.2. Modèle de présentations de trafic:

La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant. Ce recensement permettra de hiérarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en

évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activité humaines.

Les diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont:

- ✓ Prolongation de l'évolution passée.
- ✓ Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques.
- ✓ Modèle gravitaire.
- ✓ Modèle de facteur de croissance.

II.3. Calcul de la capacité :

II. 3.1. 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 déterminée, la capacité dépend :

- ✓ Des conditions de trafic.
- ✓ Des conditions météorologiques.

Le type d'usagers habitués ou non à l'itinéraire. Des distances de sécurité (ce qui intègre le temps de réaction des conducteurs variables d'une route à l'autre). Des caractéristiques géométriques de la section considérée (nombre et largeur des voies).

II.3.2. Calcul de trafic journalier annuel (TJMA) horizon :

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

$$TJMA_h = TJMA_0(1 + \tau)^n \quad \text{II.1}$$

Tel que:

$TJMA_h$: le trafic à l'année d'horizon.

$TJMA_0$: Le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année.

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

II.3.3. Calcul des trafics effectifs :

C'est le trafic en unités véhicules particuliers (u.v.p) en fonction du type de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les poids lourds en (u.v.p).

Tableau II.1 : coefficient d'équivalence.

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristique	2-3	4-6	8-19
Route étroite	3-6	6-12	16-24

Le trafic effectif donné par la relation :

$$T_{eff} = [(1 - z) + p * z] * TJMA_h \quad \text{II.2}$$

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (u.v.p./j)

z : pourcentage de poids lourds (%)

p : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, il dépend de la nature de la route (nombres de voies et de l'environnement).

II.3.4.Débit de pointe horaire normal :

C'est le nombre de véhicules susceptibles d'emprunter la route à l'année d'horizon.

$$Q = 0.12 * T_{eff} \quad \text{II.3}$$

II.3.5.Débit horaire admissible :

C'est le débit admissible que peut supporter une route

$$Q_{adm} = K_1 * K_2 * C_{th} \quad \text{II.4}$$

Tel que :

C_{th} : la capacité théorique.

K_1 : coefficient qui dépend de l'environnement.

K_2 : coefficient tient compte de l'environnement et de la catégorie de la route.

Avec :

Tableau II.2 : Valeur de K_1 .

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.9 à 0.95

Tableau II.3 : Valeur de K_2 .

Environnement	Catégorie				
	1	2	3	4	5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau II.4 : Valeur de capacité théorique.

	Capacité théorique (uvp/h)
Route à 2 voies de 3.5 m	1500 à 2000
Route à voies de 3.5 m	2400 à 3200
Route à 2 chaussées séparées	1500 à 1800

II.3.6. Calcul de nombre de voies :

• **chaussée bidirectionnelle :**

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

$$Q_{adm} \leq Q \quad \text{II.5}$$

• **chaussée unidirectionnelle**

Le nombre de voies par chaussée est le nombre le plus proche du « n » avec :

$$N = S * \left(\frac{Q}{Q_{adm}} \right) \quad \text{II.6}$$

Tel que :

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

Q_{adm} : débit admissible par voie.

II.4. Application au projet :

❖ **Données de trafic :**

D'après les résultats du trafic qui nous ont été fournis par la direction des travaux publics de la wilaya de Mostaganem qui sont les suivants :

- ✓ TJMA= 11702 V/J
- ✓ Pourcentage de poids lourds : 35%
- ✓ Taux d'accroissement = 4%
- ✓ Durée d'étude et de mise en service : 4 ans
- ✓ Durée de vie : 20 ans

❖ **Projection future de projet :**

$$TJMA_{2012} = TJMA_0 (1 + \tau)^n$$

$TJMA_0$: Le trafic à l'année de référence (origine 2012)

$$TJMA_{2016} = 11702 \cdot (1+0.04)^4 = 13689.685 \text{ (VPL/J)}$$

➤ Donc : $TJMA_{2016} = 13690 \text{ (VPL/J)}$

Le trafic à l'année (2036) pour une durée de vie de 20 ans

$$TJMA_{2036} = 13690 \times (1+0.04)^{20} = 29996.475 \text{ (VPL/J)}$$

➤ Donc : $TJMA_{2036} = 29997 \text{ (VPL/J)}$

❖ **Calcul de trafic effectif :**

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

P : coefficient d'équivalence pour le poids lourds, pour une route à bonne caractéristique est un environnement E1, on a P=2

Z : pourcentage de poids lourds est égale à 35%

$$T_{\text{eff}} = [(1-0.35) + 2 \times 0.35] \times 29997 = 40495.95 \text{ (UVP/J)}$$

➤ Donc $T_{\text{eff}} = 40496 \text{ (UVP/J)}$.

❖ **Débit de pointe horaire normal :**

$Q = (1/n) * T_{\text{eff}}$ (1/n) : coefficient de pointe horaire pris est égale à 0.12.

$$Q = 0.12 \times 40496 = 4859.52 \text{ (uvp/h)}$$

Donc : $Q = 4860 \text{ (uvp/h)}$

❖ **Débit admissible :**

Le débit que supporte une section donnée : $Q_{\text{adm}} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{\text{th}}$

K_1 : Le coefficient correcteur pris égal à 0.75 pour E1

K_2 : Coefficient correcteur pris égal à 1 chaussée séparée.

C_{th} : Capacité effective par voie.

D'après B40 on adopte pour l'évitement un profil à 2 chaussées séparées On prendra $C_{th} = 3200(\text{uvp/h})$.

$$Q_{adm} = 1 \times 0.75 \times 3200(\text{uvp/h}).$$

$$\text{Donc } Q_{adm} = 2400 (\text{uvp/h}).$$

❖ **Le nombre de voies :**

$$\text{On a: } n = S.Q / Q_{adm} \Rightarrow (2/3) \times (4860/2400) = 1.35$$

➤ Donc le nombre de voies $n = 2$ voies

Tableau II.5 : récapitulatif.

TJMA ₂₀₁₂	TJMA ₂₀₁₆	T _{eff}	Q	Q _{adm}	N des vies par sens
11702	13690	40496	4860	2400	2

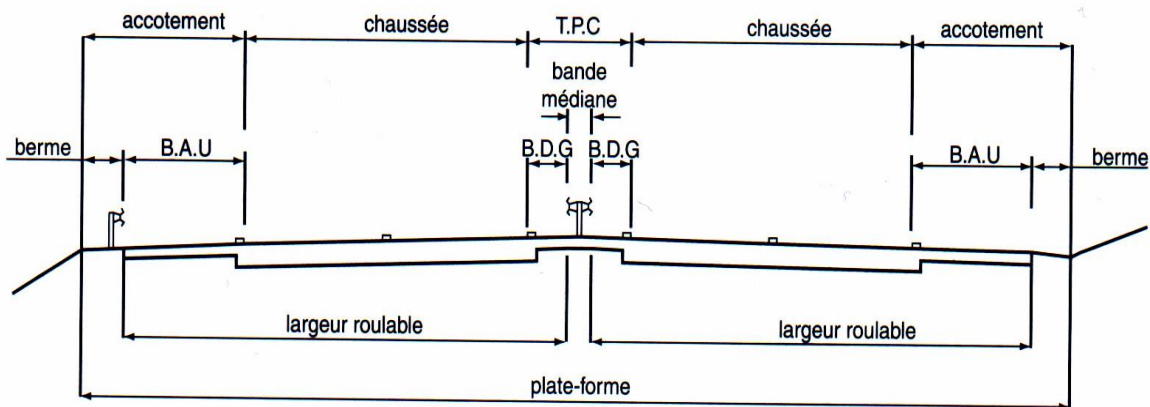


Figure II.1 : profil en travers type.

III.1. Les paramètre de base pour les études de tracé :

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.

III.2. Vitesse de référence des véhicules légers «VVL» et des poids lourds «VPL» :

La vitesse de référence des véhicules légers « VvL » d'une section de route est la vitesse qui permet de définir les caractéristiques minimales d'aménagement de ces points particuliers. Le respect des conditions liées à cette vitesse minimale permet de garantir l'homogénéité. La vitesse de référence des poids lourds « VpL » 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.
- ❖ Conditions économiques d'exécution et d'exploitation.

Remarque :

- ❖ VvL = vitesse de référence des véhicules légers.
- ❖ VpL= vitesse de référence des poids lourds.

Tableau III.1 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E selon B40.

Environnement		E.1	E.2	E.3
Catégorie				
Caté.1	V _{VL}	120	100	80
	V _{PL}	40	35	30
Caté.2	V _{VL}	120	100	80
	V _{PL}	40	35	30
Caté.3	V _{VL}	120	100	80
	V _{PL}	35	30	25
Caté.4	V _{VL}	100	80	60
	V _{PL}	30	25	20
Caté.5	V _{VL}	80	60	40
	V _{PL}	/	/	/

III.3. 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.

III.4. Distance minimale de freinage :

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

$$\frac{1}{2} m * v^2 = p * f * d_0 \Rightarrow d_0 = \frac{v^2}{2gf} = \frac{v^2(\text{km/h})}{254 \times f} \quad \text{III.1}$$

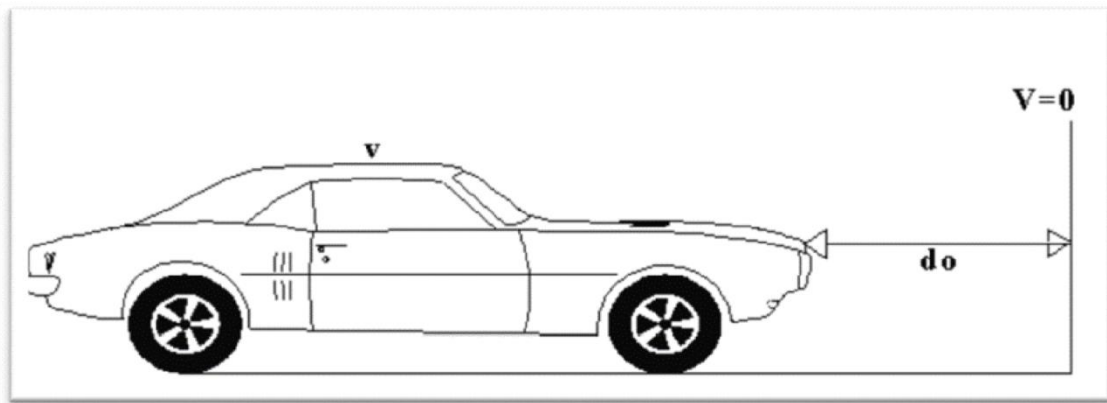


Figure III.1 : distance de freinage.

Dans le cas général, la route est déclinée c'est-à-dire elle est en rampe ou en pente. Dans ce cas, la formule de d_0 sera :

$$d_0 = \frac{v^2(\text{km/h})}{254(f \pm i)} \quad \text{III.2}$$

Avec

f : coefficient de frottement longitudinal.

i : déclivité de la route en %.

v : vitesse (km/h).

❖ En palier (i=0) on aura $\Rightarrow d_0 = \frac{v^2}{254 \times f}$

❖ En rampe $\Rightarrow d_0 = \frac{v^2}{254 \times (f+i)}$

❖ En pente $\Rightarrow d_0 = \frac{v^2}{254 \times (f-i)}$

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.

Le tableau suivant donne la valeur de (f_l) retenues pour l'Algérie d'après B40.

Tableau III.2 : Valeur de f .

Vr (km/h) CAT	40	60	80	100	120	140
CAT 1-2	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30
CAT 3-4-5	0.49	0.46	0.43	0.40	0.036	/

Catégorie 1 Vr = 100 Km/h ==> $f_l = 0,36$

III.5. Distance d'arrêt :

III.5.1. 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 la nécessite de freiner au maximum.
- ❖ Réagit en actionnant ses freins (porte ses pieds sur la pédale de frein).

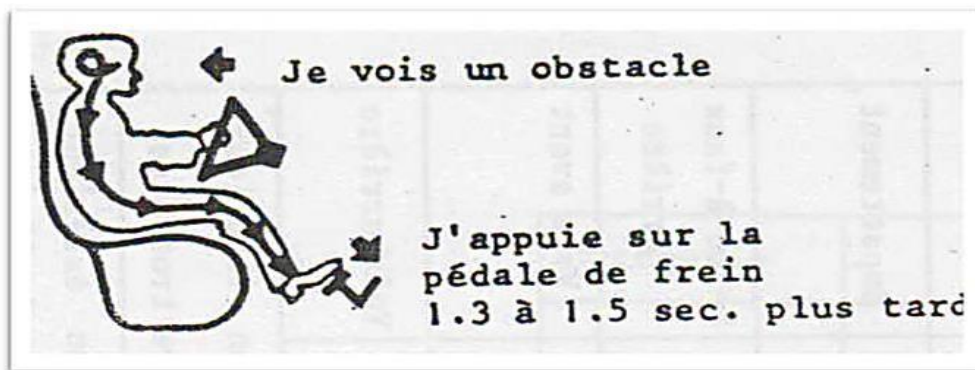


Figure III.2 : temps de réactions.

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 0,5 s.

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

$$\left\{ \begin{array}{ll} t_p = 1.8 \text{ s} & \text{si } V \geq 100 \text{ Km/h} \\ t_p = 2 \text{ s} & \text{si } V < 100 \text{ Km/h} \end{array} \right.$$

III.5.2. Distance d'arrêt en alignement droit (d1) :

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.

III.5.2.1 Obstacle immobile :

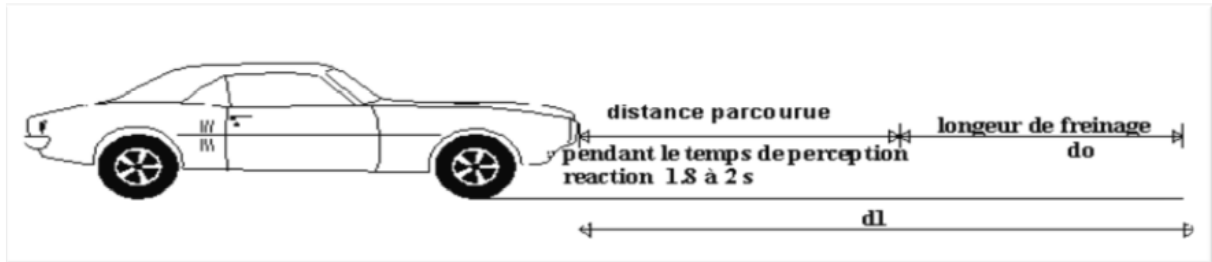


Figure III.3 : Obstacle Immobile.

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

$$d_1 = d_0 + \frac{V}{3.6} \times t_p \quad \text{III.3}$$

Avec :

t_p : temps de perception réaction.

d_0 (m) : distance de freinage.

V : vitesse de référence.

Donc on aura :

$$\left\{ \begin{array}{ll} d_1 = \frac{V^2}{254 \times (f \pm i)} + 0.50 \times V \text{ Pour } V \geq 100 \text{ km/h} & \text{III.4} \\ d_1 = \frac{V^2}{254 \times (f \pm i)} + 0.55 \times V \text{ Pour } V < 100 \text{ km/h} & \text{III.5} \end{array} \right.$$

III.5.2.2 Obstacle mobile :

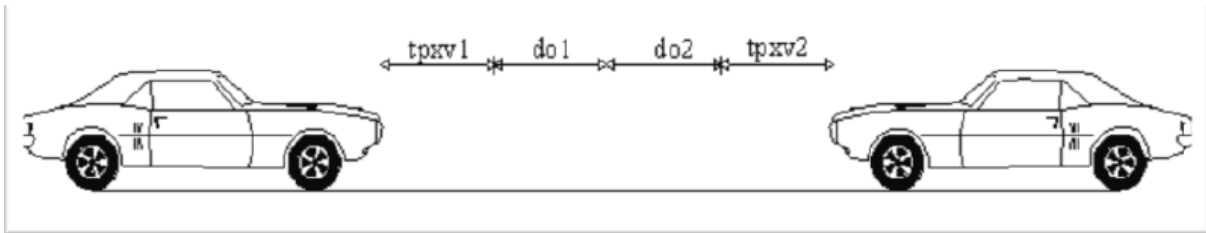


Figure N° III.4 : Obstacle mobile.

$$\left\{ \begin{array}{l} d_2 = \frac{V_1^2}{254 \times (f \pm i)} + 0.50 \times V_1 + \frac{V_2^2}{254 \times (f \pm i)} + 0.50 \times V_2 \quad \text{Pour } V \geq 100 \text{ km/h} \\ d_2 = \frac{V_1^2}{254 \times (f \pm i)} + 0.55 \times V_1 + \frac{V_2^2}{254 \times (f \pm i)} + 0.55 \times V_2 \quad \text{Pour } V < 100 \text{ km/h} \end{array} \right.$$

➤ Si : $V_1 = V_2 = V$

On a :

$$\left\{ \begin{array}{l} d_2 = \frac{V^2}{127 \times (f \pm i)} + V \quad \text{Pour } V \geq 100 \text{ km/h} \\ d_2 = \frac{V^2}{127 \times (f \pm i)} + 1.1 \times V \quad \text{Pour } V < 100 \text{ km/h} \end{array} \right.$$

III.5.3. 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.

$$\left\{ \begin{array}{l} d_3 = d_1 + 0.25 \times d_0 \quad \text{Si : } R \geq 5 \times V \\ d_3 = d_1 + 0.25 \times d_0 \quad \text{Si : } R < 5 \times V \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} d_3 = d_0 + 0.50 V + 0.25 d_0 \quad d_3 = 125 d_0 + 0.50 V \quad \text{Pour } V \geq 100 \text{ km/h} \\ d_3 = d_0 + 0.55 V + 0.25 d_0 \quad d_3 = 125 d_0 + 0.55 V \quad \text{Pour } V < 100 \text{ km/h} \end{array} \right.$$

Avec :

d_3 : distance d'arrêt en courbe.

d_1 : distance d'arrêt en alignement droit.

$d_0(m)$: distance de freinage.

Tableau III.3 : variations des distances de freinage, d'arrêt en alignement droit (d_1) et en courbe (d_3).

V(km/h)		40	60	80	100	120
Catégorie 1-2	d_0 (m)	14	34	65	100	175
	d_1 (m)	36	67	109	161	235
	d_3 (m)	40	72	120	181	273

III.5.4. 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.

III.5.4.1. Distance de visibilité de dépassement minimale « D_{dmin} » :

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

Selon la norme B40 : Les différentes valeurs de « D_{dmin} » sont données dans le tableau suivant :

Tableau III.4 : variations des « D_{dmin} » en fonction de la vitesse.

V_r (km/h)	40	60	80	100	120
D_{dmin} (m)	150	250	325	425	550

III.5.4.2. 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 N° III.5: selon B40 les valeurs de « D_{md} » en mètre en fonction De la vitesse.

V_r (km/h)	40	60	80	100	120
D_{md} (m)	70	120	200	300	425

III.5.4.3. Distances de sécurité entre deux véhicules (D_s) :

C'est la distance de sécurité entre deux véhicules. C'est l'espace nécessaire entre deux véhicules 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 :

$$D_s = \left(\frac{V}{3.6} \times t_p \right) + L$$

Avec :

t_p : temps perception réaction (sec).

V : vitesse de véhicule (Km/h). (Même vitesse).

L : Longueur de véhicule en moyenne (8m).

Tableau N° III.6 : valeur de distance de sécurité (m) en fonction de la vitesse (km/h).

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

III.6) Application au projet:

➤ Distance de freinage :

On a catégorie 1 ; vitesse= 100 km/h ; $f= 0.36$

$$d_0 = \frac{v^2}{254 \times f} = \frac{100^2}{254 \times 0.36} = 109 \text{ m}$$

➤ Distance d'arrêt en alignement droit :

❖ **Obstacle immobile** : $V= 100 \text{ km/h}$; $d_0= 109\text{m}$ et $t=1.8\text{s}$

$$.d_1 = d_0 + \frac{V}{3.6} \times t_p = d_0 + 0.5 \times V = 109 + 0.5(100) = 159 \text{ m}$$

❖ **Obstacle mobile** : $V= 100 \text{ km/h}$; $f = 0.36$

$$d_2 = \frac{V^2}{127 \times f} + V = \frac{100^2}{127 \times 0.36} + 100 = 319 \text{ m}$$

➤ Distance d'arrêt en courbe :

$$d_3 = d_1 + 0.25 \times d_0 = 1.25 \times d_0 + 0.5 \times V = 1.25 \times 109 + 0.5 \times 100 = 186 \text{ m}$$

➤ Distance de visibilité de dépassement : $D_{dmin}=425\text{m}$

➤ Distance de visibilité de manœuvre de dépassement« D_{md} » : $D_{md}=300\text{m}$

➤ Distances de sécurité entre deux véhicules (D_s) : $L=8\text{m}$; $t=1.8\text{s}$ et $V=100 \text{ Km/h}$.

$$D_s = \left(\frac{V}{3.6} \times t_p \right) + L = \left(\frac{100}{3.6} \times 1.8 \right) + 8 = 58 \text{ m}$$

Tableau III.7 : les différentes valeurs des distances calculées et donné par le B40.

		Vitesse de référence (Km/h)	100
Distance de freinage	do (m)	Calculé	109
		D'après B40	111
Distance d'arrêt en alignement droit obstacle immobile	d1(m)	Calculé	159
		D'après B40	161
Distance d'arrêt en alignement droit obstacle mobile	d2(m)	Calculé	319
		D'après B40	
Distance d'arrêt en courbe	d3(m)	Calculé	186
		D'après B40	181
Distance de visibilité de dépassement	Ddmin(m)	Calculé	
		D'après B40	425
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement	Dmd(m)	Calculé	
		D'après B40	300
Distance de sécurité entre deux véhicules	DS(m)	Calculé	58
		D'après B40	58

IV.1. Introduction :

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

- ✓ Le tracé en plan est la projection de la route sur un plan horizontal.
- ✓ Le profil en long est le développement de l'intersection de la surface de la route avec le cylindre à génératrice verticale passant par l'axe de celui-ci.
- ✓ Le profil en travers c'est une coupe suivant un plan vertical perpendiculaire à l'axe.

Les normes fixent les règles relatives à la construction de ces trois éléments. Les exigences qui ont prévalu à l'élaboration des normes sont de deux ordres : sécurité des usagers et capacité des infrastructures à écouler le trafic qu'elles supportent.

IV.2. Règle à respecter dans le tracé en plans :

- ✓ Eviter de passer sur les terrains agricoles si possibles.
- ✓ Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement.
- ✓ Adapter au maximum le terrain naturel.
- ✓ Appliquer les normes du B40 si possible.
- ✓ Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- ✓ Respecter la cote des plus hautes eaux.
- ✓ Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- ✓ Respecter la longueur minimale des alignements droits si possible.
- ✓ Se raccorder sur les réseaux existants.
- ✓ S'inscrire dans le couloir choisi.
- ✓ Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- ✓ Il est recommandé que les alignements représentent 60% au plus de la longueur totale du trajet.
- ✓ En présence des lignes électriques aérienne prévoir une hauteur minimale de 10 m.

IV.3. Les éléments à respecter du tracer en plans :

Le tracé en plan est constitué par des alignements droits raccordés par des courbes, il est caractérisé par la vitesse de référence appelée ainsi vitesse de base qui permet de définir les caractéristiques géométriques nécessaires à tout aménagement routier.

Le raccordement entre les alignements droits et les courbes entre elles d'autre part, elle se fait à l'aide des Clothoïdes qui assurent un raccordement progressif par nécessité de sécurité et de confort des usagers de la route.

Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

- ✓ Des droites (alignements).
- ✓ Des arcs de cercle.
- ✓ Des courbes de raccordement progressives.

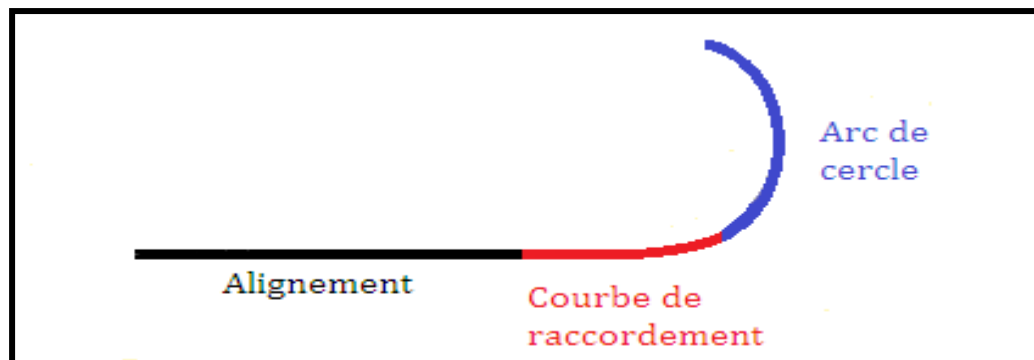


Figure IV.1 : Les éléments du tracé en plan.

IV.3.1. Les Alignements:

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

- ✓ De nuit, éblouissement prolongé des phares.
- ✓ Monotonie de conduite qui peut engendrer des accidents.
- ✓ Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
- ✓ Mauvaise adaptation de la route au paysage.

Il existe toutefois des cas où l'emploi d'alignement se justifie :

- ✓ En plaine ou, des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
- ✓ Dans des vallées étroites.
- ✓ Pour donner la possibilité de dépassement.

Donc la longueur des alignements dépend de :

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

Règles concernant la longueur des alignements :

- ❖ Une longueur minimale d'alignement L_{\min} devra séparer deux courbes circulaires de même sens, cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant cinq (5) secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon de deux arcs de cercle. Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe en C, Ove, S, ou à sommet.

$$L_{\min} = 5 * \frac{V_B}{3.6} \quad \text{IV.1}$$

Avec :

V_B : vitesse de base en km/h

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

$$L_{\max} = 60 * \frac{V_B}{3.6} \quad \text{IV.2}$$

Pour des raisons de sécurité de circulation et d'esthétique, on évitera les cas particuliers suivants sont à éviter :

- ✓ Réunion de deux longues courbes par un alignement court

Solution : alignement à supprimer.

- ✓ Réunion de 2 longues alignements par une courbe courte s'est à dire de faible rayon.

Solution: augmenter le rayon de sa courbe.

IV.3.2. Arcs 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 les courbures:

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

IV.3.2.1. Stabilité en cercle :

Dans un virage R une véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite -devers exprimée par sa tangente.

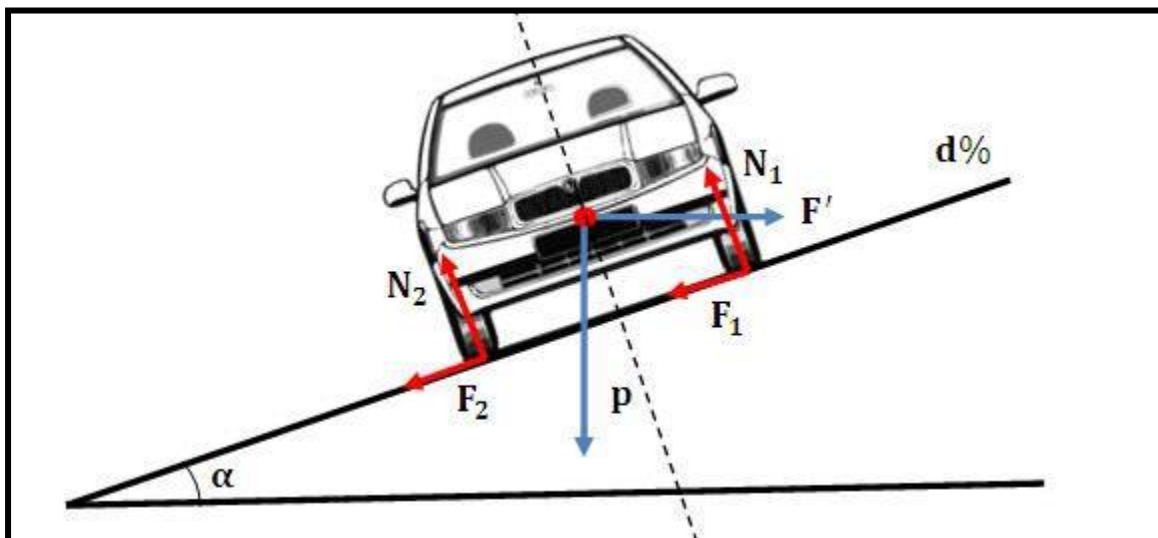


Figure IV.2 : Forces agissant sur un véhicule dans un virage.

Remarque :

- ❖ Le devers « d » ne doit pas être trop grand (risque de glissement à faible vitesse par temps pluvieux ou verglas)
- ❖ Le devers « d » ne doit pas être trop faible pour assurer un bon écoulement de eaux. Ceci nous conduit à la série de couples (Catégorie, devers).
- ❖ Au devers maximum correspond le rayon minimum absolu RHm avec :

Tableau IV.1 : Devers en fonction de l'environnement.

Environnement	Facile	Moyen	Difficile
Devers			
Devers Minimal			
- Cat 1-2	2.5%	2.5%	2.5%
- Cat 3-4-5	3%	3%	3%
Devers Maximal			
- Cat 1-2	7%	7%	7%
- Cat 3-4	8%	8%	8%
- Cat 5	9%	9%	9%

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

IV.3.2.1.1. Rayon minimale absolu RHm :

C'est le rayon minimum pour lequel la stabilité du véhicule est assurée, il ne faut jamais descendre au-dessous de cette valeur, et il est défini comme étant le rayon de devers maximal.

$$RHm = \frac{V_r^2 (km/h)}{127 (d+ft)} \quad IV.3$$

IV.3.2.1.2. Rayon minimal normal RHN :

RHN est le rayon minimal absolu relatif à la vitesse de référence immédiatement supérieur. Il lui est associé un dévers égal à :

$$\begin{cases} d_{max} - 2\% \text{ pour les catégories } 1 - 2 - 3 \text{ et } 4 \\ d_{max} - 3\% \text{ pour la catégorie } 5 \end{cases}$$

$$RHN = \frac{(V_r + 20)^2}{127(ft+d)} \quad IV.4$$

IV.3.2.1.3. Le rayon au divers minimal RHd :

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse Vb serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit. Dévers associé :

$$\begin{cases} d_{min} - 2.5\% \text{ pour les catégories } 1 - 2 \\ d_{min} - 3\% \text{ pour la catégorie } 3 \text{ et } 4 \end{cases}$$

$$RHd = \frac{V_r^2}{127(2*d_{min})} \quad IV.5$$

IV.3.2.1.4. Le rayon non déversé RHnd :

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

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127(f'-d_{min})} \quad IV.6$$

Avec : $f' = 0.06$ cat 1 et 2...

$f' = 0.07$ cat 3 et 4 E1

$f' = 0.075$ cat 4 -5 E2 E3

IV.3.2.1.5. Règles pour l'utilisation des rayons en plan :

- ❖ Il n'y a aucun rayon inférieur à R_{Hm} , on utilise autant que possible des valeurs de rayon $\geq R_{HN}$.
- ❖ Les rayons compris entre R_{Hm} et R_{Hd} sont déversés avec un dévers interpolé linéairement en $1/R$ arrondi à 0,5% près.
- ❖ Les rayons compris entre R_{Hd} et R_{Hnd} sont en dévers minimal d_{min} .
- ❖ Les rayons supérieurs à R_{Hnd} peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.
- ❖ Un rayon R_{Hm} doit être encadré par des R_{HN} .

IV.3.2.1.6 Visibilité en courbe :

Un virage d'une route peut être masqué du côté inférieur de la courbe par un talus de déblai, ou par une construction ou forêt. Pour assurer une visibilité étendue au conducteur d'un véhicule, il va falloir reculer le talus ou abattre les obstacles sur une certaine largeur à déterminer. Au lieu de cela, une autre solution serait d'augmenter le rayon du virage jusqu'à ce que la visibilité soit assurée.

IV.3.2.1.7 Sur largeur :

Un long véhicule à deux (2) essieux, circulant dans un virage, balaye en plan une bande de chaussée plus large que celle qui correspond à la largeur de son propre gabarit. Pour éviter qu'une partie de sa carrosserie n'empiète sur la voie adjacente, on donne à la voie parcourue par ce véhicule une sur largeur par rapport à sa largeur normale en alignement.

Le calcul de S se fait, pour simplifier, au moyen du rayon de l'axe de la route qui est peu différent du rayon extérieur R_{e} du véhicule.

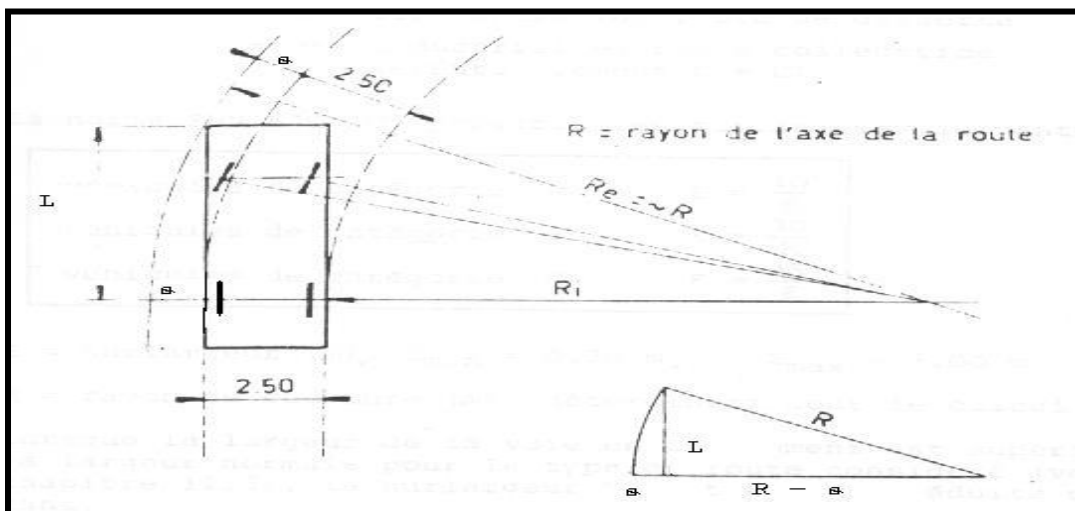


Figure IV.3 : Inscription des véhicules dans les virages.

$$R^2 = (R - S) + L^2 \text{ Avec } S^2 \approx 0 \Rightarrow S = \frac{L^2}{2 \cdot R} \quad \text{IV.7}$$

Avec :

L : Longueur du véhicule (valeur moyenne $L = 10 \text{ m}$) ;

R : Rayon de l'axe de la route.

Le calcul et la construction des sur largeurs sont effectués séparément pour chaque voie de circulation, dans le cas des véhicules différents le véhicule le plus encombrant circulant à l'intérieur de la courbe.

IV.3.2.1.8 Choix des rayons :

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

IV.3.3 Les Courbes De Raccordement :

Le fait que le tracé soit constitué d'alignement et d'arc ne suffit pas, il faut donc prévoir des raccords à courbure progressif, qui permettent d'éviter la variation brusque de la courbe lors du passage d'un alignement à un cercle ou entre deux courbes circulaires et ça pour assurer :

- ✓ La stabilité transversale du véhicule.
- ✓ Confort des passagers du véhicule.
- ✓ Transition de la forme de la chaussée.
- ✓ Un tracé élégant, souple, fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

La courbe de raccordement la plus utilisée est la clothoïde grâce à ses particularités, c'est-à-dire pour son accroissement linéaire des courbures. Elle assure à la voie un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de variation du devers (condition de gauchissement) et assure l'introduction du devers et de la courbure de façon à respecter les conditions de stabilité et de confort dynamique qui sont limitées par unité de temps de variation de la sollicitation transversale des véhicules.

IV.3.3.1 Types De Courbe De Raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont à la condition désirée d'une variation continue de la courbure, nous avons retenu les trois courbes suivantes :

- ✓ Parabole cubique
- ✓ Lemniscate
- ✓ Clothoïde

IV.3.3.1.1. Parabole cubique: Cette courbe est d'un emploi très limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemin de fer).

IV.3.3.2.2. Lemniscate : Cette courbe utilisée pour certains problèmes de tracés de routes « **trèfle d'autoroute** » sa courbure est proportionnelle à la longueur de rayon vecteur mesuré à partir du point d'inflexion.

IV.3.3.1.3. Clothoïde: La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul. La courbure de la Clothoïde, est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

Parcourue à vitesse constante, la Clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

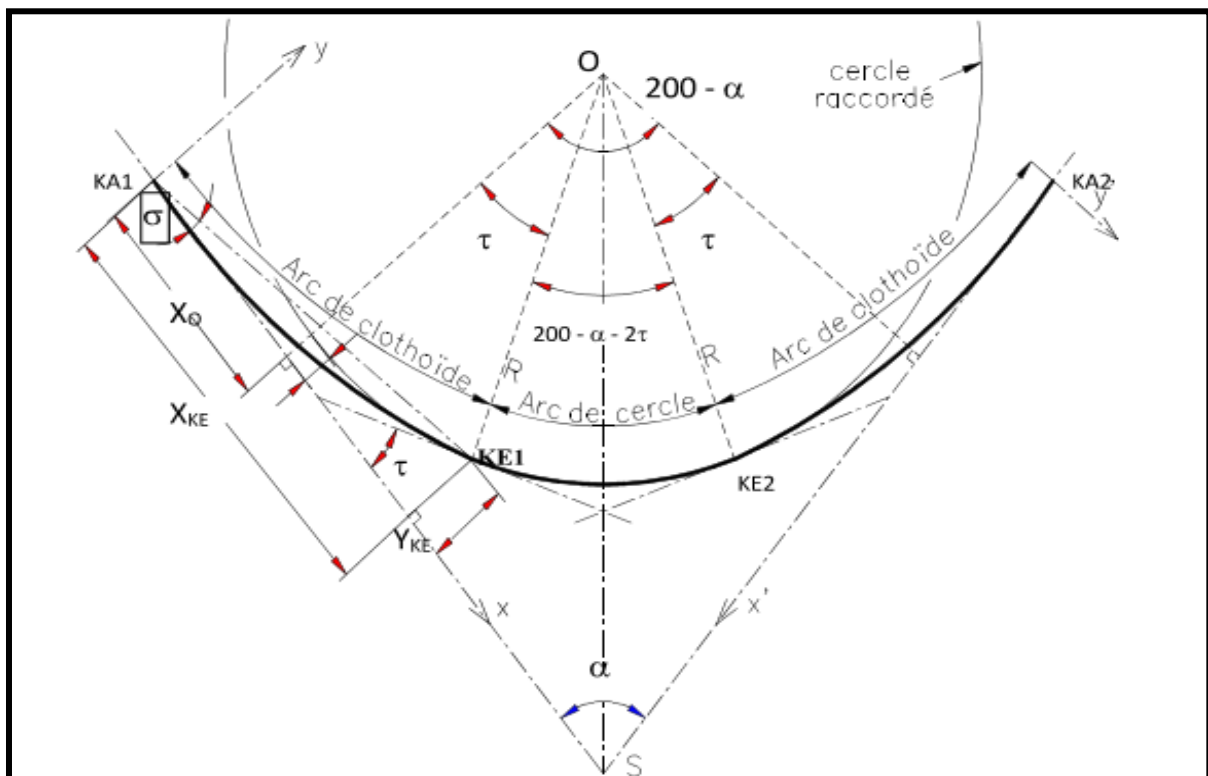


Figure N° IV.4 : raccordement progressif.

Tableau IV.2 : raccordement progressif.

R	Rayon
L	Longueur de la clothoïde
A	Paramètre de la clothoïde (m)
α	Angle des alignements droits « sommet »
B	Angle au centre raccordement circulaire
ζ	Angle des tangentes
σ	Angle Polaire
Υ	Angle au centre Partie circulaire
XKE	Abscisse de l'extrémité de la clothoïde
YKE	Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde
D cercle	Longueur de la partie circulaire
SL	Longueur de la corde KA-KE
X0	Abscisse de centre
Y0	Ordonnées du centre
ΔR	Ripage
DT	Développée totale
T	Distance S-KA
TL	Tangente longue
TK	Tangente courte
bissectrice	Bissectrice

❖ **Expression mathématique de la Clothoïde**

La Courbure K linéairement proportionnellement à la longueur curviligne.

$$K = C * L \text{ Avec } , K = \frac{1}{R} \Rightarrow L * R = \frac{1}{C} \Rightarrow \frac{1}{R} = C * L$$

Pour l'homogénéité de la formule, on pose $\frac{1}{C} = A^2$

Equation fondamentale : $L * R = A^2$ IV.7

Choix d'une Clothoïde doit respecter les conditions suivantes

a- Condition optique :

La Clothoïde doit aider à la lisibilité de la route on amorce le virage, la rotation de la tangente doit être supérieure à 3° pour être perceptible à l'œil.

$$\tau = \frac{1}{18} \text{ rad } (3^\circ) \Rightarrow \frac{L}{2 \cdot R} \geq \frac{1}{18} \Rightarrow L \geq \frac{R}{9} \quad \text{IV.8}$$

$$\text{Soit : } A \geq \frac{R}{3} \Rightarrow A_{\min} = \frac{R}{3} \text{ et } A_{\max} = R \quad \text{IV.9}$$

D'après règle générale (B40):

$$\text{Pour : } R \leq 1500 \text{ m, le ripage } \Delta R = 1 \text{ m} \Rightarrow L = \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R} \quad \text{IV.10}$$

$$\text{Pour } 1500 < R \leq 5000 \Rightarrow L = \frac{R}{9} (\tau = 3^\circ) \quad \text{IV.11}$$

$$\text{Pour : } R > 5000 \text{ m } \Delta R \text{ limité à } 2.5 \text{ m} \Rightarrow L = 7.75 \cdot \sqrt{R} \quad \text{IV.12}$$

b- Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à limiter pendant le temps de parcours Δt du raccordement, la variation, par unité de temps, de l'accélération transversale.

$$L \geq \frac{V_r^2}{18} * \left(\frac{V_r^2}{127 \cdot R} - \Delta d \right) \quad \text{IV.13}$$

Avec :

V_r : Vitesse de référence en (Km /h).

R : Rayon en (m).

Δd : Variation de dévers.

c- Condition de gauchissement :

Le raccordement doit assurer à la route un aspect satisfaisant dans les zones de variation de dévers. A cet effet on limite la pente relative du profil en long du bord de la chaussée déversée et de son axe, qui consiste à limiter pendant le temps de parcours du raccordement, la variation, par unité de temps, du dévers de la demi-chaussée extérieure au virage. Cette variation est limitée à 2% par seconde.

$$L \geq \frac{L}{50} * \Delta d * V_r \quad \text{IV.14}$$

Avec :

Δd : différence de dévers en %

V : en km/h limité à 100

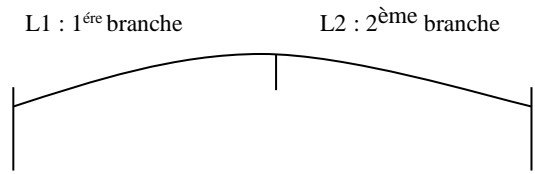
L : Distance axe de rotation – bord de chaussée.

$$\mathbf{L_r = \max (L \text{ optique, } L \text{ confort, } L \text{ gauchissement})}$$

d-Vérification de non chevauchement :

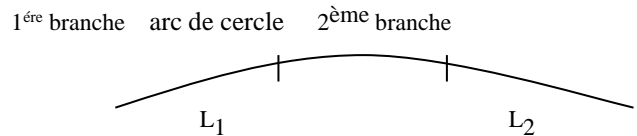
1^{er} cas :

$\tau = \frac{\beta}{2} \Rightarrow$ **clothoïde sans arc de cercle**



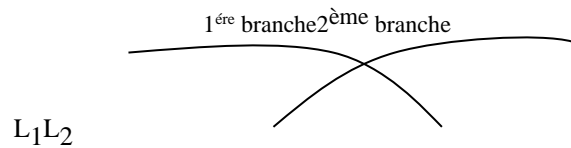
2^{ème} cas :

$\tau < \frac{\beta}{2} \Rightarrow$ **clothoïde avec arc de cercle**



3^{ème} cas :

$\tau > \frac{\beta}{2} \Rightarrow$ **clothoïde impossible**



IV.4– Combinaison des éléments du tracé en plan :

La combinaison des éléments du tracé en plan donne plusieurs types de courbes, on cite :

- **Courbe en S :**

Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de concavité opposée tangente en leur point de courbure nulle et raccordant deux arcs de cercle.

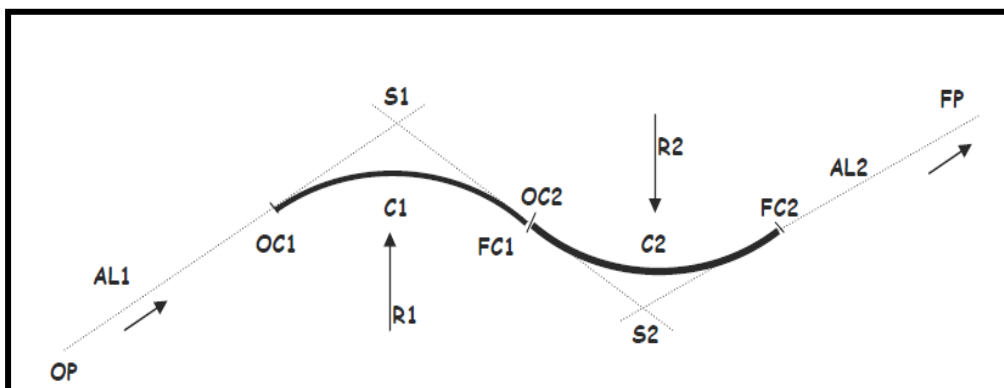


Figure IV.5 : Courbe en S

- **Raccordement circulaire simple :**

Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux alignements.

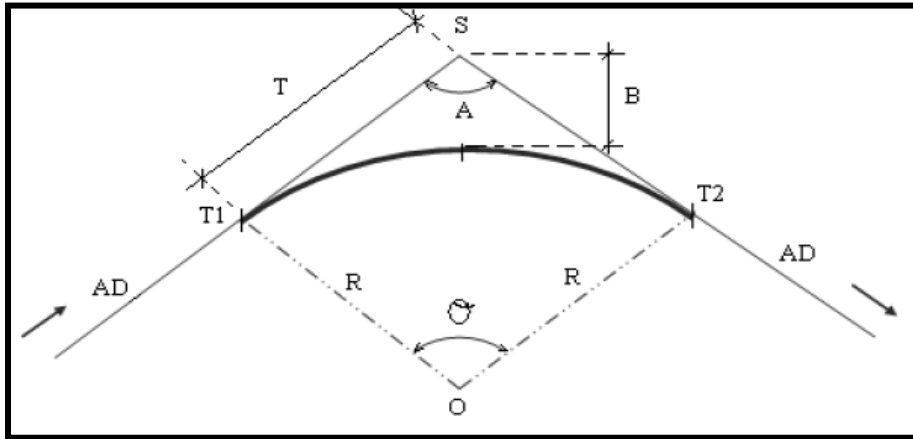


Figure IV.6 : Raccordement circulaire simple

- **Courbe en C :**

Une courbe constituée de deux arcs de Clothoïde, de même concavité, tangents en un point de même courbure et raccordant deux arcs de cercles sécants ou extérieurs l'un à l'autre.

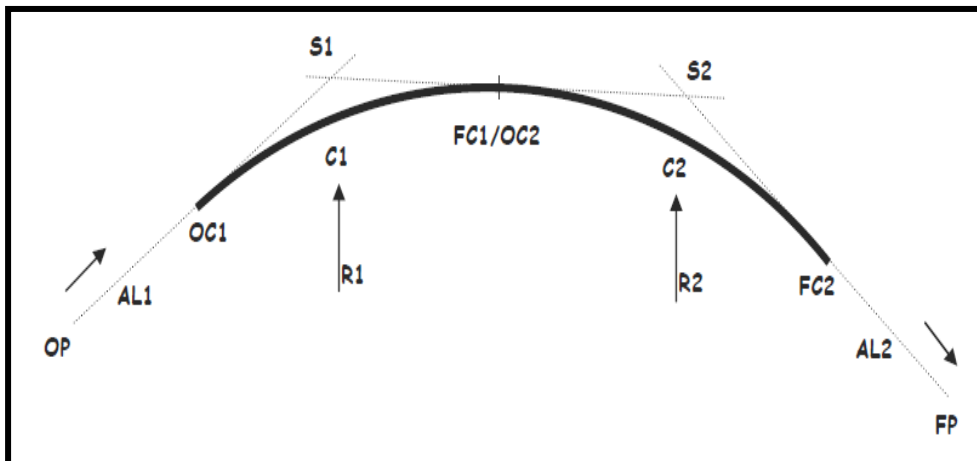


Figure IV.7 : Courbe en C

- **Courbe en Ove:**

Un arc de Clothoïde raccordant deux arcs de cercles dont l'un est intérieur à l'autre, sans lui être concentrique.

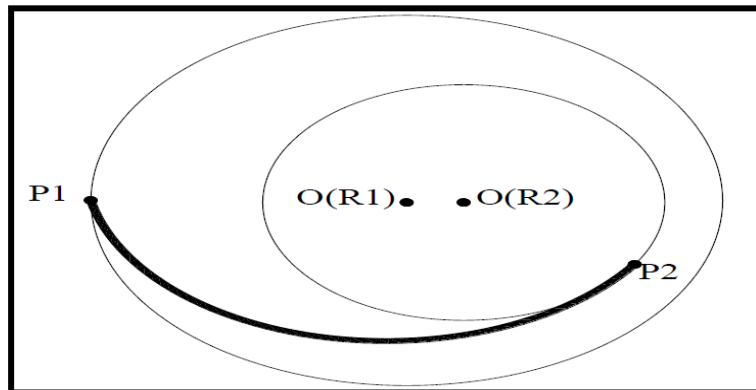


Figure IV.8 : Courbe en Ove

IV.5– Notion de dévers :

Le dévers est par définition la pente transversale de la chaussée, il permet l'évacuation des eaux pluviales pour les alignements droits et assure la stabilité des véhicules en courbe. La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité des véhicules lorsqu'ils passent d'un versant à l'autre et la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluies.

IV.5.1. Devers en alignement :

En alignement le dévers est destiné à assurer l'évacuation rapide des eaux superficielles de la chaussée. Il est pris égal à : $d_{\min} = 2.5\%$

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

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

IV.5.2. Devers vers l'intérieur des courbes :

En courbe, le dévers permet de :

- ✓ Assurer un bon écoulement des eaux superficielles
 - ✓ Compenser une fraction de la force centrifuge et assurer la stabilité dynamique des véhicules
 - ✓ Améliorer le guidage optique
- Le dévers minimal nécessaire à l'écoulement des eaux en courbes est identique à celui préconisé en alignement droit.

- Le divers maximal admissible dans la courbe est essentiellement limité par les conditions de stabilité des véhicule lents ou l'arrêt, dans des conditions météorologiques exceptionnelles.

Les valeurs préconisées pour les normes algériennes sont les suivantes :

Tableau IV.3 : Devers.

	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
dmin	-2.50%	-2.50%	-3%	-3%	-4%
dmax	7%	7%	8%	8%	9%

Tableau IV.4 : coefficient transversal.

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

Tableau IV.5 : coefficient f' en fonction de catégorie.

Catégorie	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
F''	0.06	0.06	0.07	0.075	0.075

IV.5.3. Rayon de courbure :

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

IV.5.4. Calcul des devers :

1^{er} cas :

Les rayons choisis: $R \geq R_{HNd} \Rightarrow$ le dévers associé « d » est celui de l'alignement droit

2^{ème} cas :

Les rayons choisis: $R \leq R_{HNd} \Rightarrow$ le dévers associé est le dévers minimal de l'alignement droit

3^{ème} cas :

Si $R_{HN} \leq R \leq R_{Hd}$, le dévers associé « d » est calculé par interpolation entre le dévers associé à R_{HN} et celui associé à R_{Hd} .

$$\frac{d(R)-d(R_{Hd})}{\frac{1}{R}-\frac{1}{R_{Hd}}} = \frac{d(R_{HN})-d(R_{Hd})}{\frac{1}{R_{HN}}-\frac{1}{R_{Hd}}} \quad \text{IV.15}$$

4^{ème} cas :

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

$$\frac{d(R)-d(RH_N)}{\frac{1}{R}-\frac{1}{RH_N}} = \frac{d(RH_m)-d(RH_N)}{\frac{1}{RH_m}-\frac{1}{RH_N}} \quad \text{IV.16}$$

IV.5.5. Variation du dévers dans la clothoïde :

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

IV.5.6. Méthode de calcul des dévers en clothoïde :

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

Bord extérieur :

$$d_{ext} = \left(\frac{\Delta d}{L} \times x_i\right) - d_{min} \quad \text{IV.17}$$

Bord intérieur :

$$d_{int} = \begin{cases} d_{min} & \text{si } x < \frac{6L}{\Delta d} \\ d_{ext} & \text{si } x > \frac{6L}{\Delta d} \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{IV.18} \\ \text{IV.19} \end{matrix}$$

IV.6. Les différentes étapes :

Tout calcul d'axe doit suivre les étapes suivantes :

- ✓ Détermination, des coordonnées définissant l'axe de la route.
- ✓ L'environnement de la route.
 - *dénivelée cumulée
 - * sinuosité
- ✓ Vitesse de référence V_r
- ✓ Les rayons en plan RH_m , RH_N , RH_d et RH_{nd} .
- ✓ Choix de rayons.
- ✓ Détermination tous les éléments des raccordements circulaires.

- ✓ Détermination des déclivités (profil en long).
- ✓ Cubatures approchées.

IV.6.1. Détermination des coordonnées des sommets :

Dans cette partie nous avons relevé à partir du tracé en plan, les coordonnées planimétriques définissant l'axe de la route, une fois les coordonnées relevées, on calcule les gisements de toutes les directions définissant les alignements droits, on détermine ensuite les angles au centre de chaque raccordement ainsi que les distances entre sommets.

IV.6.2. Détermination de gisements et des angles au centre :

- **Gisement :**

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

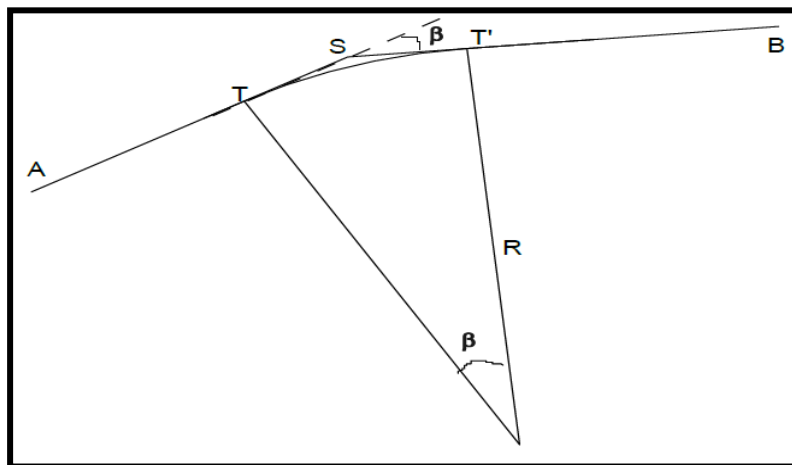


Figure IV.9 : Détermination de l'angle au centre.

Exemple : calcul du gisement de la direction S1S2 :

$$GS_{1S2} = \arctg \frac{\Delta X}{\Delta Y}$$

IV.6.2.2. Distance:

La distance S1S2 est donnée par la relation :

$$S1S2 = \sqrt{(X_{S2} - X_{S1})^2 + (Y_{S2} - Y_{S1})^2} \quad \text{IV.20}$$

- **L'angle au centre :**

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

- **Détermination les éléments des raccordements circulaires :**

Formules de calcul des éléments de raccordement circulaire

➤ La tangente

$$ST = ST' = R * \operatorname{tang} \left(\frac{\beta}{2} \right) \quad \text{IV.21}$$

➤ Bissectrice

$$B_{iss} = R * \left(\frac{1}{\cos \left(\frac{\beta^{rad}}{2} \right)} - 1 \right) \quad \text{IV.22}$$

➤ La développée

$$D = \frac{\pi * \beta^{deg} * R}{180} = \frac{\pi * \beta^{Grad} * R}{200} = R * \beta^{rad} \quad \text{IV.23}$$

➤ La flèche

$$F = R * \left(1 - \cos \left(\frac{\beta^{rad}}{2} \right) \right) \quad \text{IV.24}$$

IV.7- Application notre projet :

-Les coordonnées des sommets de l'axe

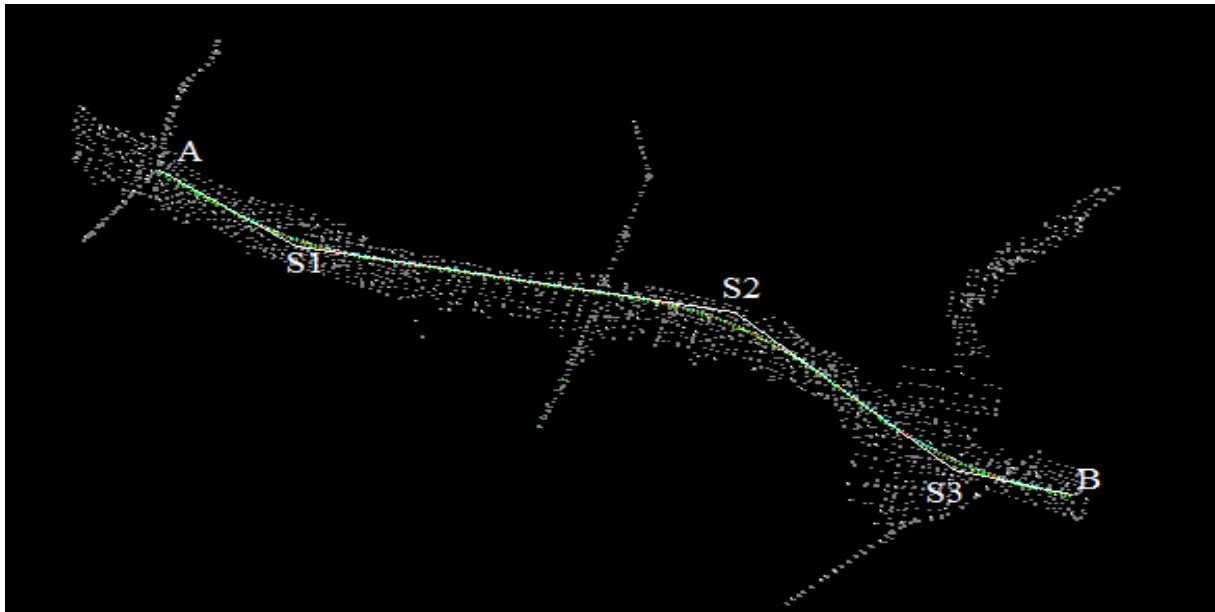


Figure IV.10 : calcul de l'axe.

Tableau IV.6 : les coordonnées des points au sommet de la route

	X(m)	Y(m)
A	1233.5148	2417.1428
S1	1774.4071	2048.4944
S2	3503.4849	1727.9577
S3	4360.6857	0972.1087
B	4827.1875	0841.7777

Les calculs de gisements et des angles au centre sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau IV.7 : Les valeurs des gisements, de distances et des angles aux centres.

Direction	ΔX (m)	ΔY (m)	Gisements (gr)	Angle au centre (gr)	Distance (m)
A-S1	540.8924	-368.6484	GA-S1 138.085		654.5733
S1-S2	1729.0777	-320.5367	GS1-S2 111.669	β_1 26.416	1758.5367
S2-S3	857.2008	-755.849	GS2-S3 146.005	β_2 34.336	1142.8477
S3-B	-466.5018	130.331	GS3-B 117.343	β_3 28.662	484.367
					$\Sigma=4040.3247$

Catégorie 1 (C1) ; Environnement E1 ; Vitesse $V_r = 100 \text{ Km/h}$

Tableau IV.8 : récapitulatif

dmax=	7.00%
dmin=	2.50%
ft=	0.11
dRHN	5%
f''	0.06

➤ **Rayon minimal absolu RHm:**

$$RHm = \frac{V_r^2}{127(d+ft)} = \frac{100^2}{127(0.11+0.07)} = 438 \text{ m}$$

➤ **Rayon minimal normal RHn :**

$$RHn = \frac{(V_r+20)^2}{127(ft+d)} = \frac{(100+20)^2}{127(0.11+0.07-0.02)} = 708.66 \text{ m}$$

➤ **Rayon au dévers minimal RHd :**

$$RHd = \frac{V_r^2}{127(2.dmin)} = \frac{100^2}{127(2 \times 0.025)} = 1574.80 \text{ m}$$

➤ **Rayon minimal non déversé RHnd :**

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127(f''-dmin)} = \frac{100^2}{127(0.06-0.025)} = 2249.72 \text{ m}$$

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

Tableau IV.9 : rayon en plan

Rayon en plan	B40	Calculé
Le rayon minimal absolu : RHm	450	438.00 m
Le rayon minimal normal : RHn	650	708.66 m
Le rayon au divers minimal : RHd	1600	1574.80 m
Le rayon non déversé : RHnd	2200	2249.72 m

➤ **Le choix des rayons**

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

$$R_1= 1400 \text{ m} ; R_2=1500 ; R_3= 1500 \text{ m}$$

➤ **Calcul des éléments des raccordements circulaire :**

- Tableau des résultats

Tableau N° IV.10 : Eléments des raccordements circulaires.

Rayons	Tangente	Développée	Bissectrice	Flèche
R1= 1400 m	294.69m	580.92m	30.68m	30.02m
R2= 1500 m	824.63m	809.02m	56.25m	54.21m
R3= 1500 m	320.58m	675.33m	38.83m	37.85m

Tableau N° IV.11 : Longueur de la clothoïde.

N° virages	Conditions				Lmax	L choisie	$\beta_i/2$	
	Gauchissement	Confort dynamique	Optique	Chevauchement				
	L1	L2	L3	τ				
1	133.00m	21.53m	183.30m	4.184gr	183.30m	184m	13.208 gr	pas de chevauchement
2	133.00m	23.61m	189.74m	4.032gr	189.74m	190m	17.168 gr	pas de chevauchement
3	133.00m	23.61m	189.74m	4.032gr	189.74m	190m	14.331 gr	pas de chevauchement

Tracé en plans

- Tableau des paramètres des trois clothoïde

Tableau N° IV.12 : Eléments de la clothoïde.

Paramètre de la clothoïde		Virage 1	Virage 2	Virage 3
R	Rayon	1400 m	1500 m	1500
L	Longueur de la clothoïde	184 m	190 m	190m
$A = \sqrt{R.L}$	Paramètre de la clothoïde	507.54	533.85	533.85
α	Angle au sommet	173.584 gr	165.664gr	171.338 gr
$\beta = 200-\alpha$	Angle au centre	26.416gr	34.336gr	28.662 gr
$\tau = L/2.R$	Angle des tangentes	4.184gr	4.032gr	4.032gr
$\gamma = 200-\alpha-2 \tau$	Angle au centre partie circulaire	18.048 gr	26.272 gr	20.598 gr
$XKE = L-(L^3 /40.R^4)$	Abscisse de l'extrémité de la clothoïde	183.99 m	189.99 m	189.99 m
$YKE = L^2 /6.R$	Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde	4.03 m	4,01 m	4,01 m
$\sigma = \arctg (YKE/XKE)$	Angle polaire	1.39 gr	1,34 gr	1,34 gr
$L \text{ cercle} = \pi.R.\gamma /200$	Longueur de la partie circulaire	396.896 m	619.019 m	619.019 m
$SL = \sqrt{(X^2KE + y^2KE)}$	Longueur de la corde KA-KE	184.034 m	190.032 m	190.032 m
$XO = XKE - R.\sin \tau$	Abscisse du centre	92.05 m	95.05 m	95.05 m
$YO = YKE + R.\cos\tau$	Ordonnée du centre	1401.01 m	1501.00 m	1501.00 m
$\Delta R = L^2 /24.R$	Ripage	1,01 m	1,00 m	1,00 m
$DT = 2L + L \text{ cercle}$	Développée totale	764.90 m	999.02 m	999.02 m
$T=X_O+(R + \Delta R). \text{Cotg} (\alpha/2)$	Distance S-KA	386.96 m	509.93 m	438.78m
$TL= XKE-(YKE/ \cos\tau)$	Tangente longue	179.75 m	185.97 m	185.97 m
$TK = YKE / \sin \tau$	Tangente courte	61.36 m	63.36 m	63.36 m
Bissectrice	Bissectrice	30.68m	56.25m	38.83m

➤ **Calcul des dévers associés aux rayons de la variante choisie :**

R1=1400m

708.66 ≤ 1400 ≤ 1575.8, le dévers associé « d » est calculé par interpolation entre le dévers associé à RHN et celui associé à RHd

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

$$d(R) = \left(\frac{d(RHN) - d(RHd)}{\frac{1}{RHN} - \frac{1}{RHd}} \right) * \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{RHd} \right) + d(RHd)$$

$$d(R_1) = \left(\frac{0.05 - 0.025}{\frac{1}{708.66} - \frac{1}{1574.8}} \right) * \left(\frac{1}{1400} - \frac{1}{1574.8} \right) + 0.025$$

$$d(R_1) = 0.027 = 2.7\%$$

R2 = R3 = 1500m

708.66 ≤ 1500 ≤ 1575.8, le dévers associé « d » est calculé par interpolation entre le dévers associé à RHN et celui associé à RHd.

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

$$d(R) = \left(\frac{d(RHN) - d(RHd)}{\frac{1}{RHN} - \frac{1}{RHd}} * \frac{1}{R} - \frac{1}{RHd} \right) + d(RHd)$$

$$d(R_1) = \left(\frac{0.05 - 0.025}{\frac{1}{708.66} - \frac{1}{1574.8}} * \frac{1}{1500} - \frac{1}{1574.8} \right) + 0.025$$

$$d(R_1) = 0.026 = 2.6\%$$

➤ **Variation du dévers dans la clothoïde**

Clothoïde 1 :

R1= 1400m

L= 184m

d(R1)= 2.7%

dmin = 2.5%

Δd=5.2%

$$X = \frac{6L}{\Delta d} = \frac{6 \times 184}{5.2} = 212.30 \text{ m}$$

Tableau N° IV.13 : Eléments de la clothoïde 1

L=184.00 m		X=212.30 m	
N profil	xi	dext	dint
KA1	0	-2,50%	-2,50%
P1	20	-1,93%	-2,50%
P2	40	-1,37%	-2,50%
P3	60	-0,80%	-2,50%
P4	80	-0,24%	-2,50%
P5	100	+0.32%	-2,50%
P6	120	+0.89%	-2,50%
P7	140	+1.42%	-2,50%
P8	160	+1.98%	-2,50%
P9	180	+2.54%	-2,50%
KE1	184	+2.70%	-2,50%

Cothoïde 2 ; 3 :

R2=R3 = 1500m

L= 190m

d(R1)= 2.6%

dmin = 2.5%

Δd=5.1%

$$X = \frac{6L}{\Delta d} = \frac{6 \times 190}{5.1} = 223.53 \text{ m}$$

Tableau N° IV.14 : Eléments de la clothoïde2 et 3

L=190.00 m		X=223.53 m	
N profil	xi	dext	dint
KA1	0	-2,50%	-2,50%
P1	20	-1.96%	-2,50%
P2	40	-1.42%	-2,50%
P3	60	-0.88%	-2,50%
P4	80	-0.34%	-2,50%
P5	100	+0.20%	-2,50%
P6	120	+0.74%	-2,50%
P7	140	+1.28%	-2,50%
P8	160	+1.82%	-2,50%
P9	180	+2.36%	-2,50%
KE1	190	+2.63%	-2,50%

V.1. Définition :

Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive, donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne. Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé et une bonne perception des points singuliers. Le profil en long est toujours composé d'éléments de lignes droites raccordés par des paraboles. La figure V.1 ci-après illustre le profil en long de notre projet.

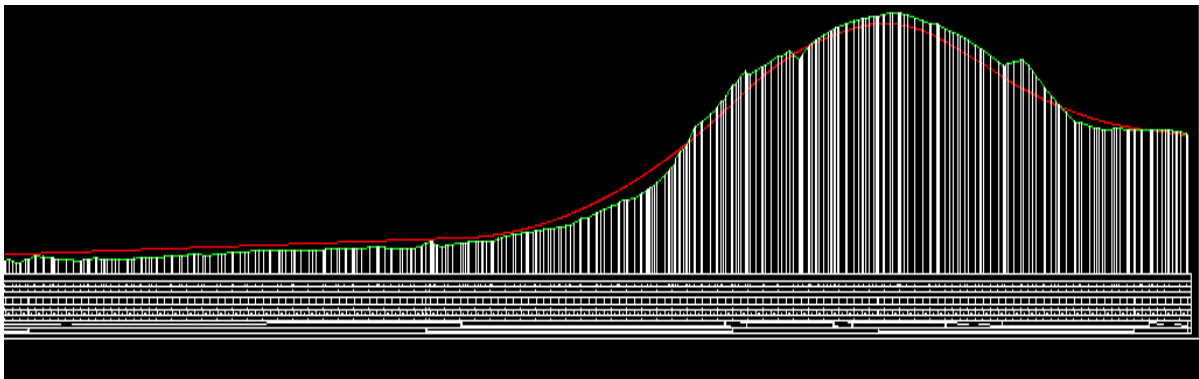


Figure V.1 : Profil en long de notre projet.

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

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

- ✓ Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
- ✓ Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
- ✓ Pour assurer un bon écoulement des eaux, On placera les zones des dévers nul dans une pente du profil en long.
- ✓ Limité la déclivité pour une catégorie donnée ($i \leq I_{max}$)
- ✓ Respecter les règles de déclivités Max et Min (B40).
- ✓ Recherche d'un équilibre entre le volume des remblais et des déblais.
- ✓ Eviter une hauteur excessive en remblai.
- ✓ Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- ✓ 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 de 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.

V.3. Elément géométrique du profil en long :

Le profil en long est composé d'éléments rectilignes par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccordements paraboliques caractérisés par leur rayon. Pour chaque point du profil en long on doit déterminer :

- ✓ L'altitude du terrain naturel
- ✓ L'altitude de la ligne du projet
- ✓ La déclivité de la ligne du projet

V.4. Coordination entre le tracé en plan et le profil en long :

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

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

IV.5. Déclivité :

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

V.5.1. Déclivité minimale :

Dans les tronçons de route absolument horizontaux ou le palier, pour la raison d'écoulement des eaux pluviales car la pente transversale seule ne suffit pas, donc les eaux vont s'évacuer longitudinalement à l'aide des canalisations ayant des déclivités suffisantes leur minimum vaut 0,5% et de préférence 1%.

V.5.2. Déclivité maximale :

La déclivité maximale est acceptée particulièrement dans les courtes distances inférieures à 1500 m. Elle dépend de l'adhérence entre pneus et chaussées qui concernent tous les véhicules, et aussi de la vitesse qu'il provoque qui concerne le poids lourd. L'effort de freinage des lourds est très qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max). Et selon (B40) elle doit être inférieure à une valeur maximale associée à la vitesse de base.

Tableau V.1 : Valeur de déclivité maximale.

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

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

V.6. Les raccordements en profil en long :

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

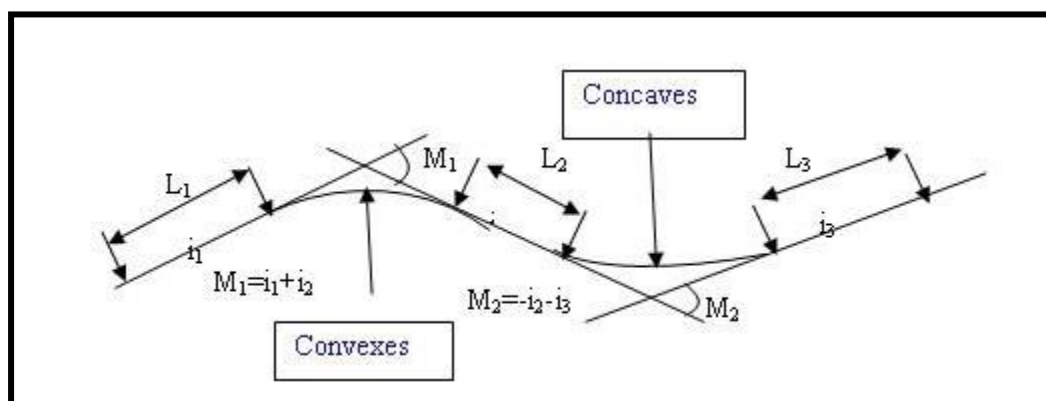


Figure N° V.2 : Eléments géométriques du profil en long.

Remarque: M: égale à la différence de deux déclivités successives munies de leur signe.

V.6.1. Raccordements convexes (angle saillant) :

Les rayons correspondants doivent être dimensionnés au regard des contraintes de sécurité et de visibilité. En fonction des caractéristiques du tracé en plan, on s'attachera à

garantir la visibilité sur obstacle ou pour dépassement. Leur conception doit satisfaire à la condition :

- ✓ Condition de confort.
- ✓ Condition de visibilité.

- **Condition de confort :**

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable. Et pour assurer la condition de confort on limite cette accélération « $g/40$ (cat 1-2) et $g/30$ (cat 3-4-5) ». Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

$$\frac{V_r^2}{R_v} < \frac{g}{40} \quad \text{V.1}$$

Avec : $g = 10 \text{ m/s}^2$ et $V = \frac{V_r}{3.6}$

Pour (cat 1-2) : $R_v \geq 0.30V^2$

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

- **Condition de visibilité :**

C'est une considération essentielle pour la détermination du profil en long. Les hauteurs des obstacles sont des paramètres intervenant dans le calcul des distances de visibilité en point haut et en point bas.

Données :

h_1 : hauteur de l'œil du conducteur = AA'

h_2 : hauteur de l'obstacle = BB'

A' : l'œil du conducteur

D = distance entre conducteur et l'obstacle B'

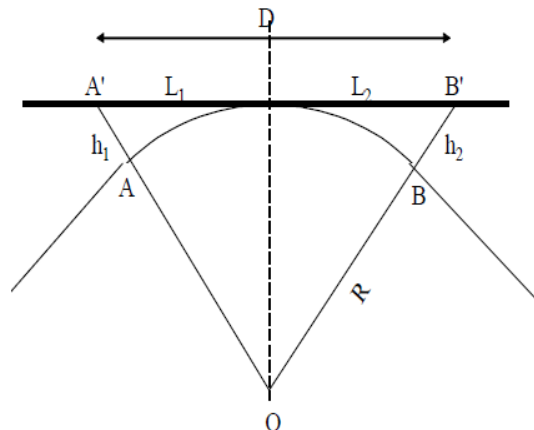


Figure N° V.1 : visibilité « profil en long ».

$$(R + h_1^2)^2 = L_1^2 + R^2 \Rightarrow R^2 + h_1^2 + 2 * R * h_1 = L_1^2 + R^2 \quad \text{V.2}$$

$$(R + h_2^2)^2 = L_2^2 + R^2 \Rightarrow R^2 + h_2^2 + 2 * R * h_2 = L_2^2 + R^2 \quad \text{V.3}$$

$$L_1^2 = h_1^2 + 2 * R * h_1 \text{ et } L_2^2 = h_2^2 + 2 * R * h_2 \quad \text{V.4}$$

$$h_1^2 \text{ et } h_2^2 \text{ sont très petit par rapport à } 2 * R * h_1 \text{ et } 2 * R * h_2 \Rightarrow \begin{cases} L_1 = \sqrt{2 * R * h_1} \\ L_2 = \sqrt{2 * R * h_2} \end{cases}$$

D'autre part, on a approximativement : $L_1 + L_2 \approx D$

$$\begin{aligned} \text{D'où : } \sqrt{2R \times h_1} + \sqrt{2R \times h_2} = D &\Rightarrow \sqrt{2R} (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) = \\ &\Rightarrow 2R (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})^2 = D^2 \end{aligned}$$

$$R_{vm} = \frac{D^2}{2(h_1+h_2+2\sqrt{h_1 \cdot h_2})} \quad \text{V.5}$$

❖ **Pour les chaussées unidirectionnelles :**

Risque de collision avec un obstacle : $h_1 = 1.00\text{m}$, $h_2 = 0.15 \text{ m}$

Avec $d = D$: distance d'arrêt en attention diffuse

$$R_{vn} = 0.26 * d^2 \quad \text{V.6}$$

Les rayons assurant ces deux conditions sont donnés par les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnelle et pour une vitesse de base $V_B=100$ (Km/h) et pour la catégorie 1-2 on a :

Tableau N° V.2: Rayons verticaux en angles saillant.

Vr (km/h)					
Rayons	40	60	80	100	120
Rvm	300	1000	2500	6000	12000
RvN	1000	2500	6000	12000	18000

V.6.1.3.Raccordements concaves (angle rentrant) :

Ces rayons ne posent pas de problèmes de sécurité majeurs mais leur dimensionnement est essentiellement conditionné par des contraintes de confort dynamiques, les conditions de visibilité nocturnes et l'évacuation des eaux de ruissellement. La visibilité du jour dans le cas de raccordement dans les points bas n'est pas déterminante c'est pendant la nuit qu'il faut s'assurer que les phares des véhicules devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation :

$$R'_V = \frac{d_1^2}{(1.5+0.035 \times d_1)} \quad \text{V.7}$$

Avec :

R'_V : Rayon minimum du cercle de raccordement.

d_1 : Distance d'arrêt.

A partir du tableau ci-dessous, on peut déterminer les plus convenables.

Tableau V.3 : Rayon verticaux en angle rentrant.

Vr (km/h)					
Rayons	40	60	80	100	120
Rv'm	500	1200	2400	3000	4200
Rv'N	1200	2400	3000	4200	6000

V.7.Détermination pratique du profil en long :

Dans les études des projets, on assimile l'équation du cercle :

$$X^2 + Y^2 - 2 * R * Y = 0 \quad \text{V.8}$$

A l'équation de la parabole :

$$X^2 - 2 * R * Y = 0 \Rightarrow Y = \frac{X^2}{2 * R} \quad \text{V.9}$$

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

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) des points A et D.
- Donnée La pente P1 de la droite (AS).
- Donnée la pente P2 de la droite (DS).
- Donnée le rayon R.

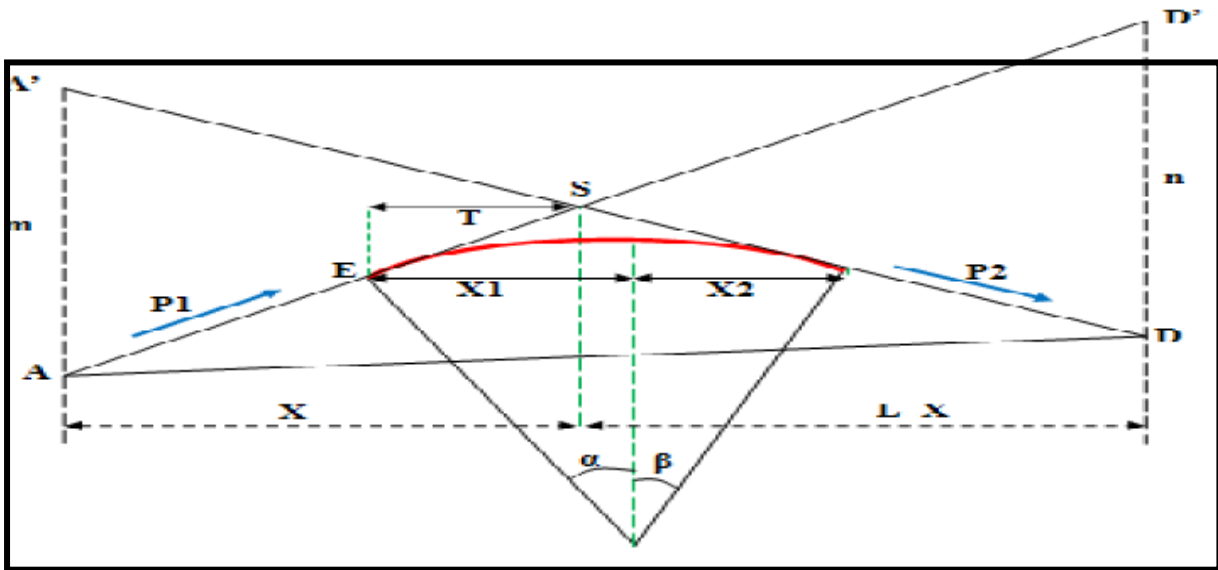


Figure V.4 : Schéma de la courbe du profil en long.

V.7.1. Calcul des éléments de profil en long :

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

On a :

$$ZD' = ZA + L \times P2 \quad ; m = ZA' - ZA \quad V.10$$

$$ZA' = ZD + L \times P1 \quad ; n = ZD' - ZD \quad V.11$$

Les deux triangles SAA' et SDD' sont semblables donc :

$$\frac{m}{n} = \frac{X}{L-X} \Rightarrow X = \frac{mL}{m+n} \Rightarrow \begin{cases} X_s = X + X_A \\ Z_s = P_1 * X + Z_A \end{cases} \quad V.12$$

- **Calcul de la tangente :**

$$T = \frac{R}{2} * |P_1 - P_2| \quad V.13$$

On prend (+) pour les déclivités de sens contraire et (-) pour les déclivités de même sens.

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

$$\begin{cases} X_E = X_S - T \\ Z_E = Z_S - T * P_1 \end{cases} \quad \text{V.14}$$

$$\text{F} \begin{cases} X_F = X_S - T \\ Z_F = Z_S - T * P_2 \end{cases} \quad \text{V.15}$$

- **Projection horizontale de la longueur de raccordement :**

$$L * R = 2 * T \quad \text{V.16}$$

- **Calcul de la flèche :**

$$H = \frac{T^2}{2 * R} \quad \text{V.7}$$

- **Calcul de la flèche et l'altitude d'un point courant M sur la courbe:**

$$M \begin{cases} H_X = \frac{X^2}{2 * R} \\ Z_M = Z_B + X_{P1} - \frac{X^2}{2 * R} \end{cases} \quad \text{V.8}$$

- **Calcul des coordonnées du sommet de la courbe :**

Le point J correspond au point le plus haut de la tangente horizontale.

$$J \begin{cases} X_J = X_E - R * P_1 \\ Z_J = Z_E + X_1 * P_1 * \frac{X_1^2}{2 * R} \end{cases} \quad \text{V.9}$$

$$\text{Avec :} \quad \dots \begin{cases} X_1 = R * P_1 \\ X_2 = R * P_2 \end{cases} \quad \text{V.10}$$

Dans le cas des pentes de même sens le point J est en dehors de la ligne du projet et ne présente aucun intérêt. Par contre dans le cas des pentes de sens contraire, la connaissance du point (J) est intéressante en particulier pour l'assainissement en zone de déblai, le partage des eaux de ruissellement se fait à partir du point J, c'est à dire les pentes des fossés descendants dans les sens J ver A et D.

V.8. Application au projet :

❖ **Cas d'un angle saillant.**

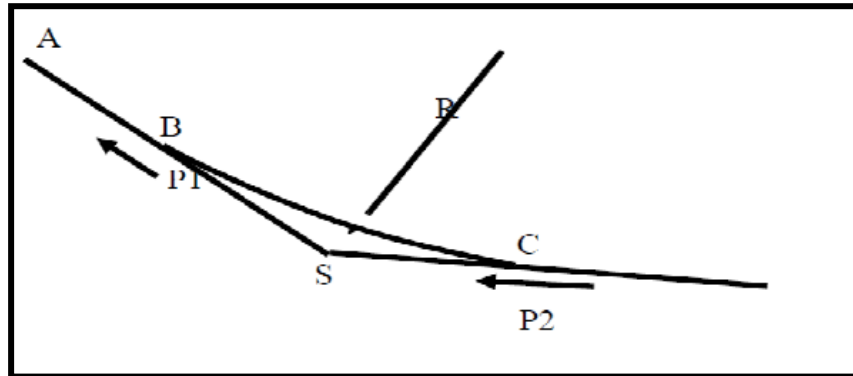


Figure N° V.5 : Schéma d'un rayon concave.

➤ **Rayon minimal absolu R_{vm1} :**

$$R_{vm1} = \frac{d_1^2}{2(h_1 + h_2 + 2\sqrt{h_1 \cdot h_2})} \approx 0.26 \times d_1^2$$

AN: $R_{vm1} = 0.26 \times 159^2 = 6573 \text{ m}$

➤ **Rayon minimal normal R_{vN1} :**

$$R_{vN1} = \frac{d_1^2}{2(h_1 + h_2 + 2\sqrt{h_1 \cdot h_2})} \approx 0.26 \times d_1^2$$

AN: $d_1 = d_0 + 0.5 \times (v + 20) = 159 + 0.5 \times (100 + 20) = 169 \text{ m}$

$$R_{vN1} = 0.26 \times 169^2 = 7426 \text{ m}$$

➤ **Rayon assurant la distance de visibilité de dépassement R_{VD} :**

$$R_{VD} = 0.11 \times d_m^2$$

AN: $R_{VD} = 0.11 \times 400^2 = 17600 \text{ m}$

❖ **Cas d'un angle rentrants :**

➤ **Rayon minimal absolu $R_{vm'}$:**

$$R_{vm'} = 0.33 \times V^2$$

AN: $R_{vm'} = 0.33 \times 100^2 = 3300 \text{ m}$

➤ **Rayon minimal normal R_{vN}' :**

$$R_{vm}' = 0.33 \times (V+20)^2$$

$$\text{AN: } R_{vm}' = 0.33 \times (100 + 20)^2 = 4752 \text{ m}$$

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

Tableau V.4 : Valeurs des différents rayons calculés et selon B40 en profile en long

	Rayon en angle saillant RV		Rayon assurant la distance devisibilité de dépassement dm	Rayon en angle rentrant	
	Minimal absolu	Minimal normal	R_{vD}	Minimal absolu	Minimal normal
	R_{vm1}	R_{vN1}		R'_{vm}	R'_{vN}
Calculé	6573	7426	17600	3300	4752
B40	6000	12000	20000	3000	4200

❖ **Exemple de Calcul de profil en long :**

Tableau V.5 : Exemple de calcul

Points	X (m)	Z (m)
A	105.1122	195.3876
S₁	2535.7567	206.0902
S₂	3055.0895	231.2833
S₃	3342.9588	236.7809
S₄	3809.3866	221.6805
B	4105.1125	217.9286

➤ **Cas d'un rayon concave :**

R = 120000 m

• **Calcul des pentes :**

$$* P_1 = \frac{Z_{S1} - Z_A}{X_{S1} - X_A} \times 100 \quad \Longrightarrow \quad P_1 = \frac{206.0902 - 195.3876}{2535.7567 - 105.1122} \times 100$$

Donc : $P_1 = 0.44\%$

$$* P_2 = \frac{Z_{S1} - Z_{S2}}{X_{S1} - X_{S2}} \times 100 \quad \Longrightarrow \quad P_2 = \frac{206.0902 - 231.2833}{2535.7567 - 3055.0895} \times 100$$

Donc : $P_2 = 4.85\%$

• **Calcul des tangentes :**

$$T = \frac{R}{2} \times |P_2 - P_1| \quad \Longrightarrow \quad T = \frac{120000}{2} \times |(0.0485) - (0.0044)|$$

Donc : $T = 264.6 \text{ m}$

• **La longueur L du raccordement verticale :**

$$L = 2 \times T = 2 \times 264.6 = 529.2 \text{ m}$$

• **Calcul des flèches :**

$$F = \frac{T^2}{2R} \Rightarrow F = \frac{264.6^2}{2 \times 120000} \quad \text{Ce qui implique que } F = 2.91 \text{ m}$$

➤ **Cas d'un rayon convexe :**

R = 6000 m

• **Calcul des pentes :**

$$* P_1 = \frac{Z_{S2} - Z_{S1}}{X_{S2} - X_{S1}} \times 100 \quad \Longrightarrow \quad P_1 = \frac{231.2833 - 206.0902}{3055.0895 - 2535.7567} \times 100$$

Donc : $P_1 = 4.85\%$

$$* P_2 = \frac{Z_{S2} - Z_B}{X_{S2} - X_B} \times 100 \quad \Longrightarrow \quad P_2 = \frac{231.2833 - 236.7809}{3055.0895 - 3342.9588} \times 100$$

Donc : $P_2 = 1.91\%$

- **Calcul des tangentes :**

$$T = \frac{R}{2} \times |P_2 - P_1| \Rightarrow T = \frac{6000}{2} \times |(0.0191) - (0.0485)| \text{Donc : } T = 88.2\text{m}$$

- **La longueur L du raccordement verticale :**

$$L = 2 \times T = 2 \times 88.2 = 176.4 \text{ m}$$

- **Calcul des flèches :**

$$F = \frac{T^2}{2R} \Rightarrow F = \frac{88.2^2}{2 \times 6000}$$

$$\text{Donc : } F = 0.65 \text{ m}$$

Tableau V.6 : Les rayons, tangentes, longueur du raccordement verticale, flèches du profil en long

déclivités	Rayons(m)	Tangentes (m)	longueur du raccordement verticale	Flèches(m)
+0.44%	120000	264.6	529.2	2.91
+4.85%				
+4.85%	6000	88.2	176.4	0.65
+1.91%				
+1.91%	4000	246	492	7.56
-3.20%				
-3.20%	12000	120	240	0.6
-1.20%				

VI.1. Définition :

C'est une coupe transversale suivant le plan vertical et perpendiculaire à l'axe de la route. Les profils en travers ont une importance particulière ils permettent :

- ✓ Le calcul des surfaces remblais et déblais.
- ✓ La représentation du corps de chaussée.
- ✓ La représentation des relèvements des virages.

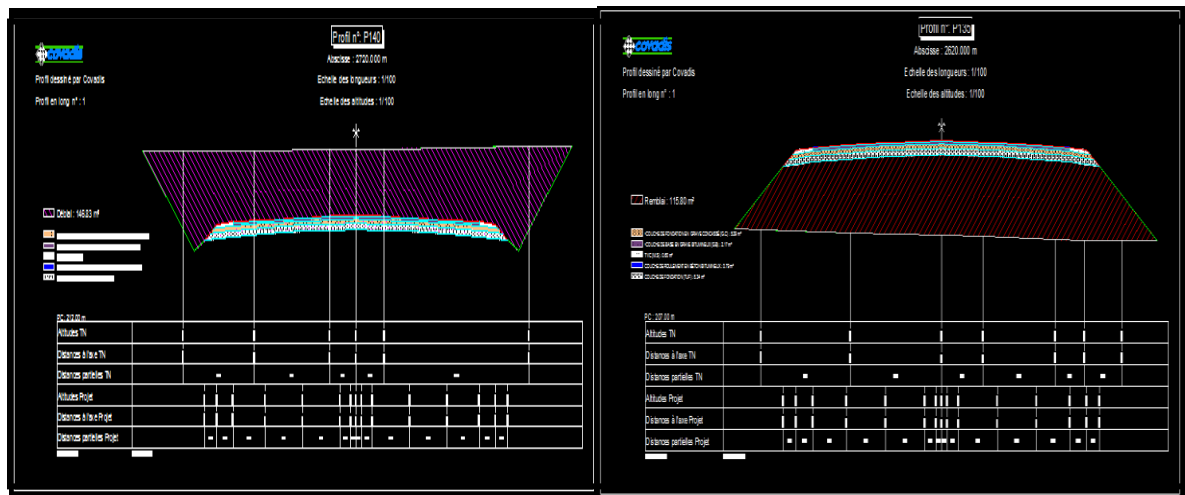


Figure VI.1 : profils en travers type

VI.2. Différents types de profil en travers :

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

- ✓ profil en travers type.
- ✓ profil en travers courants.

VI.2.1. Profil en travers type :

- **Définition :**

C'est une pièce dessinée de base des projets de route nouvelle, il représente une section transversale dans le corps de la chaussée. Étant composé en trois couches (couche de roulement, couche de base, couche de fondation).

On a pris 6 profils en travers avec l'épaisseur du corps de chaussée :

- ✓ Un profil en alignement droit en déblai.
- ✓ Un profil en alignement droit en remblai.
- ✓ Un profil en alignement droit mixte.
- ✓ Un profil déversé en remblai.
- ✓ Un profil déversé en déblai.
- ✓ Un profil mixte déversé.

- Les éléments constituant un profil en travers type :

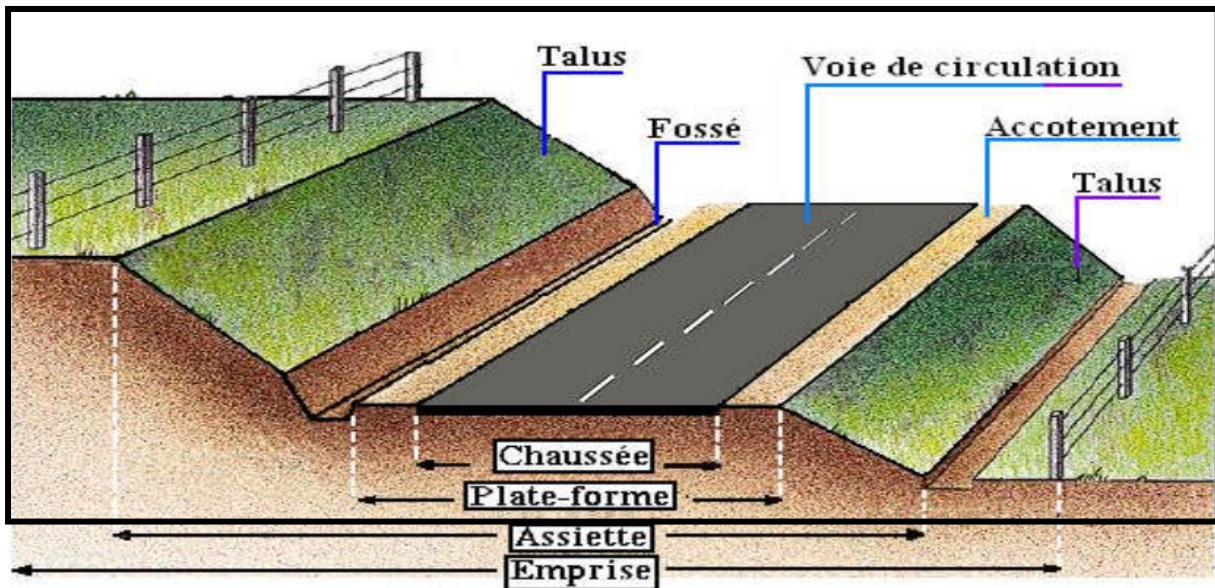


Figure VI.2 : éléments du profil en travers.

- **La Chaussée** : Surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules. Elle est constituée d'une ou plusieurs voies de circulation.
- **L'emprise** : Partie du terrain qui appartient à la collectivité et affectée à la route ainsi qu'à ses dépendances.
- **L'assiette** : Surface du terrain réellement occupée par la route.
- **Plate-forme** : Surface de la route qui comprend la chaussée et les accotements.
- **Les Accotements** : Zones latérales de la plate-forme qui bordent extérieurement la chaussée.

L'accotement est constitué de la bande d'arrêt d'urgence et de la berme :

a) Bande d'arrêt d'urgence : Elle facilite l'arrêt d'urgence hors chaussée d'un véhicule, elle est constituée à partir du bord géométrique de la chaussée et elle est revêtue.

b) La berme : Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations...). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

- **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.
- **Les trottoirs** : Dans les agglomérations les accotements sont spécialement aménagés pour la circulation des piétons, ils prennent le nom de trottoir.

- **Banquette :** Lorsque le bord de l'accotement d'une route en remblai est plus de 1,00m au dessus du sol naturel, on réduit les risques d'accident en établissant une levée de terre appelée banquette de nos jours les banquettes sont remplacées par des glissières de sécurité.
- **Le fossé:** C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et talus et les eaux de pluie.
- **Le talus:** Le talus est l'inclinaison de terrain qui dépend de la cohésion des sols qui le constitue.

Cette inclinaison exprimé par une fraction (A/B) telle que :

A : la distance sur la base du talus.

B : la hauteur du talus

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

VI.2.2. Le profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à des distances régulières (10, 15, 20,25m...) qui servent à calculer les cubatures.

VI.3. Conclusion :

Après l'étude de trafic, le profil en travers type retenu pour notre route sera composé d'une chaussée bidirectionnelle.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- ✓ Une chaussée bidirectionnelle de 7m de largeur ($3.50 \times 2 = 7.00\text{m}$)
- ✓ Une bande d'arrêt d'urgence de largeur ($3.00 \times 2 = 6.00\text{m}$)
- ✓ Un accotement de 1.5m de part et d'autre de la chaussée : $2 \times 1.5 = 3.00 \text{ m}$.

VII.1. Introduction :

Le dimensionnement des chaussées a pour objet de déterminer l'épaisseur et la nature des différentes couches nécessaires. Après avoir terminé avec les études techniques relatives à la fixation des principaux paramètres de conception géométrique de la route, nous abordons le volet dimensionnement de chaussée. Il s'agit de retenir la structure de chaussée la plus économique et la plus adaptée au projet sur la base des données relatives à la nature de sol traversés, des types de matériaux et des conditions climatiques.

VII.2. Les efforts dus aux véhicules :

Des études complexes ont montré qu'un véhicule transmettait à la chaussée :

- ✓ Des forces verticales dues au poids du véhicule entraînant un poinçonnement en cas de stationnement prolongé.
- ✓ Des efforts tangentiels dus à l'effort du moteur pour faire avancer le véhicule, à l'effort inverse en cas de freinage et à la résistance aux efforts transversaux (force centrifuge).
- ✓ Des forces dynamiques dues aux vibrations des véhicules (mouvement relatif entre les roues et le châssis par l'intermédiaire des amortissements).
- ✓ Il existe enfin une cause importante de l'usure des chaussées qui est la répétition de passage des charges. La route se fatigue au fur et à mesure d'une façon irréversible.

Il est intéressant de signaler que les actions des agents atmosphériques collaborant à l'usure de la structure de la chaussée provoquée par l'infiltration d'eau et la variation journalière et saisonnière de la température.

VII.3. Résistance des sols de fondation :

La connaissance du sol de fondation est indispensable pour déterminer la résistance d'une chaussée. En effet suivant la résistance propre du sol on sera amené à diminuer ou à augmenter l'épaisseur de la chaussée. Il faut noter que la présence de l'eau dans le sol rend difficiles tous calculs théoriques car cette eau peut provoquer des modifications importantes de certains sols et causer des désordres très graves en cas de gel. Enfin, le compactage du sol de fondation peut améliorer sa résistance.

VII.4. Définition de la chaussée :

La chaussée est une structure multicouche de type souple, rigide et semi-rigide de matériau granulaire traité ou non, avec des liants hydrocarbonés ou des liants hydrauliques.

Cette structure a pour rôle d'encaisser les charges horizontales et verticales et les transmettre au sol support.

VII.5. Les différentes structures de chaussée :

Selon le fonctionnement mécanique de la chaussée, on distingue généralement les trois types de structures suivants :

- chaussée souples,
- chaussées semi-rigides,
- chaussées rigides,

VII.5.1. Chaussées souples :

Les chaussées souples constituées par des couches superposées des matériaux non susceptibles de résistance notable à la traction. Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformable que les couches inférieures. Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini.

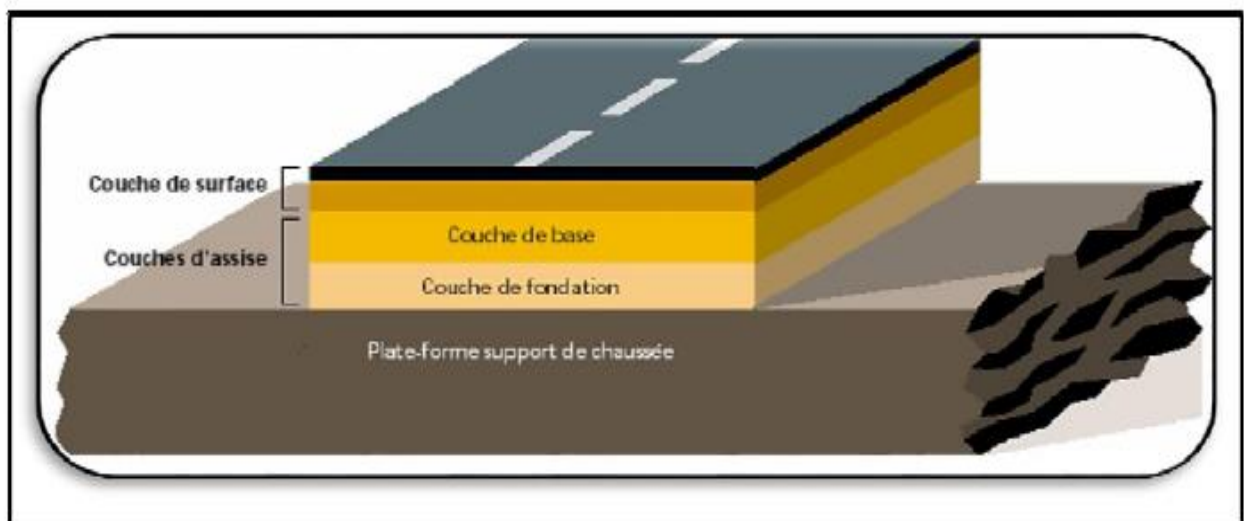


Figure VII.1 : Structure type d'une chaussée souple.

En principe une chaussée peut avoir en ordre les 04 couches suivantes :

1/ Couche de roulement (surface) :

la couche de surface constituant la chape (couche de surface) protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et confort des usagers. La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement

provoqués par la circulation. La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides. L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8 cm.

2/ Couche de base :

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic ainsi lâche de sol, elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes. L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.

3/Couche de fondation :

Complètement en matériaux non traités (en Algérie) elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic. Assurer une bonne unie et une bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle a le même rôle que celui de la couche de base.

4/Couche de forme :

la couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristique aléatoires et dispersées des matériaux de remblais ou de terrain naturel aux caractéristique mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée. Elle n'y est utilisée que pour opérer de corrections géométriques et améliorer la portance du sol support à long terme. L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm.

VII.5.2. Les chaussées semi-rigides :

Elles comportent une couche de surface bitumineuse reposant sur une assise en matériaux traités aux liants hydrauliques disposés en une couche (base) ou deux couches (base et fondation). Dans le cas d'une chaussée neuve, la structure type est illustrée sur (la figure VII.2).

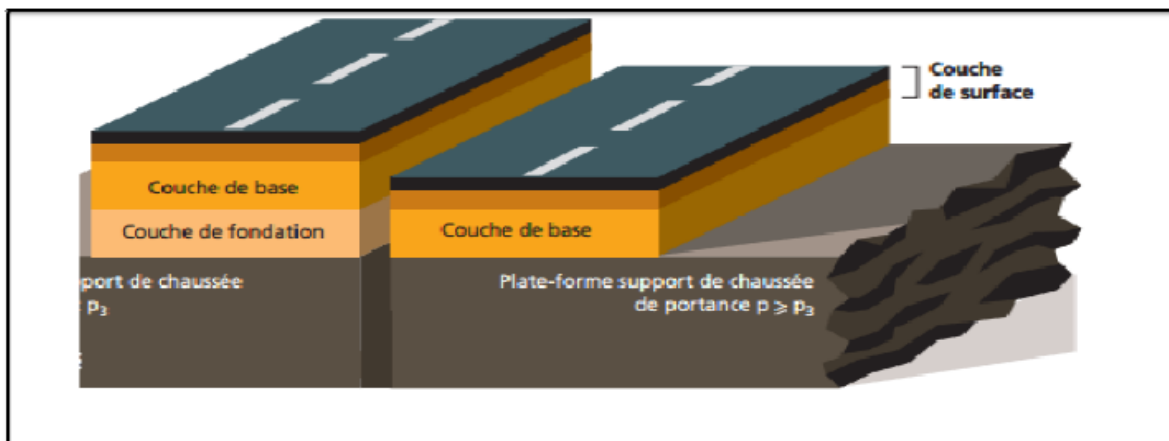


Figure VII.2 : Structure type d'une chaussée semi-souple.

VII.5.3. 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 un grave stabilisé mécaniquement, un grave traité aux hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques. Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie.

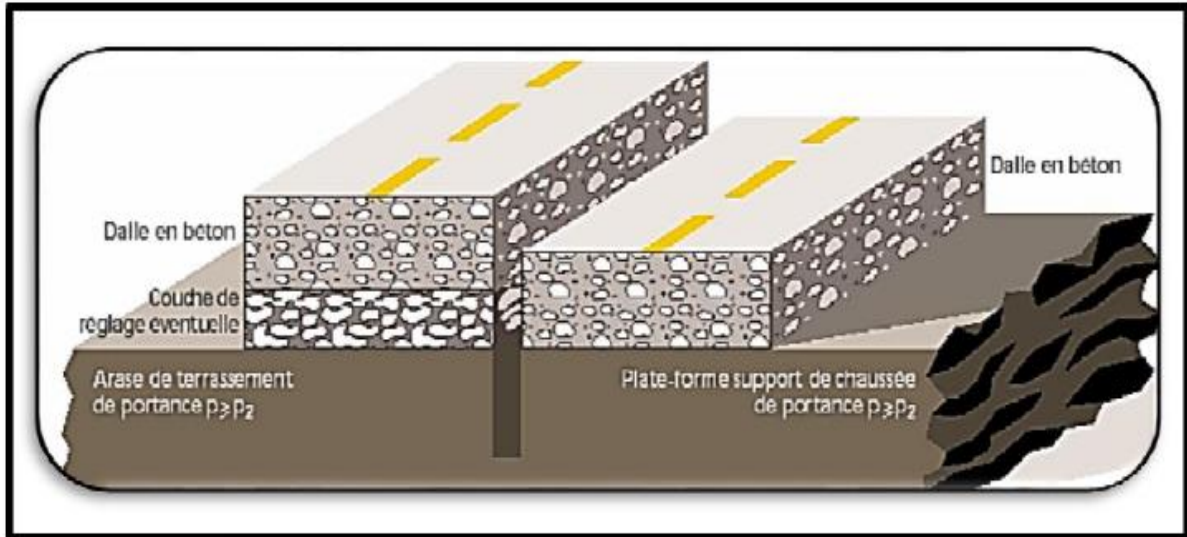


Figure VII.3 : Structure type d'une chaussée rigide.

- Le schéma ci-dessous représente les différents types de chaussées :

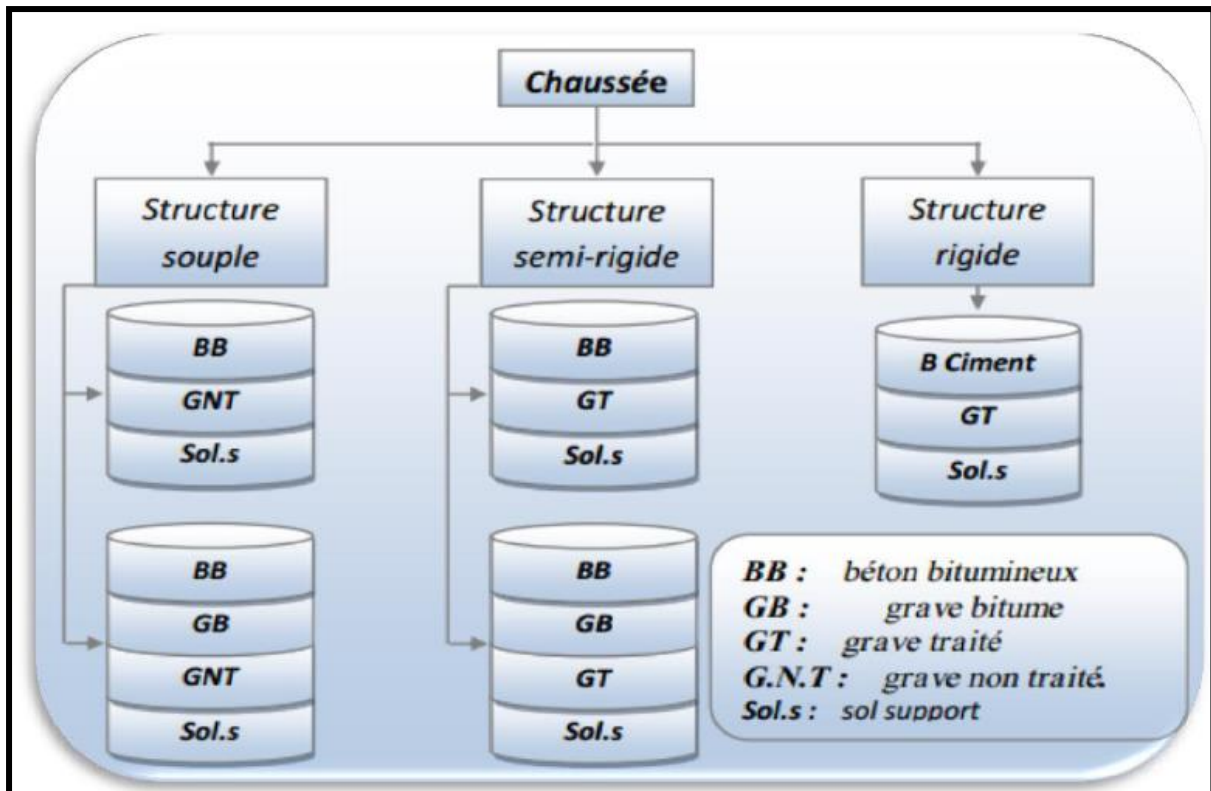


Figure VII.4 : Schéma récapitulatif types de chaussée.

VII.6. Choix du type de chaussée :

La recherche de l'économie implique donc l'utilisation des matériaux à limite de leur résistance mécanique sans qu'il y ait déformation. On retiendra dans notre projet le type de chaussées souple :

- ✓ Elles sont économiques.
- ✓ Elles sont les plus employées dans la voirie urbaine car les charges et le trafic, ne sont pas importantes.
- ✓ Elles permettent l'utilisation des matériaux locaux.
- ✓ Elles sont antidérapantes même mouillé.
- ✓ Leur mise en place et leur entretien est facile.
- ✓ Elles représentent une surface agréable au roulement

VII.7. Les paramètre de dimensionnement :

Bien que performant, les logiciels utilisés pour le dimensionnement nécessitent la maîtrise des paramètres caractérisant :

- **Trafic :**

Le trafic à prendre en compte dans le dimensionnement des chaussées est le trafic cumulé poids lourds N (en nombre d'essieux standard).

- **Environnement :**

L'environnement extérieur de la chaussée est l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, la température a une influence marquée sur les propriétés des matériaux bitumineux et conditionne la fissuration des matériaux traités par des liants hydrauliques.

- **Les matériaux :**

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois.

- **Les sols de plate-forme :**

La plate-forme supporte les charges transmises par les autres couches de la chaussée sans subir de dommages.

VII.8. Principales méthodes de dimensionnement :

On distingue deux familles des méthodes :

- ✓ Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.
- ✓ Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Les méthodes du dimensionnement de corps de chaussée les plus utilisées sont :

- La méthode de C.B.R (California -Bearing - Ratio),
- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves,
- Méthode du catalogue des structures,
- La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées).

Pour le dimensionnement du corps de chaussée dans notre projet on va utiliser La méthode C.B.R.

VII.9. Méthode de C.B.R (CALIFORNIA – BEARING – RATIO) :

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90 à 100%) de l'optimum Proctor modifié. Pour que la chaussée tienne, il faut que la contrainte verticale répartie, suivant la théorie de BOUSSINESQ, soit inférieure à une contrainte limite qui est proportionnelle à l'indice C.B.R. L'épaisseur est donnée par la formule suivante :

$$e = \frac{100 + \sqrt{P} \left(75 + 50 \log \frac{N}{10} \right)}{I_{CBR} + 5} \quad \text{VII.1}$$

Avec :

- E: épaisseur équivalente
- I.C.B.R. : indice C.B.R. (sol support)
- N: désigne le nombre journalier de poids lourd à vide à l'année horizon
- P: charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t)
- Log: logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$$e = \sum_{i=1}^n a_i * e_i \quad \text{VII.2}$$

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

Où :

- a_1, a_2, a_3 : coefficients d'équivalence de matériau par référence à un grave concassé.
- e_1, e_2, e_3 : épaisseurs réelles des couches.

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

Tableau VII.1: les coefficients d'équivalence pour chaque matériau

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse et T.V.O	0.75
Sable	0.50
Grave bitume GB	1.50
Tuf	0.60

VII.10. Application au projet :

Les données mises à notre disposition sont :

- Trafic de l'année de comptage 2012, TJMA 2012 = 11702 v/j
- Année de mise en service : 2016, TJMA 2016 = 13690 v/j
- Le taux de croisement est de 4 %
- Pourcentage du poids lourd est Z=35 %

Méthode de l'indice CBR :

❖ **Données de l'étude :**

- Année de mise en service : 2016 TJMA 2016=13690v/j.
- Année horizon 2036 : TJMA 2036=29997 v/j.
- Pourcentage de poids lourds est Z= 35%.
- $N(PL) = 29997 \times 0.35 = 10500$ PL/j/sens.
- $P = 6.5$ t
- Indice ICBR = 5

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

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6.5}) \left(75 + 50 \log \frac{10500}{10} \right)}{5 + 5} = 68 \text{ cm}$$

❖ **Calcul de l'épaisseur de chaque couche :**

Pour proposer le dimensionnement de la structure de notre chaussée, il nous faut résoudre l'équation suivante : $e = (e_1 \times a_1) + (e_2 \times a_2) + (e_3 \times a_3) + (e_4 \times a_4) = 68 \text{ cm}$

• **couche de roulement en béton bitumineux (BB) :**

$$e_1 = 6 \text{ cm} \quad a_1 = 2.00 \quad \Longrightarrow \quad e_1 \times a_1 = 6 \times 2 = 12 \text{ cm}$$

• **couche de base en grave bitumineux (GB):**

$$e_2 = 12 \text{ cm} \quad a_2 = 1.50 \quad \Longrightarrow \quad e_2 \times a_2 = 12 \times 1.50 = 18 \text{ cm}$$

• **couche de fondation en Grave concassé GC:**

$$e_3 = 20 \text{ cm} \quad a_3 = 1.00 \quad \Longrightarrow \quad e_3 \times a_3 = 20 \times 1.00 = 20 \text{ cm}$$

$$e_{eq} = (e_1 \times a_1) + (e_2 \times a_2) + (e_3 \times a_3) + (e_4 \times a_4)$$

$$68 = 2 \times 6 + 1.5 \times 12 + 1 \times 20 + 0.6 \times e_4$$

$$e_4 = (68 - 50) / 0.6 = 30 \text{ cm} \quad \Longrightarrow \quad e_4 = 30 \text{ cm}$$

➤ Donc la structure proposée : **12 BB + 18 GB + 20 GC + 18 TUF.**

Tableau VII.1: l'épaisseur de chaque couche

Couches	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (ai)	Épaisseur équivalente (cm)
BB	06	02	12
GB	12	1.5	18
GC	20	01	20
TUF	30	0.60	18

• **Remarque :**

a)- BBME (Béton Bitumineux à Module élevé) :

Ces BBME constituent une évolution des enrobés épais permettant de mieux répondre aux attentes en matière de résistance à l'orniérage et de comportement mécanique face à l'accroissement des sollicitations lourdes. L'augmentation des performances s'est faite par l'emploi de bitume de grade plus dur, d'ajouts de polymères, d'additifs spéciaux tels que poudre d'asphalte ou fibre. La densité du béton bitumineux à module élevé **BBME** est de 2.6 t/m³.

b)-EME (Enrobé bitumineux à module élevé) :

C'est un enrobé hydrocarboné à chaud caractérisé par un module de rigidité plus élevé que celui de la grave bitume et destiné à la réalisation des couches d'assises (fondation et base).

Les enrobés à chaud pour couche d'assise appartiennent soit à la famille des graves bitume (GB) soit à la famille des enrobés à modulé élevé (EME). La densité de l'enrobé à module élevé **EME** est de 2.65 t/m³.

b)-1 : Objectifs des EME :

b)-1-1 : Amélioration des performances mécaniques :

- Module.
- Comportement en fatigue.
- Forte résistance à l'orniérage.

b)-1-2 : Optimisation technique et économique :

- Epaisseur de plus en plus mince.
- Meilleure réponse à l'augmentation des sollicitations du trafic (charges, réparation, croissance,..)
- Nouvelle structure, notamment en renforcement de structure.
- Réduction des travaux annexes (ex : passage de canalisation, limite la hauteur de rehausse des rails des sécurités, des ouvrages en bordure.....).

b)-1-3 : Economie de matériaux, longévité accrue :

b)-2 : Domaine d'emploi :

- Routes plutôt à fort trafic.
- support de portance suffisante pour le comptage.
- structure bitumineuse épaisse.
- Renforcement.
- Réfection voie lourde.
- Voie dédiée.
- Épaisseur : 6 à 8 cm (0/10) ; 7 à 13 cm (0/14) ; 9 à 15 cm (0/20).

Les EME 2 sont utilisés depuis plus de 15 ans, ils constituent un excellent matériau structurant : Compromis : dureté /souplesse / non déformabilité /durabilité.

c) GNT : (Grave non traité) :

-Gabarit de la chaussée :

- ✓ Chaussée 2 x (2 x 3.50) m Pente : 2.5 %
- ✓ Bande d'arrêt d'urgence **BAU**..... 2 x 3 mPente : 2.5%
- ✓ Accotement 2 x 1.5 mPente : 4 %
- ✓ Dispositif de retenue à l'axe **DBA**0.5 m
- ✓ Dispositif de retenue en rive **GBA**..... 2 x 0.3 m

- **Remarque :**

1) La bande d'arrêt d'urgence (BAU) :

Est une zone dégagée de tout obstacle, sur autoroute entre autres, et généralement bordée à l'extérieur d'une berme engazonnée. Elle est spécialement réalisée pour permettre, en cas de nécessité, l'arrêt ou le stationnement des véhicules. Cette zone correspond à la bande dérasée qui peut être rencontrée sur les autres types de routes.

2) Les séparateurs doubles en béton adhérent (DBA) :

Mêmes caractéristiques que les séparateurs simples, mais avec un profil symétrique, 80 cm de hauteur et 60 cm de largeur à la base. Leur poids est d'environ 700 kg par mètre linéaire.

Ces dispositifs offrent une remarquable résistance au franchissement. En effet, le "béton adhérent" est coulé en place et solidarisé avec la chaussée, constituant ainsi un ouvrage particulièrement résistant aux chocs. Il est significatif que le Service d'Études techniques des routes et autoroutes ait retenu un seuil de trafic "poids lourds" comme critère de mise en place des structures en béton. De ce fait, les séparateurs en béton ont connu un développement important depuis leurs premières apparitions en 1975, jusqu'à équiper 1 000 km de routes et d'autoroutes chaque année.

3) Les séparateurs simples en béton adhérent (GBA) :

Dispositifs coulés en place et constitués d'un muret en béton de profil dissymétrique de 80 cm de hauteur et de 48 cm de largeur à la base, faiblement armés à leur partie supérieure par deux fers filants. Leur poids est d'environ 625 kg par mètre linéaire.

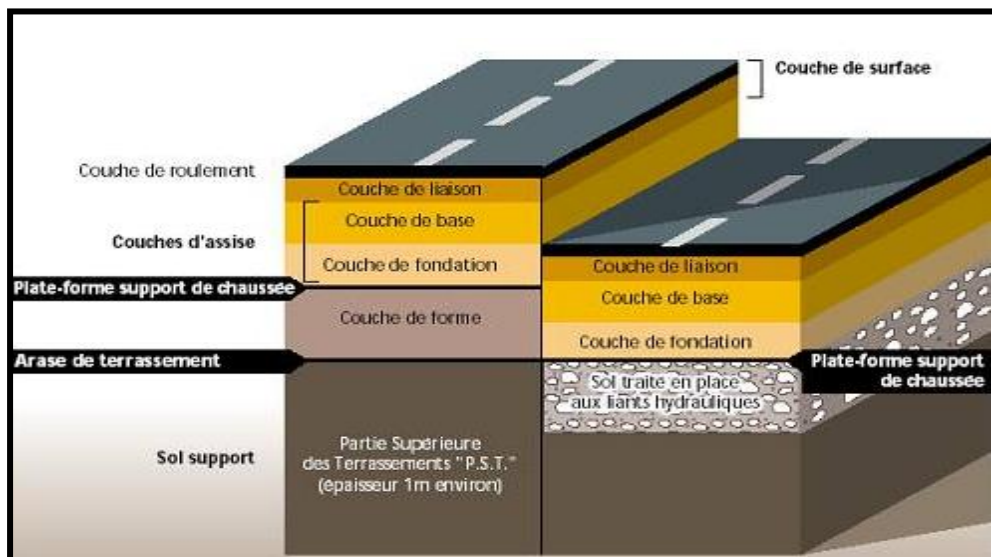


Figure VII.5 : les différentes couches qui constituent la structure de la chaussée

VIII.1. Introduction :

Les mouvements des terres désignent tous les travaux de terrassement, et ils ont objectif primordial de modifier la forme du terrain naturel pour qu'il soit disponible à recevoir des ouvrages en terme général. Ces actions sont nécessaires et fréquemment constatées sur les profils en longs et les profils en travers. La modification de la forme du terrain naturel comporte deux actions, la première s'agit d'ajouter des terres (remblai) et la deuxième s'agit d'enlever des terres (déblai). Le calcul des volumes des déblais et des remblais s'appelle (les cubatures des terrassements).

VIII.1.1. Définition :

On définit les cubatures par le nombre des cubes de déblais et remblais que comporte le projet à fin d'obtenir une surface uniforme sensiblement rapprocher et sous adjacente à la ligne rouge de notre projet. Le profil en long et le profil en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes joignent ces points différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

VIII.2. Méthode de calcul des cubatures :

Les cubatures sont les calculs effectués pour avoir les volumes des terrassements existants dans notre projet. Les cubatures sont fastidieuses, mais il existe plusieurs méthodes de calcul des cubatures qui simplifie le calcul. Le travail consiste à calculé les surfaces (SD) et (SR) pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet. On utilise la méthode **SARRAUS**, c'est une méthode simple qui se résume dans le calcul des volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs.

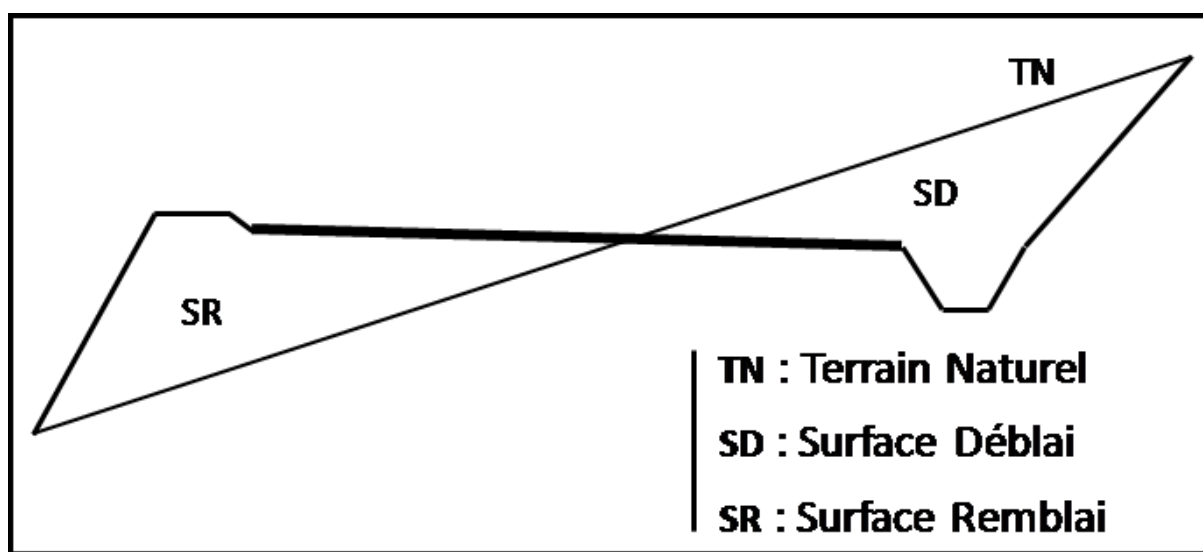


Figure VIII.1 : Profil en travers mixte.

VIII.2.1. Méthode de Mr SARRAUS :

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

$$V = \frac{L}{6} (S_1 + S_2 + 4 * S_{MOY}) \quad \text{VIII.1}$$

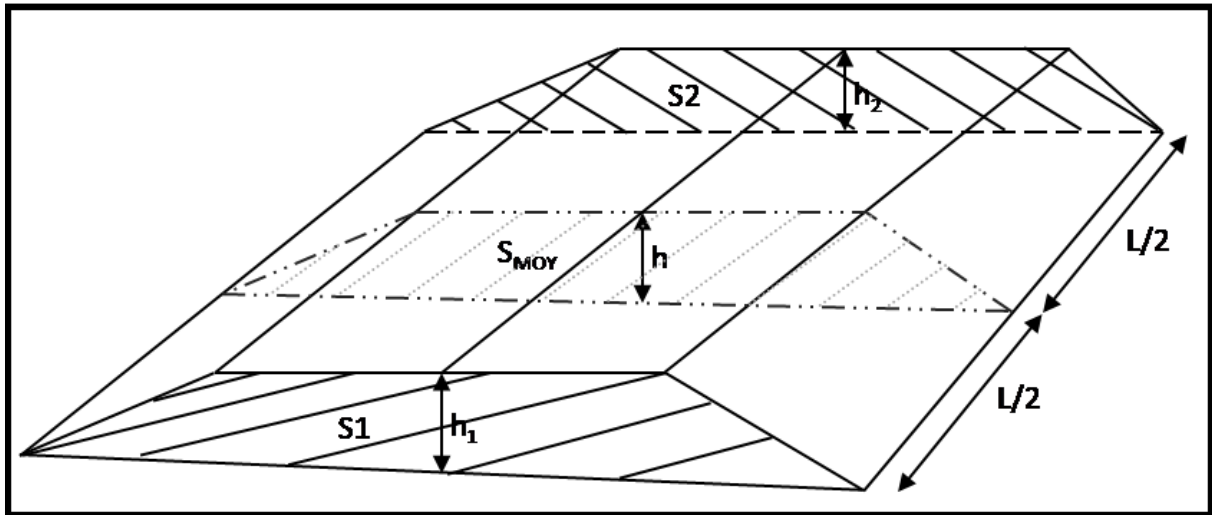


Figure VIII.2 : Formule de MR Sarraus.

- ✓ S1 et S2 : les surfaces des sections parallèles.
- ✓ h : la hauteur ou la distance entre ces deux sections.
- ✓ S_{Moy} : la section équidistante des deux bases.
- ✓ L : Longueur entre les sections S1 et S2.

Le volume V sera soit totalement en déblai soit totalement en remblai.

Exemple :

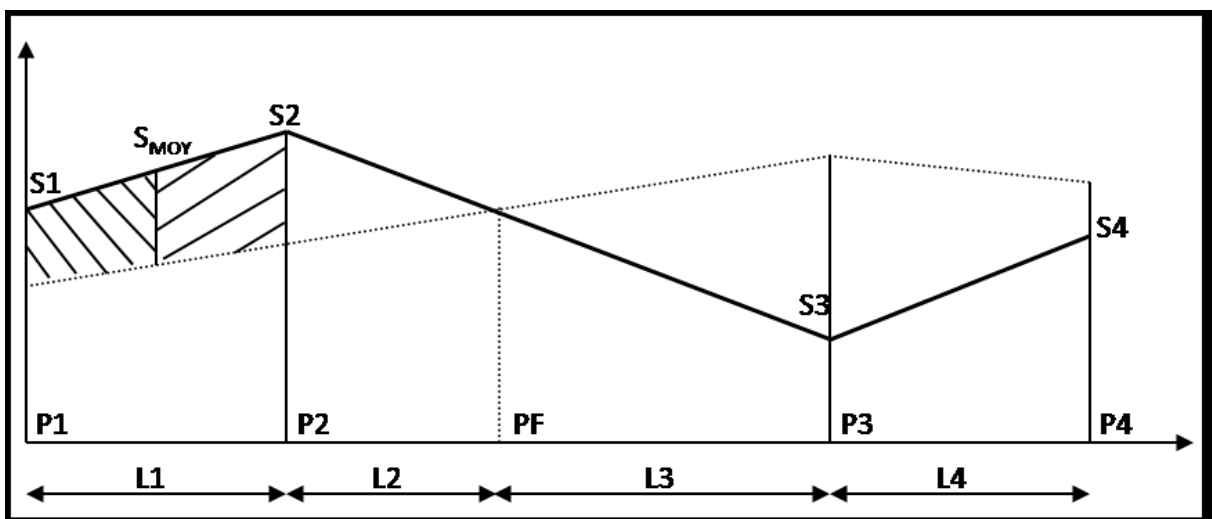


Figure VIII.3 : Profil en long.

- PF: profil fictif, surface nulle.
- Si: surface de profil en travers Pi.
- Li : distance entre ces deux profils.
- SMOY : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li).

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

Ceci donne
$$V_i = \frac{L}{2}(S_i + S_{i+1}) \quad \text{VIII.2}$$

Donc les volumes seront :

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

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

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

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

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

$$V = \frac{L_1}{2}S_1 + \frac{L_1+L_2}{2}S_2 + \frac{L_2+L_3}{2} \times 0 + \frac{L_3+L_4}{2}S_3 + \frac{L_4}{2}S_4 \quad \text{VIII.3}$$

Où :

$$\frac{L_1}{2}, \frac{L_1+L_2}{2} \quad \text{Sont appelées : longueurs d'applications}$$

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

VIII.2.2. Méthode classique :

Dans cette méthode on distingue deux différentes sous méthodes de calcul dont la première est celle dite de GULDEN où les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application au droit de leur centre de gravité, prenant en compte la courbure au droit de profil.

Mais dans l'autre méthode classique les quantités des profils sont multipliées par la longueur d'application à l'axe (indépendant de la courbure).

Pour notre calcul automatique des courbures par le logiciel COVADIS nous avons utilisé la méthode de GULDEN.

IX.1. Introduction

On sait que les traces d'une route comme toutes les autres voies de communication se composent d'alignement droit raccordé par des courbes circulaires ou progressives en tenant compte des points de passage obligés de relief du terrain des obstacles rencontrés pour implanter un alignement droit, deux points principaux suffisent entre lequel il est facile de mettre en place des points intermédiaires, par contre implanter une courbes on a besoin d'un certain nombre de points et il existe plusieurs méthodes d'implantation :

- Implantation par abscisses et ordonnées sur la tangente.
- Implantation par abscisses et ordonnées sur la corde.
- Implantation par rayonnement classique.
- Implantation par coordonnées polaires.

IX.2. Plan de piquetage des axes des voies :

C'est le plan où figurent tous les renseignements qui peuvent servir à la matérialisation des voies ainsi que les sommets des courbes.

IX.3. Implantation planimétrique des sommets des alignements :

1/ Par rayonnement :

On stationne un point connu avec un théodolite et après avoir fait une orientation sur un point pris comme référence (affichage du gisement), on affiche le gisement du point à implanter et on reporte ensuite sur cette direction la distance correspondante jusqu'à matérialiser le point.

2/ Par intersection :

Le procédé consiste à implanter des points connaissant leur distance à un point connu et leur orientation par rapport à une direction connue.

3/ Par coordonnées polaires :

Le procédé consiste à implanter des points connaissant leur distance à un point connu et leur orientation par rapport à une direction connue.

IX.4. Implantation de courbes :

1/ Raccordement circulaire :

Pour implanter un raccordement circulaire, il faut implanter au préalable les alignements droits adjacents et leur intersection. La valeur du rayon R est une donnée, l'angle au centre β est calculé.

Après l'implantation des alignements, on implante les points de tangences T, T' et le sommet M de la courbe à partir du sommet S. Plusieurs méthodes d'implantation peuvent être utilisées pour l'implantation de la partie circulaire

Méthode d'implantation :

- Par Abscisses et ordonnées sur la tangente :

$$XI = R * \sin(I_V) \quad \text{IX.1}$$

$$YI = R[1 - \cos(I_V)] \quad \text{IX.2}$$

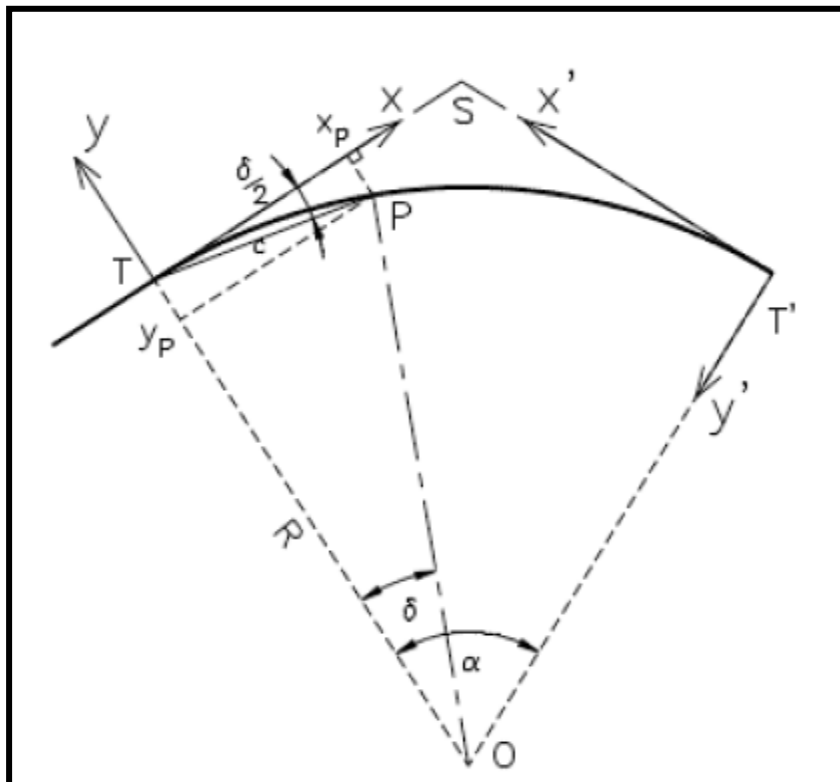


Figure IX.1 : Implantation partie circulaire.

- Par Abscisses et ordonnées sur la corde :
 - a)-origine : point de tangence.
 - b)-origine : milieu de la corde.

- Par coordonnées polaires.

2/ Raccordement progressif :

Le piquetage peut être réalisé soit par coordonnées rectangulaires à partir des tangentes, soit par la méthode des cordes et angles. Ce sont surtout les appareils de mesure dont on dispose qui fixeront le choix du procédé. Tandis que le piquetage par les coordonnées

rectangulaires peut se faire à l'aide d'un jalon, d'un ruban métrique et d'une équerre optique, un théodolite est nécessaire pour appliquer la méthode des cordes et angles.

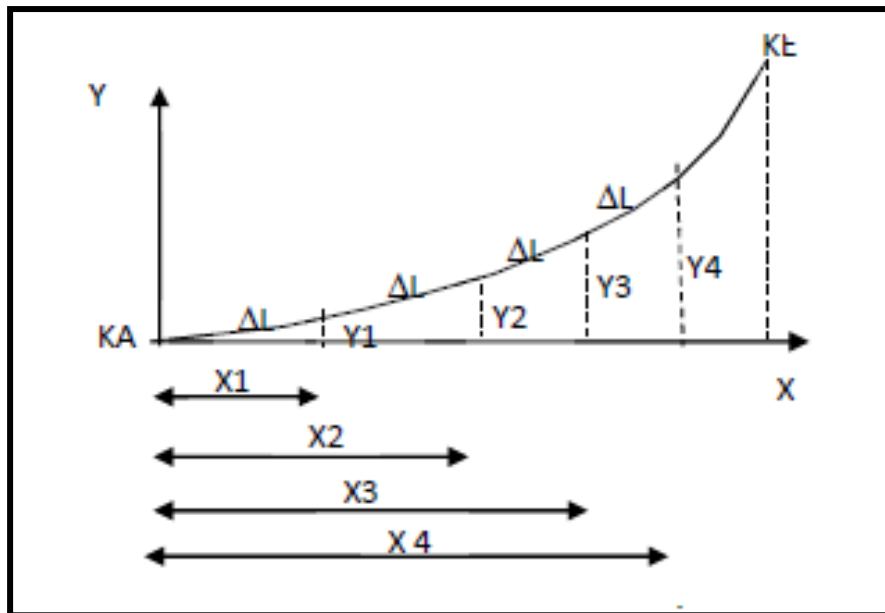


Figure IX.2 : Méthode d'implantation

- Piquetage par coordonnées rectangulaires :

$$X_i = i\Delta L - \frac{i\Delta L^5}{40A^4} + \frac{i\Delta L^9}{3456A^8} \quad \text{IX.3;}$$

$$y_i = \frac{i\Delta L^3}{6A^2} - \frac{i\Delta L^7}{336A^6} \quad \text{IX.4}$$

- Implantation par coordonnées Polaires :

$$C = i\Delta L - \frac{i\Delta L^5}{90A^4} + \frac{i\Delta L^9}{22680A^8} \quad \text{IX.5}$$

$$W_{\text{radians}} = \frac{i\Delta L^2}{6A^2} - \frac{i\Delta L^6}{2835A^6} \quad \text{IX.6}$$

- Piquetage en altimétrie :

Il est souvent nécessaire d'implanter sur le chantier un réseau de repères de nivellement. Ces repères sont reliés entre eux par cheminement de nivellement encadré par deux (02) ou plusieurs repères du nivellement général de l'Algérie (NGA). Ces repères peuvent être des points naturels bien définis exemple avaloirs ou des rivets scellés dans un socle de béton.

IX.5. Application au projet :

L'absence de canevas topographique (pièce non jointe avec le levé topographique) ne nous a pas permis de traiter la partie implantation des alignements droits. On contentera au piquetage des parties courbes (clothoïde et cercle).

Implantation

➤ Implantation des cercles :

On prend $N = 10$

Virage N° 01 : $R = 1400$; Angle au centre : $\gamma = 18,048\text{gr} \Rightarrow \gamma/2 = 9.024 \text{ gr}$

Tableau IX.1 : Implantation de l'arc de cercle de virage N° 01.

Pts	$i \gamma$ (gr)	$x_i = R \cdot \sin i \gamma$ (m)	$y_i = R (1 - \cos i \gamma)$ (m)
T	0.0000	0.0000	0.0000
1	0.9024	19.8441	0.1406
2	1.8048	39.6843	0.5625
3	2.7072	59.5165	1.2656
4	3.6096	79.3367	2.2497
5	4.5120	99.1410	3.5147
6	5.4144	118.9253	5.0603
7	6.3168	138.6858	6.8861
8	7.2192	158.4184	8.9918
9	8.1216	178.1192	11.3771
M	9.0240	197.7842	14.0413

Virage N° 02 : $R = 1500 \text{ m}$; Angle au centre : $\gamma = 26.272 \text{ gr} \Rightarrow \gamma/2 = 13.136 \text{ gr}$

Tableau N° IX.2 : Implantation de l'arc de cercle de virage N° 02.

Pts	$i \gamma$ (gr)	$x_i = R \cdot \sin i \gamma$ (m)	$y_i = R (1 - \cos i \gamma)$ (m)
T	0.0000	0.0000	0.0000
1	1.3136	30.9487	0.3193
2	2.6272	61.8843	1.2771
3	3.9408	92.7936	2.8729
4	5.2544	123.6633	5.1062
5	6.5680	154.4804	7.9759
6	7.8816	185.2317	11.4808
7	9.1952	215.9042	15.6195
8	10.5088	246.4848	20.3902
9	11.8224	276.9604	25.7907
M	13.1360	307.3181	31.8189

Implantation

Virage N° 03 : R = 1500 m ; Angle au centre : $\gamma = 20.598$ gr $\Rightarrow \gamma/2 = 10.299$ gr

Tableau IX.3 : Implantation de l'arc de cercle de virage N° 03.

Pts	i γ (gr)	$x_i = R \cdot \sin i \gamma$ (m)	$y_i = R (1 - \cos i \gamma)$ (m)
T	0.0000	0.0000	0.0000
1	1.0299	24.2654	0.1963
2	2.0598	48.5244	0.7851
3	3.0897	72.7707	1.7662
4	4.1196	96.9980	3.1394
5	5.1495	121.1999	4.9045
6	6.1794	145.3702	7.0608
7	7.2093	169.5023	9.6078
8	8.2392	193.5901	12.5448
9	9.2691	217.6272	15.8712
M	10.299	251.9064	19.5859

Tableau IX.4 : Les coordonnées X, Y et Z d'implantation du projet :

X	Y	Z
393,98	2171,55	195,39
402,25	2165,92	195,41
410,51	2160,29	195,43
427,04	2149,02	195,48
443,56	2137,76	195,53
460,09	2126,50	195,57
476,62	2115,23	195,62
493,14	2103,97	195,67
509,67	2092,70	195,71
526,19	2081,44	195,76
542,72	2070,18	195,81
559,25	2058,91	195,85
575,77	2047,65	195,90
592,30	2036,39	195,94
608,83	2025,12	195,99
625,35	2013,86	196,04
641,88	2002,59	196,08
658,41	1991,33	196,13
674,93	1980,07	196,18
691,36	1968,87	196,22
691,46	1968,80	196,22
708,07	1957,66	196,27
724,83	1946,75	196,32

Implantation

741,75	1936,09	196,36
758,82	1925,67	196,41
776,04	1915,49	196,46
793,40	1905,56	196,50
810,90	1895,88	196,55
828,54	1886,45	196,60
846,31	1877,27	196,64
864,21	1868,35	196,69
882,23	1859,68	196,73
900,38	1851,27	196,78
918,64	1843,13	196,83
937,02	1835,24	196,87
955,51	1827,62	196,92
974,11	1820,26	196,97
992,81	1813,17	197,01
1011,61	1806,35	197,06
1030,51	1799,79	197,11
1049,49	1793,51	197,15
1068,57	1787,50	197,20
1087,73	1781,76	197,25
1106,97	1776,30	197,29
1126,28	1771,11	197,34
1145,67	1766,20	197,38
1165,12	1761,56	197,43
1184,64	1757,21	197,48
1204,22	1753,13	197,52
1223,86	1749,33	197,57
1224,64	1749,19	197,57
1243,52	1745,69	197,62
1263,19	1742,04	197,66
1282,85	1738,39	197,71
1302,52	1734,75	197,76
1322,18	1731,10	197,80
1341,85	1727,46	197,85
1361,51	1723,81	197,90
1381,18	1720,17	197,94
1400,84	1716,52	197,99
1420,51	1712,88	198,03
1440,17	1709,23	198,08
1459,84	1705,59	198,13
1479,50	1701,94	198,17
1499,17	1698,29	198,22
1518,83	1694,65	198,27
1538,50	1691,00	198,31
1558,16	1687,36	198,36
1577,83	1683,71	198,41
1597,49	1680,07	198,45
1617,16	1676,42	198,50

Implantation

1636,82	1672,78	198,55
1656,49	1669,13	198,59
1676,15	1665,48	198,64
1695,82	1661,84	198,68
1715,48	1658,19	198,73
1735,15	1654,55	198,78
1754,81	1650,90	198,82
1774,48	1647,26	198,87
1794,14	1643,61	198,92
1813,81	1639,97	198,96
1833,47	1636,32	199,01
1853,14	1632,68	199,06
1872,80	1629,03	199,10
1892,47	1625,38	199,15
1912,13	1621,74	199,20
1931,80	1618,09	199,24
1951,46	1614,45	199,29
1971,13	1610,80	199,34
1990,79	1607,16	199,38
2010,46	1603,51	199,43
2030,12	1599,87	199,47
2049,79	1596,22	199,52
2069,45	1592,57	199,57
2089,12	1588,93	199,61
2108,78	1585,28	199,66
2128,45	1581,64	199,71
2148,11	1577,99	199,75
2167,78	1574,35	199,80
2187,44	1570,70	199,85
2207,11	1567,06	199,89
2226,77	1563,41	199,94
2246,44	1559,77	199,99
2256,29	1557,94	200,01
2266,10	1556,09	200,03
2285,71	1552,18	200,08
2305,27	1548,01	200,12
2324,77	1543,58	200,17
2344,22	1538,89	200,22
2363,59	1533,95	200,28
2382,91	1528,74	200,37
2402,14	1523,28	200,50
2421,31	1517,56	200,66
2440,40	1511,59	200,85
2459,40	1505,36	201,07
2478,32	1498,88	201,33
2497,16	1492,15	201,63
2515,90	1485,17	201,95
2534,54	1477,94	202,31

Implantation

2553,09	1470,46	202,70
2571,54	1462,73	203,13
2589,88	1454,76	203,59
2608,12	1446,55	204,08
2626,24	1438,09	204,61
2644,25	1429,39	205,17
2662,14	1420,45	205,76
2679,91	1411,28	206,39
2697,56	1401,86	207,05
2715,08	1392,22	207,74
2732,47	1382,34	208,47
2749,73	1372,23	209,22
2766,85	1361,89	210,02
2783,83	1351,32	210,84
2800,67	1340,53	211,70
2817,36	1329,52	212,60
2833,90	1318,28	213,52
2850,30	1306,82	214,48
2866,54	1295,15	215,47
2882,62	1283,26	216,50
2898,54	1271,16	217,56
2914,30	1258,84	218,65
2929,89	1246,32	219,78
2945,32	1233,59	220,94
2960,57	1220,66	222,13
2974,93	1208,15	223,28
2975,65	1207,52	223,34
2990,65	1194,29	224,55
3005,66	1181,06	225,75
3020,66	1167,84	226,91
3035,66	1154,61	228,00
3050,66	1141,38	229,02
3065,66	1128,15	229,98
3080,66	1114,93	230,86
3095,66	1101,70	231,69
3110,66	1088,47	232,44
3125,66	1075,24	233,13
3140,67	1062,02	233,76
3155,67	1048,79	234,31
3170,67	1035,56	234,80
3185,67	1022,33	235,24
3200,67	1009,11	235,68
3215,67	995,88	236,11
3230,67	982,65	236,47
3245,67	969,42	236,73
3260,68	956,20	236,89
3263,52	953,69	236,90
3275,73	943,04	236,94

Implantation

3290,96	930,07	236,90
3306,37	917,31	236,76
3321,94	904,76	236,52
3337,67	892,42	236,18
3353,57	880,28	235,74
3369,63	868,36	235,19
3385,85	856,66	234,55
3402,22	845,17	233,81
3418,74	833,90	233,01
3435,41	822,86	232,22
3452,23	812,03	231,42
3469,19	801,43	230,62
3486,29	791,06	229,83
3503,53	780,92	229,03
3520,90	771,01	228,23
3538,40	761,33	227,44
3556,03	751,89	226,68
3573,79	742,68	225,95
3591,66	733,70	225,25
3609,65	724,97	224,59
3627,76	716,48	223,96
3645,98	708,23	223,37
3664,31	700,22	222,81
3682,74	692,46	222,28
3701,27	684,95	221,78
3719,91	677,68	221,32
3738,64	670,67	220,89
3757,46	663,90	220,50
3776,37	657,38	220,13
3795,36	651,12	219,80
3814,43	645,11	219,51
3833,59	639,36	219,25
3851,97	634,09	219,03
3852,82	633,86	219,02
3872,08	628,48	218,82
3891,34	623,09	218,66
3910,61	617,71	218,51
3929,87	612,33	218,37
3949,13	606,95	218,22
3968,39	601,57	218,08

X.1. Introduction :

Tout ouvrage routier comporte un réseau d'assainissement dont le rôle est de récupérer et d'évacuer toutes les eaux de ruissellements.

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir à réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines.

Les différents ouvrages utilisés peuvent être regroupés en :

- ✓ Réseaux longitudinaux (pieds de talus de déblai, crêtes de remblai, etc.).
- ✓ Liaisons transversales (descentes d'eau traversées sous chaussée).
- ✓ Les regards et ouvrages de raccordement.

X.2. Objectif de l'assainissement :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- ✓ Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- ✓ Le maintien de bonne condition de viabilité.
- ✓ Réduction du coût d'entretien.
- ✓ Eviter les problèmes d'érosion.
- ✓ Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers de corps de la chaussée. (Danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- ✓ Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et l'effet de gel).
- ✓ Garantir la stabilité de l'ouvrage pour toute sa durée de vie.
- ✓ La sauvegarde de l'ouvrage routier (car l'eau accélère la dégradation de la surface, augmente la teneur en eau du sol support, entraînant par la suite des variations de portance et diminue la qualité mécanique de la chaussée).

X.3. ASSAINISSEMENT DE LA CHAUSSEE :

Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de la route dans les meilleures conditions possibles et avec un moindre coût.

1/ Fossé de pied du talus de déblai :

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et les talus vers les exutoires. Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale. Ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %.

2/ Fossé de crête de déblai :

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penchée vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate-forme.

3/ Fossé de pied de talus remblai :

Le fossé est en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement).ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau.

4/ Drain :

Le drainage du corps de chaussée est assuré par une tranchée drainante longeant la route. Ce drain est constitué par un matériau graveleux comportant dans son centre un tuyau circulaire en plastique perforé à sa génératrice supérieure à 150 mm de diamètre. Ce drain est positionné sous le fossé trapézoïdal et à la limite des accotements. Les eaux collectées par le drain sont rejetées dans des regards de drainage et en dernier lieu dans les points de rejet.

5/ Descentes d'eau :

Dans les sections de route en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau. Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1 %, leur espacement est varié entre 30 m et 40 m.

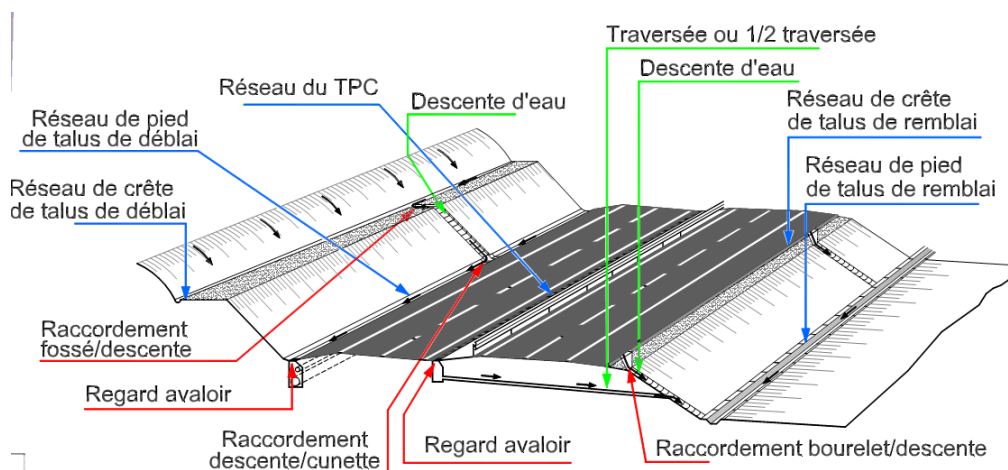


Figure X.1 : Situation des réseaux sur le profil en travers d'un Autoroute.

X.4. Définitions des termes hydrauliques :

1/ Bassin versant : C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de partage des eaux. C'est la surface totale de la zone susceptible d'être alimentée en eau pluviale, d'une façon naturelle, ce qui nécessite une canalisation en un point bas considéré (exutoire).

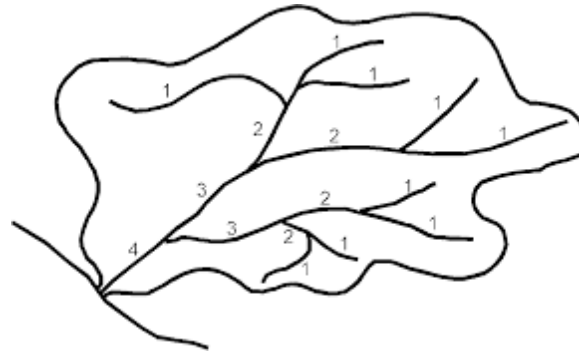


Figure X.2 : Exemple de bassin versant.

2/ Collecteur principal (canalisation) : C'est la Conduite principale récoltant les eaux des autres conduites (dites collecteurs secondaires), recueillant directement les eaux superficielles ou souterraines.

3/ Chambre de visite (cheminée) : C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre leur contrôle et le nettoyage. Les chambres de visites sont à prévoir aux changements de calibre, de direction ou de pente longitudinale de la canalisation, aussi qu'aux endroits où deux collecteurs se rejoignent. Pour faciliter l'entretien des canalisations, la distance entre deux chambres consécutives ne devrait pas dépasser 80 à 100m.

4/ Sacs : C'est un ouvrage placé sur les canalisations pour permettre l'introduction des eaux superficielles. Les sacs sont fréquemment équipés d'un dépotoir, destiné à retenir des déchets solides qui peuvent être entraînés, par les eaux superficielles.

5/ Gueule de loup, grille d'introduction et gueulard : Dispositifs constructifs permettant l'écoulement de l'eau superficielle dans les sacs.

6/ Fossés de crêtes : C'est un outil construit à fin de prévenir l'érosion du terrain au cours des pluies.

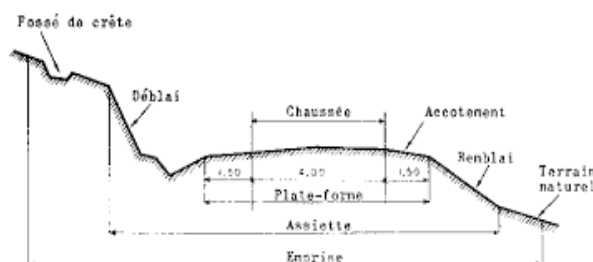


Figure X.3 : Fossé de crête.

7/ Décente d'eau : Elle draine l'eau collectée sur les fossés de crêtes.

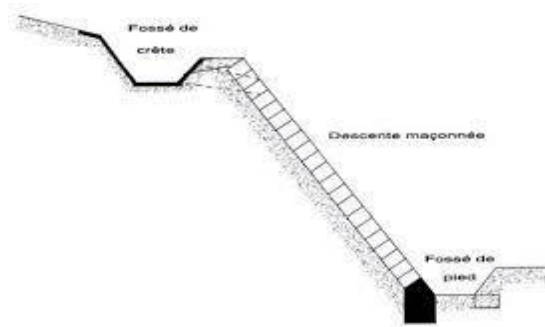


Figure X.4 : Descente d'eau.

8/ Les regards : Ils sont constitués d'un puits vertical, muni d'un tampon en fonte ou en béton armé, dont le rôle est d'assurer pour le réseau des fonctions de raccordement des conduites, de ventilation et d'entretien entre autres et aussi à résister aux charges roulantes et aux poussées des terres.

9/ La période de retour : la période de retour, T en années, d'un événement n'est autre que l'inverse de la probabilité de son occurrence au cours d'une année. Cette probabilité est donc égale à $(1 / T)$. Le choix de la période de retour dépend de l'importance de l'écoulement intercepté par l'ouvrage, du type d'ouvrage projeté et du niveau d'aménagement adopté pour la route étudiée.

Remarque :

- ✓ Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 05 ans.
- ✓ Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 10 ans.
- ✓ Les ponts dimensionnés pour une période de retour 50 ans.

X.5. Les ouvrages des écoulements des eaux :

En général les ouvrages d'évacuations des eaux superficielles ou sous chaussée sont nombreux, parmi les quels ceux qui ont traversé notre route sont les suivantes :

- ✓ les passages submersibles.
- ✓ les fossés.
- ✓ les dalots.
- ✓ les buses.

1/ Passages submersibles : Les passages submersibles sont des ouvrages qui servent à protéger la chaussée contre les dégradations causées par les eaux, et qui assurent superficiellement l'écoulement des eaux lorsque leur volume est plus important.

2/ Fossés : Ces sont des tranchées creusées en longueur dans le sol et servent à délimiter les terrains ou à l'écoulement de l'eau de ruissellement.

3/ Les dalot : Les dalots ont le même rôle que les buses, ils servent à évacuer les eaux sous chaussée, leurs dimensions aussi varient suivant l'importance de la profondeur du bassin versant, généralement ils sont rectangulaires ou carrés.

X.6. Détermination des bassins versants :

En insérant la carte topographique à l'échelle 1/25000 ou 1/50000 sous un outil DAO ou CAO, et en superposant le tracé en plan obtenue par un outil approprié Piste ou Covadis sur cette carte, on numérise les lignes de partage des eaux, qui délimitent les bassins versants, le logiciel nous permet de calculer certain paramètre nécessaire pour le calcul de du débit, telle que :

- Aires des bassins versants
- Leur périmètre
- La longueur des talwegs

La dénivelée du bassin versant est la différence d'altitude entre le point le plus haut (H_{max}) et celle du plus bas (H_{min}) :

$$\Delta H = H_{max} - H_{min} \quad X.1$$

La pente et rapport entre la dénivelée et la longueur du talweg :

$$P = \frac{\Delta H}{L} \quad X.2$$

X.7. Dimensionnement de réseau d'assainissement :

Méthode rationnelle : Elle intègre l'information pluviométrique, mais suppose des hypothèses simplificatrices qui réduisent sa représentativité du phénomène du ruissellement de surface. Elle est, néanmoins la plus couramment utilisée pour le dimensionnement des ouvrages de drainage routier.

$$Q_a = Q_s \quad X.3$$

La condition de calcul :

Q_a : débit d'apport en provenance du bassin versant (m^3/s).

Q_s : débit d'écoulement au point de saturation (m^3/s).

1/ Calcul des débits : Le débit d'apport est évalué à l'aide de la formule rationnelle suivante :

$$Q_a = K * C * i * A \quad X.4$$

Avec :

K : coefficient de conversion des unités (de mm/h en l/s) $K = 0.2778$.

C : coefficient de ruissellement.

i : l'intensité de l'averse exprimée mm /h

A : superficie du bassin versant.

2/ Coefficient de ruissellement « C » : Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants :

- ✓ Couverture végétale.
- ✓ Forme.
- ✓ Pente et la nature du terrain.

Tableau X.1 : Valeurs des coefficients de ruissellement.

Type de chaussée	Coeff « C »	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobé	0.8 - 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 - 0.4	0.35
Talus, sol perméable	0.1 – 0.3	0.25
Terrain naturel	0.05 – 0.2	0.2

3/ Intensité de la pluie : La détermination de l'intensité de la pluie, comprend différentes étapes de calcul qui sont :

- **Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle :**

$$P_j = \frac{P_{j\text{moyen}}}{\sqrt{C_v^{2+1}}} \exp(u \times \sqrt{\text{Ln}(C_v^2 + 1)}) \quad \text{X.5}$$

Avec :

$P_{j\text{moy}}$: pluie journalière moyenne (mm).

C_v : Coefficient de variation.

Ln : Log Népérien.

u : Variable de Gauss. (fonction de la période de retour)

La pluie de référence pour le calcul de dimensionnement des ouvrages correspond à une durée de pluie t minute et une période de retour de 10 ans, 50 ans, 100 ans. Soit le tableau suivant qui donne les valeurs de variable du gaussien en Fonction de la fréquence :

Tableau X.2 : Variable de Gauss. (Fonction de la période de retour).

Fréquence au dépassement (%)	50	20	10	5	2	1
Période de retour (années)	20	5	10	20	50	100
Variable de Gauss (u)	0	0.841	1.282	1.645	2.057	2.327

- **Calcul de fréquence d'averse** : Pour une durée de ($t=15mn=0.25h$),

La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante :

$$Pt(\%) = Pj(\%) \times \left(\frac{tc}{24}\right)^b \quad X.6$$

Avec : $t=0.25$ h, et $b=0.37$

$Pj(\%)$: Hauteur de la pluie journalière maximale (mm).

b : Exposant climatique.

$Pt(\%)$: pluie journalière maximale annuelle.

tc : Temps de concentration (heure).

- **Temps de concentration** : La durée « t » de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps de concentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandotti, comme suit :

a) Formule de Ventura :

Lorsque $A < 5 \text{ km}^2$:

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} \quad X.7$$

b) La formule de PASSINI :

Lorsque $5\text{km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$:

$$t_c = 0.108 \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{P}} \quad X.8$$

c) La formule de Giandotti

Lorsque $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$:

$$t_c = \frac{\sqrt[3]{A \times L}}{\sqrt{P}} \quad X.9$$

Avec : tc : Temps de concentration (heure).

A : Superficie du bassin versant (km^2).

L : Longueur de bassin versant (km).

P : Pente moyenne du bassin versant (m.p.m).

H : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

4/ L'intensité de l'averse : L'intensité à l'averse est donnée par la relation suivante :

$$i_t = i \left(\frac{tc}{24}\right)^{b-1} \quad X.10$$

$$i = \frac{Pj}{24} \quad X.11$$

Avec : i l'intensité de l'averse pour une durée de 1h.

Pj : hauteur de la pluie journalière maximale annuelle

5/ Calcul de débit de saturation (Qs) : Le calcul du débit est déterminé par la formule de **MANNING STRICKLER**, Les coefficients de rugosité en fonction de la nature de l'ouvrage sont résumés dans le tableau I.3 suivant :

Tableau I.3 : Valeurs du coefficient Kst en fonction de la nature de l'ouvrage.

Nature ouvrage	Coefficient de rugosité
En terre	30
Buse métallique	40
Buse en maçonnerie	50
Bétons (dalots)	70
Buse préfabriqué	80

$$Q_s = V \times S \quad \text{X.12}$$

$$V = K_{ST} \times I^{1/2} \times R_H^{1/2} \quad \text{X.13}$$

Avec

I : pente longitudinale de l'ouvrage.

RH : Rayon hydraulique = (surface mouillée/ périmètre mouillée).

S : surface mouillée (m²).

X.8. Calcul hydraulique :

❖ Données pluviométrique :

Les données pluviométriques nécessaires pour le calcul :

- Pluie moyenne journalière Pj= 36.6mm.
- Exposant climatique de la région b = 0,28.
- Le coefficient de variation climatique Cv = 0,34.

Le calcul de la précipitation Pj (%) est obtenu par la formule X.5

La pluie de référence pour le calcul de dimensionnement des ouvrages correspond à une durée de pluie t minute et une période de retour de 10 ans, 50 ans, 100 ans. Soit le tableau : X.2 qui donne les valeurs de variable du gaussien en fonction de la fréquence.

❖ Calcul de la hauteur de la pluie journalière maximale annuelle

Par application de l'expression (X.5) :

$$P_j = \frac{P_j \text{ moyen}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \exp \left(u \times \sqrt{\text{Ln} (C_v^2 + 1)} \right)$$

➤ Pour une période de retour $T=10$ ans : $P_j(10\%) = \frac{36.6}{\sqrt{0.34^2+1}} \exp\left(1.282 \times \sqrt{\ln(0.34^2 + 1)}\right) = 52.95 \text{ mm}$

➤ Pour une période de retour $T=50$ ans : $P_j(2\%) = \frac{36.6}{\sqrt{0.34^2+1}} \exp\left(2.057 \times \sqrt{\ln(0.34^2 + 1)}\right) = 68.42 \text{ mm}$

❖ **Calcul de l'intensité de l'averse pour une durée 1h**

Par application de l'expression (X.11)

➤ Pour $P_j(10\%)$: $i(10\%) = \frac{P_j}{24} = \frac{52.95}{24} = 2.21 \text{ mm/h}$

➤ Pour $P_j(2\%)$: $i(2\%) = \frac{P_j}{24} = \frac{68.42}{24} = 2.85 \text{ mm/h}$

❖ **Calcul de la surface du bassin versant :**

Les buses ainsi que les fossés sont dimensionnés pour évacuer le débit apporté par l'ensemble des bassins versants de la chaussée et l'accotement.

$A_{CH} = 11 \times 150 \cdot 10^{-4} = 0,165 \text{ ha}$ (Surface de chaussée).

$A_{AC} = 1,5 \times 150 \cdot 10^{-4} = 0,0225 \text{ ha}$ (Surface d'accotement).

$A_{total} = A_{CH} + A_{AC} = 0,165 + 0,0225 = 0,0187 \text{ ha}$.

❖ **Dimensionnement des dalots :**

➤ **Calcul des débits d'apport:**

Par application de l'expression (X.4) : $Qa = K * C * i * A$

• **Le débit apporté par la chaussée.**

$C = 0,95$, $P = 2,5 \%$, $I(2\%) = 2.85 \text{ mm/h}$, $A = 0,165 \text{ ha}$.

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \sqrt{\frac{0.165}{2.85}} = 0.030 \text{ h}$$

$$i_t = i \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 2.85 \left(\frac{0.030}{24}\right)^{0.28-1} = 350.80 \text{ mm/h}$$

$$Q_{a(ch)} = K * C * i * A = 2.778 \times 0.95 \times 350.8 \times 0.165 = 0.152 \text{ m}^3/\text{s}$$

• **Le débit apporté par l'accotement :**

$$C = 0,40, \quad P = 4 \%, \quad I (2\%) = 2.85 \text{ mm/h}, \quad A = 0,0225 \text{ ha.}$$

$$t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}} = 0.127 \sqrt{\frac{0.0225}{4}} = 0.010 \text{ h}$$

$$i_t = i \left(\frac{t_c}{24}\right)^{b-1} = 4.88 \left(\frac{0.010}{24}\right)^{0.28-1} = 1324.86 \text{ mm/h}$$

$$Q_{a(acc)} = K * C * i * A = 2.778 \times 0.4 \times 1324.86 \times 0.0225 = 0.0331 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Rightarrow Q_a = Q_{a(ch)} + Q_{a(acc)} = 0.185 \text{ m}^3/\text{s}$$

• **Calcul de débit de saturation (Qs):**

$$Q_s = K_{st} * J^{1/2} * S_m * R_h^{2/3}$$

On à:

$$\text{Section mouillée: } S_m = 0.8 \times h \times L$$

$$\text{Périmètre mouillé: } P_m = (2 \times 0.8 \times h) + L$$

$$\text{Rayon mouillé: } R_h \frac{S_m}{P_m} = \frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L}$$

Avec :

$$K_{st} = 70 \text{ (dalot en béton).}$$

J : pente du dalot.

Le débit rapporté par le bassin versant, doit être inférieur ou égal au débit de saturation du dalot.

$$Q_s = Q_a$$

$$Q_a = (0.8 \times h \times L) \times 70 \times \left[\frac{0.8 \times h \times L}{1.6 \times h + L}\right]^{2/3} \times J^{1/2}$$

En prend h=4m

$$Q_{s1} = (0.8 \times 4 \times 2.5) \times 70 \times \left[\frac{0.8 \times 4 \times 2.5}{1.6 \times 4 + 2.5}\right]^{2/3} \times 0.025^{1/2} = 0.216 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_{s1} > Q_s$ Donc h est vérifié.

Donc un dalot de dimensions : L=2,5m et H=4m.

❖ **Dimensionnement des fossés :**

Le profil en travers des fossés est donné dans la figure ci-dessous :

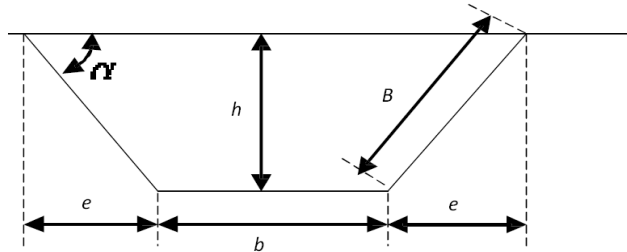


Figure X.5 : profil en travers des fossés.

Le dimensionnement des fossés doit satisfaire l'égalité, entre le débit d'apport et son débit de saturation :

$$Q_a = Q_s$$

$$Q_a = K * C * i * A = K_{st} * J^{1/2} * S_m * R_h^{2/3}$$

Avec :

S_m : surface mouillée

P_m : périmètre mouillé

R : rayon hydraulique : $R = S_m / U$

U : périmètre mouillé

P : pente du talus, $P = 1/n$

On fixe la base du fossé à ($b = 50$ cm) et la pente du talus à ($1/n = 1/1.5$) d'où la possibilité de calcul le rayon hydraulique en fonction de la hauteur h .

➤ **Calcul de la surface mouillée :**

$$S_m = bh + 2 \frac{eh}{2} \quad ; \quad \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{e} = \frac{1}{n} \quad \text{d'où} : e = n * h$$

$$S_m = b * h + n * h^2 = h * (b + n * h) \quad \Rightarrow \quad S_m = h * (b + n * h)$$

➤ **Calcul du périmètre mouillé :**

$$P_m = b + 2B \quad \text{avec} : B = \sqrt{h^2 + n^2} * h = h * \sqrt{1 + n^2}$$

$$\Rightarrow P_m = b + 2h * \sqrt{1 + n^2}$$

➤ **Calcul du rayon hydraulique :**

$$R_h = \frac{S_m}{P_m} = \frac{h \times (b + n \times h)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}}$$

L'égalité entre le débit d'apport et le débit de saturation s'écrira alors :

$$\Rightarrow Q_s = (K_{st} \times I^{1/2}) \times h \times (b + n \times h) \times \left[\frac{h \times (b + n \times h)}{b + 2h\sqrt{1 + n^2}} \right]^{2/3}$$

A partir des résultats obtenus précédemment :

$$J = 2 \%, \quad K_{ST} = 30, \quad b = 0,5 \text{ m}$$

$$0.185 = (30 \times 0.02^{1/2}) \times h \times (0.5 + 1.5 \times h) \times \left[\frac{h \times (0.5 + 1.5 \times h)}{0.5 + 2h\sqrt{1 + 1.5^2}} \right]^{2/3}$$

D'Après le calcul itératif on trouve

Pour des raisons de sécurité, les dimensions retenues du fossé sont : $b = h = 50 \text{ cm}$.

Alors : $b = 50 \text{ cm}$ et $h = 50 \text{ cm}$.

$$Q_s = (30 \times 0.02^{1/2}) \times 0.5 \times (0.5 + 1.5 \times 0.5) \times \left[\frac{0.5 \times (0.5 + 1.5 \times 0.5)}{0.5 + 2h\sqrt{1 + 1.5^2}} \right]^{2/3}$$

$$Q_s = 1.113 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q_s > Q_a$ Donc h est vérifié.

X.9. Conclusion :

Après les travaux d'assainissement appliqués sur notre projet. On a collecté les eaux superficielles et internes et de les canaliser vers un exutoire, point de rejet hors de l'emprise routière ; il peut également contribuer au rétablissement d'un écoulement naturel de faible importance, coupé par la route.

XI.1. Introduction :

La signalisation routière peut être utile pour garantir la sécurité de la circulation et assurer la fluidité du trafic. Il arrive cependant qu'elle n'atteigne pas le but recherché, voire qu'elle induise les usagers de la route en erreur, car parfois des signaux routiers ne sont pas aperçus par les usagers ou compliquent l'attention que ceux-ci doivent porter à la circulation.

XI.2. 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.

XI.3. L'objectif de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour objet :

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

XI.4. Critères à respecter pour les signalisations :

Il est indispensable avant d'entamer la conception de la signalisation de respecter certain critère, afin que celle-ci soit bien vue, lue, et comprise :

- Cohérence avec les règles de signalisations.
- Respecter les règles d'implantation et de pose.
- Cohérence entre les signalisations verticales et horizontales.
- Éviter les panneaux publicitaires irréguliers.
- Éviter la multiplication des signaux et des super signaux, car la surabondance détruit l'efficacité.

XI.5. Principes de base de la signalisation :

Dans la conception et l'implantation de la signalisation routière, on ne doit jamais perdre de vue les conditions de sa perception par l'utilisateur qui se déplace souvent à grande vitesse et dont l'attention est sollicitée par les exigences de la conduite. Pour être utile, la signalisation doit être efficace, ce qui implique le respect des trois principes suivants :

1/ Principe de valorisation :

L'inflation des signaux nuit à leur efficacité. Il ne faut donc en placer que s'ils sont jugés utiles.

2/ Principe de concentration :

Lorsqu'il est indispensable que plusieurs signaux soient vus en même temps ou à peu près en même temps, on doit les implanter de façon que l'usager puisse les percevoir d'un seul coup d'œil, de nuit comme de jour. Il y a intérêt à grouper deux signaux sur un même support lorsque les deux indications se rapportant au même point se complètent l'une l'autre (par exemple passage à niveau et cassis, ou encore feux de circulation et passage de piétons). Cette concentration trouve toutefois une limite dans le principe suivant.

3/ Principe de lisibilité :

Il ne faut pas demander à l'automobiliste un effort de lecture ou de mémoire excessif. On doit donc réduire et simplifier les indications au maximum et le cas échéant répartir les signaux sur plusieurs supports échelonnés. Des expériences ont montré que l'observateur moyen ne peut d'un seul coup d'œil percevoir et comprendre plus de deux symboles. Pour les inscriptions, des indications sont données plus loin.

XI.6. Catégories de la signalisation :

On distingue :

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

Les différentes signalisations se répartissent en trois catégories :

1/ Signaux d'avertissement de danger : (type A)

2/ Signaux de réglementation :

Se subdivisant en :

- Signaux de priorités (type B).
- Signaux d'interdiction ou de restriction (type C).
- Signaux d'obligation (type D).

3/ Signaux d'indication :

Se compose de :

- Signaux d'identification des routes (type E).
- Signaux de pré-signalisation (type E).
- Signaux de direction (type E).
- Signaux de localisation (type E).
- Signaux de confirmation (type E)
- Autres signaux donnent des indications utiles pour la conduite des véhicules (type E).
- Autres signaux indiquant des installations qui peuvent être utile pour les usagers de la route (type F).

XI.7. Type de signalisation :

On distingue deux types de signalisation :

- **Signalisation verticale.**
- **Signalisation horizontale.**

XI.6.1. Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, ces derniers sont des objets qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme.

XI.6.2. Signalisation Horizontale :

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation.

Elle se divise en trois types :

1/ Marques longitudinales :

a. Lignes continue :

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.

b. Lignes discontinue :

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

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

- Lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalle.
- Ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgences, dont le largeur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

2/ Marquage transversale :

- Ligne STOP : C'est une ligne continue qui oblige les usagers de marquer un arrêt.
- Ligne cédez le passage.
- Ligne d'effet des signaux.

3/ Autres marques :

- **Les flèches de rabattement** : Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.
- **Les flèches de sélection** : Ces flèches situées au milieu d'une voie signalent aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.
- **Passage pour piéton** : Forme rectangulaire de longueur $L = 2.50\text{m}$ pour $V \leq 60\text{Km/h}$ et $L = 4.00\text{m}$ pour $V \geq 60\text{Km/h}$ avec largeur de 0.5m et leur distance est de 0.5 à 0.8m .
- **Passage pour cycliste** : Signalé par deux lignes discontinus, formé de carrée blanche de 0.5m de côté séparé par des intervalles de 0.5 à 0.8m .

XI.8. Caractéristiques générales des marques :

• Couleur des marques :

Le blanc est la couleur utilisée pour les marques de chaussée. Pour certaines marques spéciales, on utilise d'autres couleurs dans les conditions des obstacles.

• Largeur des lignes :

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « u » différente suivant le type de route :

- $u = 7,5$ cm sur les autoroutes et voies rapides urbaines.
- $u = 6$ cm sur les routes et voies urbaines dont le trafic dépasse 300 v/j
- $u = 5$ cm pour les autres routes.

• **Modulation des lignes discontinues :**

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

Tableau XI.1: Modulation des lignes discontinues.

-Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre deux Traits successifs (m)	Rapport pleins-vides
T1	3.00	10.00	$\approx 1/3$
T'1	1.50	5.00	
T2	3.00	3.50	≈ 1
T'2	0.50	0.50	
T3	3.00	1.33	≈ 3
T'3	20.00	6.00	

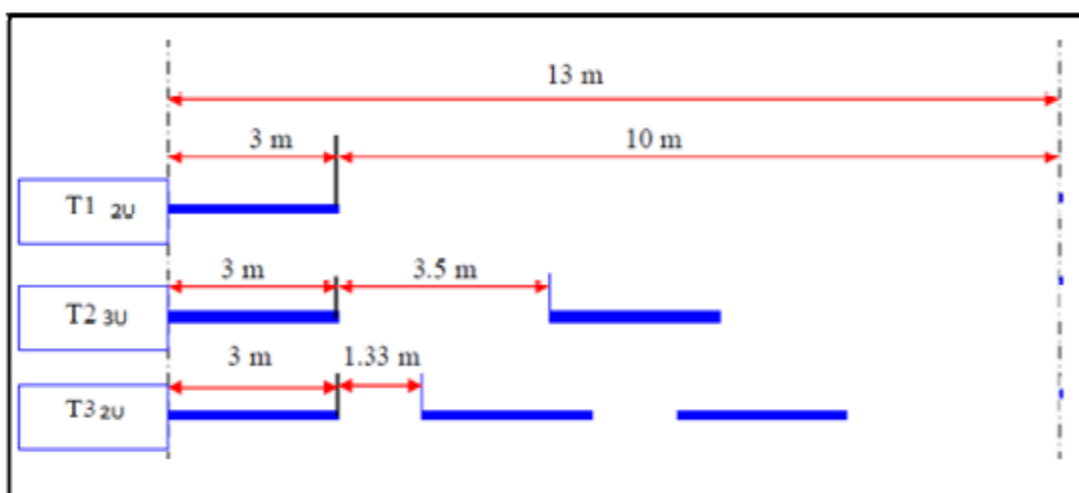


Figure XI.1 : Type de modulation.

XI.9. APPLICATION AU PROJET :

Dans le cadre de notre étude, tout en respectant les critères énoncés précédemment ainsi que la réglementation routière Algérienne « l'instruction interministérielle sur la signalisation routière, l'arrête du 14 juillet 1974 », on mentionne sur le plan de signalisation que la codification des panneaux et l'unité de largeur des lignes de marquage. Les différents types de panneaux de signalisation dans notre projet sont :

❖ Signalisation horizontale :

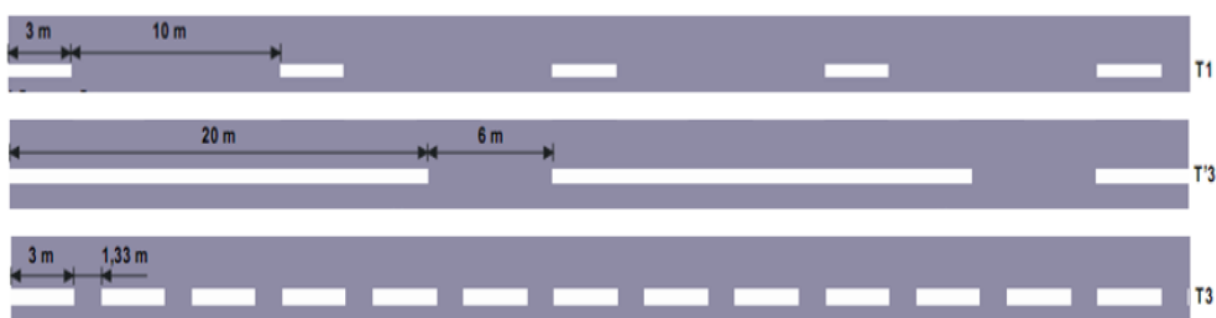


Figure XI.2 : Les lignes longitudinales.

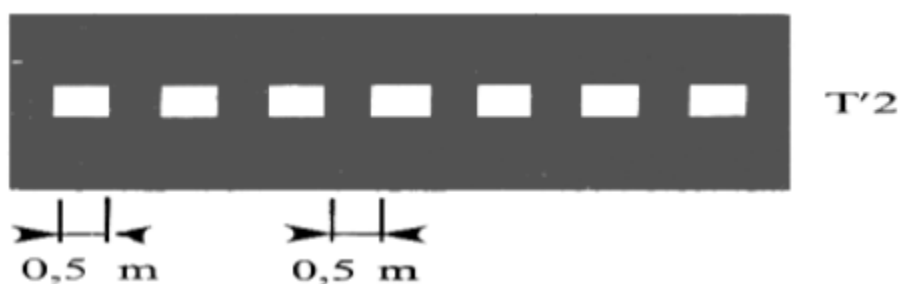


Figure XI.3 : Lignes transversales.

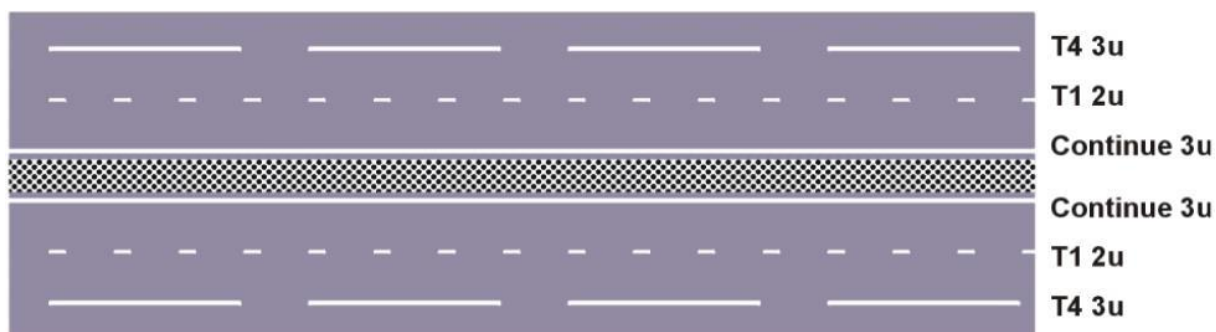


Figure XI.4 : Les lignes de délimitation de voies dans le tracé.

❖ Signalisation verticale

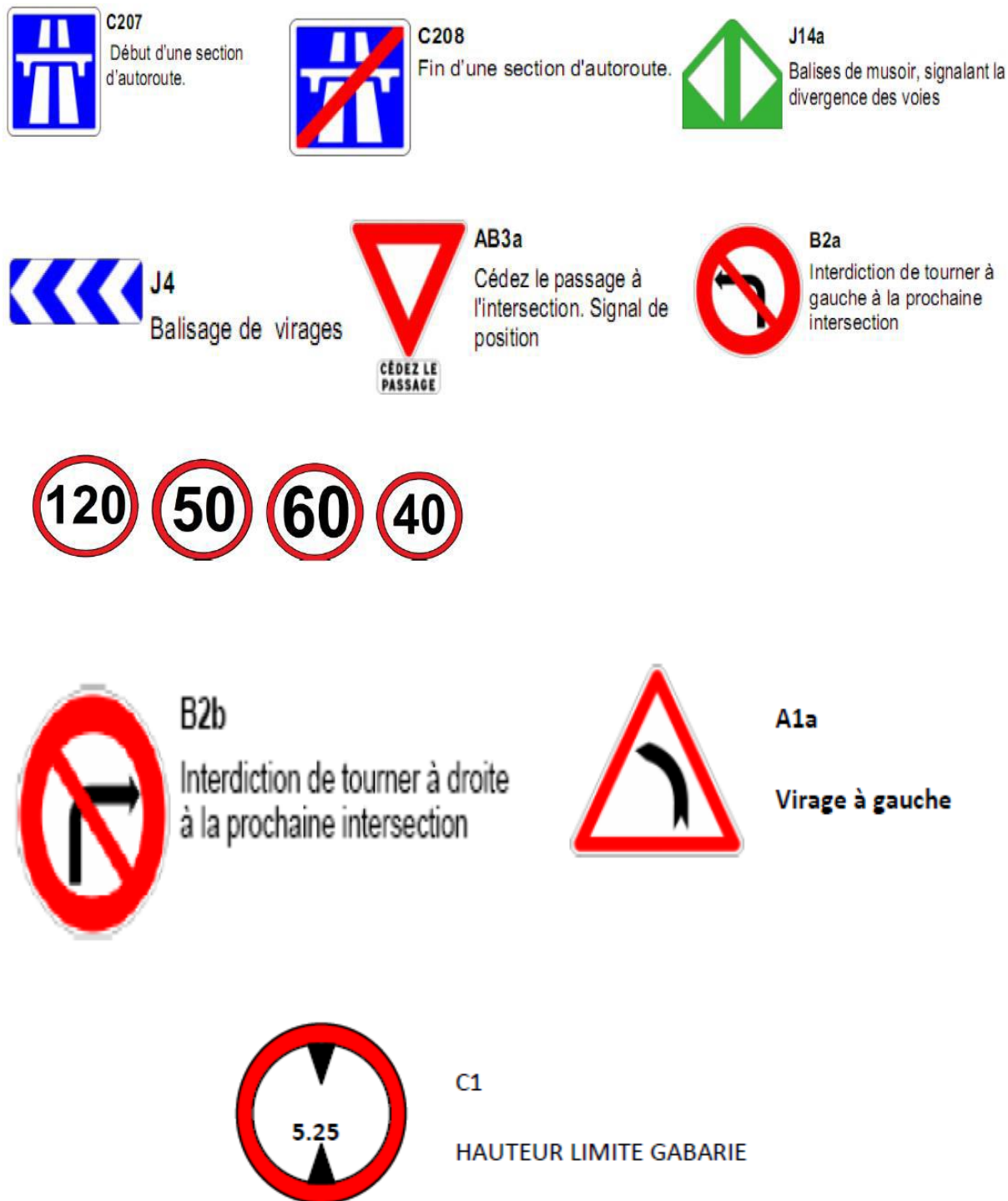
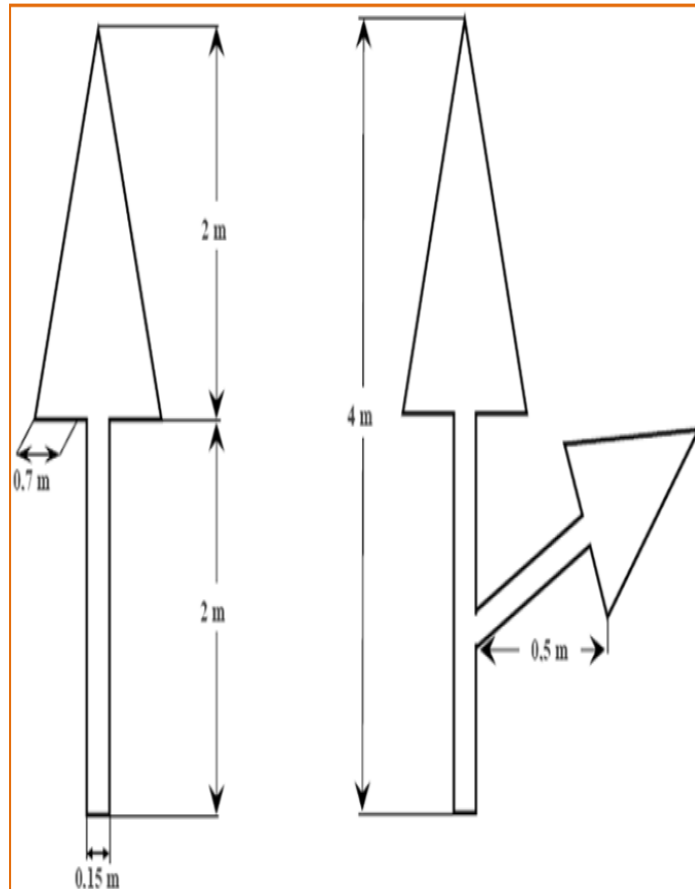


Figure XI.5 : Signalisation verticale.

- ❖ Signalisation de direction :
Les flèches de signalisation



Signalisation avancée D30



Pré-signalisation D40



Avertissement D50

Figure XI.6 : Signalisation de direction.

XII.1. Devis quantitatif et estimatif :

N°	DESIGNATION DES TRAVAUX	Unité	Prix. U(D.A)	Quantité	Prix (D.A)
01	décapage de la terre végétale.	M ³	50,00	25725,24	1286262,00
02	Déblais mise en dépôt.	M ³	200,00	105062,77	21012554,00
03	Remblai mis-en d'emprunt.	M ³	1000,00	39730,42	39730420,00
04	Couche de fondation en tuf 30 cm, y/c le transport la manutention l'épandage le compactage, l'arrosage essais de compacité et toutes sujétions comprises.	M ³	1200,00	31200,00	37440000,00
05	Couche de base en grave concassée 20 cm, y/c le transport la manutention l'épandage le compactage, l'arrosage essai de compacité et toutes sujétions comprises.	M ³	1500,00	19520,00	29280000,00
06	Couche de base en grave bitumineux 12 cm, y/c le transport la manutention l'épandage le compactage, l'arrosage essai de compacité et toutes sujétions comprises.	M ³	1500,00	10560,00	15840000,00
07	Couche d'imprégnation en Cut back 0,1	M2	100,00	100000,00	10000000,00
08	Couche de roulement en béton bitumineux 6cm.	T	6000,00	5280,00	31680000,00
09	Rechargement des accotements sur une épaisseur de 18 cm y compris compactage et arrosage et toutes sujétions comprises.	M ³	1200,00	2366,80	2840160,00
10	Ouverture de fossé bétonné.	ml	4000,00	8000,00	32000000,00
PRIX HT					221109396,00
TVA 19%					42010785,24
PRIX TTC					263120181,24

ARRETE LE PRESENT DEVIS A LA SOMME DE :

Deux cent soixante-trois millions cent vingt mille cent quatre-vingt-un Dinar Algérien
Et Vingt quatre centimes.

Références Bibliographiques

BOUACIDA A. et MEDJELDI M., 2016, Eudeen APD du Dédoublentde RN81A entre M'daourouch - Sedrata SUR 16 km, Mémoire de fin d'étude, Université 08 Mai 1945 de Guelma,département de Génie Civil & Hydraulique Spécialité : Génie Civil Option : Voies et Ouvrages d'art.

Chibani A. et Benayoune F., 2017, Etude géotechnique d'un tronçon routier de la R.N 32, reliant la wilaya d'Oum El Bouaghi vers la wilaya de Khenchela sur 35 km, Université Larbi Ben M'hidi – Oum El Boughi,département de Génie Civil En vue de l'obtention du Diplôme Master en Génie Civil Option : Géotechnique.

Roger Coquand., 1969 : Route, circulation, tracé et construction. Livre1, Paris.

KALLI F. Z. R., 2014,Cours de routes conception des tracés routiers -normes-, Edition OPU, 176 p.

KALLI F.Z; GOUMETTRE. A, Manuel de projet de routes, office des publications universitaires, Alger, 2012, ISBN : 978-9961-01-509-4

BERTHIER Jean., 1992 : Projet et construction de la route in Techniques de l'ingénieur, traité construction C5500.

ISA Frédéric., 2009 : Les routes. Cours module C9. IUT St Pierre, France.

Normes techniques d'aménagement des routes, B40. Algérie, ministre des travaux publics, octobre (1977).

Comprendre les principaux paramètres de conception géométrique des routes, Guide technique. SETRA -LCPC (2006).

LCPC ; SETRA. Catalogue des structures types de chaussée neuves. Paris : Bagnaux, 1977. Assainissement Routier et protection de la ressource en eau, Guide Technique SETRALCPC(2009).

François G, Brière. Distribution et collecte des eaux. 2^{ème} édition : Ecole polytechnique de Montréal, 2000. P 399.

FODIL. A, MOSTEFAL. F, 2013, Etude d'un tronçon de dédoublement de la ROUTE NATIONALE 101 (ain Temouchent –Sidi Bel Abbès) sur 10 Km avec management de carrefours, Mémoire fin d'étude, université Aboubekr Belkaid, Tlemcen

BENMANSOURZ. H, 2010, Analyse multicritères pour le choix de variantes d'un projet routier – cas de la route nationale ROUTE NATIONALE07, Mémoire de Fin D'étude, soutenance en 2010, université Aboubekr Belkaid, Tlemcen,

MOUADENE M. et OULAD SIDI OMAR A. 2016, Etude d'un tronçon de dédoublement de la RN 01 entre la commune Bouzbayar et le chef-lieu de Laghouat (du PK 516 au PK 522), Mémoire de PFE Pour l'obtention du diplôme de Master option : VOIES ET OUVRAGES D'ART, Département de génie civil et hydraulique UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA.

OUNADJELA C. et HARIZ S., 2017, Approche méthodologique pour l'étude d'un projet routier–cas du dédoublement de la route nationale 92 reliant saida a el hassasna sur un linéaire de 4 Km. Mémoire de PFE Pour l'obtention du diplôme de Master en génie civil spécialité : INFRASTRUCTURE DE BASE ET GEOTECHNIQUE–TRAVAUX PUBLICS, Université Aboubakr Belkaïd–Tlemcen –

<http://Earth.Google.com/maps>. Consulté le 02/03/2020,

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Emploi>,

Conclusion générale :

Ce projet de fin d'études a été pour nous, une opportunité pour concrétiser nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation à l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem et est une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels Autocad et Covadis.

Nous avons essayé d'appliquer toutes les normes, directives et les recommandations liées au domaine routier pour réaliser ce modeste travail. Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé ce projet a été dans un premier temps la prise en considération du confort et la sécurité des usagers de la route et dans un second temps l'économie et l'aspect environnemental lié à l'impact de la réalisation de cette route. Tout en respectant le règlement Algérien (B40). On était contraints par le temps, et par la période pandémique exceptionnelle que travers le monde entier et d'autres contraintes mais cela ne nous a pas empêché pour venir à bout de ce travail grâce aux orientations de notre encadrant.

Nous espérons acquérir plus dans notre vie professionnelle et toucher les grands projets et surtout voire tout cela de près. Ce projet de fin d'étude nous a permis d'aboutir à la conception d'un projet routier répondant aux normes techniques, et d'éléments nécessaires pour la réalisation tout en tenant compte des facteurs techniques économiques. Le tronçon a une longueur de 4000 m et l'étude a consisté principalement à un dimensionnement de la structure de la chaussée, à la conception géométrique, à la proposition d'infrastructures d'assainissement, à la proposition de la signalisation routière, et une estimation du coût du projet. Dans notre démarche d'études nous avons essayé de respecter toutes les contraintes et les normes requises qui ne peuvent être négligées et nous avons pris en considération le confort, la sécurité des usagers ainsi que l'économie et l'environnement. La zone d'étude étant une zone relativement plate, l'assainissement s'est fait en dirigeant toutes les eaux au fur et à mesure vers l'exutoire.

Cette étude nous a permis de renforcer nos connaissances autant théoriques que pratiques acquises durant notre formation universitaire. Elle nous a permis de bien comprendre les difficultés, les étapes et les hypothèses à prendre en compte dans une étude technique détaillée d'une route. Notre souci était de proposer un projet réaliste, facilement réalisable, et à moindre coût tout en tenant compte des impacts sociaux et environnementaux.

Résumé :

Le présent projet de fin d'étude concerne le domaine d'infrastructure des transports, il s'agit de la liaison entre la wilaya de Mostaganem et l'autoroute Est-ouest sur un linéaire de 32 km. Dans ce résumé, nous allons rédiger un bref récapitulatif, qui englobe l'ensemble des chapitres qui constitue ce projet de fin d'étude. L'étude des données topographiques, géotechniques ont permis de proposer une conception de la route les paramètres géométriques ayant donné une vitesse de référence de 100 km/h. Ce présent mémoire est structuré en deux grandes parties, la première partie est une présentation générale du projet y compris l'étude du trafic pour permettre la connaissance des différents facteurs qui seront utile dans la partie qui suit. En suite, une deuxième partie technique, qui comporte le dimensionnement du corps de la chaussée, ainsi que les différents équipements à savoir l'assainissement et la signalisation. On a commencé notre projet de fin d'étude par une présentation générale de notre projet, ensuite par l'étude du trafic routier et son extrapolation à l'horizon de 20 ans, pour le dimensionnement de la structure du corps de chaussée de la route projetée. Ce dimensionnement a nécessité la consultation du rapport géotechnique afin de pouvoir déterminer et connaître les caractéristiques de notre sol support, puis on a entamé la conception du tracé en plan de l'axe de notre route que nous avons établi à l'aide du logiciel COVADIS en respectant les normes du tracé, qui est en fonction de la vitesse de base et l'environnement, après on suit ce tracé par leur profil en long et les profils en travers. Enfin, on a terminé notre étude par l'étude de l'assainissement et la signalisation. Ce travail a été très concluant pour nous puisqu'il constitue notre premier contact avec le monde professionnel nous avons pu appliquer les connaissances acquises durant notre cursus universitaires dans un projet concret.

Mots clés : Trafic, géométrie, tracé routier, chaussé, dévers, assainissement.

Abstract:

The present end-of-study project concerns the transport infrastructure domain, it is the link between the wilaya of Mostaganem and the East-West motorway on a linear of 32 km. In this summary, we will write a brief summary, which includes all of the chapters that make up this end-of-study project. The study of topographic and geotechnical data made it possible to propose a design of the road with the geometric parameters having given a reference speed of 100 km / h. This thesis is structured in two main parts, the first part is a general presentation of the project including the traffic study to allow the knowledge of the different factors which will be useful in the following part. Next, a second technical part, which includes the dimensioning of the body of the roadway, as well as the various equipment, namely sanitation and signaling. We started our end of study project with a general presentation of our project, then by the study of road traffic and its extrapolation to the horizon of 20 years, for the dimensioning of the structure of the road body projected. This dimensioning required the consultation of the geotechnical report in order to be able to determine and know the characteristics of our support soil, then we began the design of the plan layout of the axis of our road that we established using the COVADIS software respecting the standards of the layout, which is a function of the basic speed and the environment, then we follow this layout by their longitudinal profile and the transverse profiles. Finally, we ended our study with the study of sanitation and road sign. This work was very conclusive for us since it constitutes our first contact with the professional world, we were able to apply the knowledge acquired during our university course in a concrete project.

Keywords: Traffic, geometry, road layout, roadway, overhang, sanitation.