



Faculty of Sciences and Technology

كلية العلوم و
التكنولوجيا
قسم الهندسة المدنية

Civil Engineering Department

N° d'ordre : M2... /GC/2024

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie civil

Option : Voiries et Ouvrages d'art (VOA)

MODERNISATION D'UN TRONÇON ROUTIER
DU CHEMIN WILAYA RELIANT MAZAGRAN
A STIDIA SUR UN LINEAIRE DE 3KM400M

Présenté par :

-HADDOUCHE Omar

Soutenu le: 27/06/2024 devant le jury composé de :

Mr Soltane
Benallou

Président :

Université de Mostaganem

Kaddour

Mr. KERAOUTI
Rabah

Encadrant :

Université de Mostaganem

Mr. CHERIF

Mourad

Co-Encadrant:

Mr.ROUAM Serik
Mohamed

Examineur :

Université de Mostaganem

MOKHTARI
Cherif

Invité:

Université de Mostaganem

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

Je tiens à remercier en premier lieu et avant tout le tout puissant, qui m a donné la force et la patience d'accomplir mon travail dans les meilleures conditions.

je tiens à remercier mes encadreur Mr 'KERAOUTI Rabah' et Mr CHERIF Mourad ; pour leurs précieux conseils et orientations.

Nos remerciements s'adressent également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail, et qui nous feront le plaisir d'apprécier.

Aussi je remercie tout le personnel du département de Génie Civil.

Enfin, mes pensées vont à tous ceux qui mon aidé pour la réalisation de ce modeste travail.

Mr: HADDOUCHE Omar

Dédicace

« Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur que l'on dédie du fond du cœur à ceux qu'on aime et qu'on remercie en exprimant sa gratitude et sa reconnaissance durant toute notre existence ».

Au sens de gratitude et d'amour je dédie ce travail à Dieu tout puissant Allah qui m'a donné la volonté et la puissance pour réaliser cette étude dont je souhaiterai qu'elle soit acceptée par lui et qu'il m'aide à continuer.

Je dédie ce travail à :

A mon très cher pere qui m'a toujours poussé pour aller de l'avant avec ses conseils tantôt avec patience et tantôt avec sévérete mais qui m'ont mené jusqu'à finir mon projet de fin d'études.

A ma chère maman qui m'a comblée d'amour et tendresse et qui a rendu les choses les plus difficiles sembler bien plus simple que je ne le croyais.

A mes frères et soeurs, qui je leurs souhaitent pleins de succès et de réussites dans la vie.

En fin, à mes professeurs du département de Génie civil en souhaitant qu'on ait été à la hauteur de ce qu'ils attendaient de nous.

Résumé

-Notre présent projet rentre dans le cadre de la préparation du diplôme de Master option VOA.

Le thème choisi s'intitule « modernisation d'un tronçon routier du chemin wilaya reliant mazagan à stidia sur une distance de 3km400m ».

-Cette présente étude consiste à moderniser un tronçon de route du chemin de wilaya reliant la commune de mazagan et la commune de stidia (Wilaya de mostaganem).

-Les opérations de modernisation sont des travaux d'amélioration. C'est-à-dire qu'on ne procède pas à la destruction du bien. On en conserve la totalité ou une partie et on procède à son aménagement, pour le rendre meilleur.

-Pour la modernisation de la route, le début de l'opération consiste à inspecter visuellement l'état et le type du soutien. Il est essentiel d'évaluer les travaux. L'information résultante de l'étude permet d'apprécier le degré de la détérioration afin de déterminer les actions à entreprendre. Elle permet également de corriger les déficiences pouvant causer des éventuels problèmes.

-Nous avons commencé à étudier en première partie la route existante afin de déceler tous les éléments géométriques ne respectant pas les normes du B40.

Dans la seconde partie, l'objectif est de doter à ce tronçon route des caractéristiques d'un chemin de wilaya. Cela se concrétise moyennant les actions suivantes :

- Amélioration du niveau de service de cette route.
- Réduire le nombre d'accidents au niveau de la CW2.
- Assurer le confort, et la sécurité des usagers.
- Augmentation de la capacité de la route.
- Les Rectifications des virages.
- Le Renforcement de la chaussée pour un apport structurel.
- L'élargissement de la route en évitant les grands remblais.

Abstract:

This present study consists in modernization a section of the road of wilaya connecting the municipality of mazagran and the municipality of stidia (Wilaya of mostaganem) .

modernization operations are improvement works. That is to say that we do not proceed to the destruction of the property. We keep all or part of it and we proceed to its development, to make it better.

For road modernisation, the start of the operation is to visually inspect the condition and type of the support. It is essential to evaluate the work. The information resulting from the study makes it possible to assess the degree of deterioration in order to determine the actions to be taken. It also makes it possible to correct deficiencies that may cause possible problems.

We have started to study the existing road in the first part in order to detect all the geometric elements not respecting the standards of the B40.

In the second part, the objective is to provide this road section with the characteristics of a wilaya road. This is achieved through the following actions :

- Improvement of the service level of this road.
- Reduce the number of accidents at CW2.
- Ensure the comfort and safety of users.
- Increase in road capacity.
- Rectifications of bends.
- Reinforcement of the pavement for a structural contribution.
- Widening of the road avoiding large embankments.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحديث جزء من طريق الولاية الذي يربط بين بلدية مزگران وبلدية استيديا (ولاية مستغانم).

عمليات التحديث هي أعمال تحسين . وهذا يعني أننا لا نبدأ في تدمير الممتلكات. نحتفظ بها كلها أو منها وننتقل إلى تطويرها لجعلها أفضل.

لإعادة تحديث الطريق فإن بدء العملية هو الفحص البصري للحالة ونوع الدعم. من الضروري تقييم العمل .

تتيح المعلومات الناتجة عن الدراسة مكانية تقييم درجة التدهور من أجل تحديد الإجراءات الواجب اتخاذها. كما أنه يجعل من الممكن تصحيح أوجه القصور التي قد تسبب مشاكل محتملة .

لقد بدأنا دراسة الطريق الحالي في الجزء الأول من أجل الكشف عن جميع العناصر الهندسية التي لا تحترم معايير B40.

في الجزء الثاني الهدف هو تزويد هذا الجزء من الطريق بخصائص طريق الولاية يتم تحقيق ذلك من خلال الإجراءات التالية

- تحسين مستوى الخدمة لهذا الطريق.
- تقليل عدد الحوادث في هذا الطريق الولائي.
- ضمان راحة وسلامة المستخدمين.
- زيادة سعة الطريق.
- تصحيح الانحناءات.
- تدعيم الرصيف للمساهمة الإنشائية.
- توسيع الطريق وتجنب السدود الكبيرة.

LISTE DES ABREVIATIONS

RN : Route Nationale

CW : Chemin de Wilaya

CC : Chemin communal

B40 : Normes techniques d'aménagement routier Algérien

f_L : Coefficient de frottement longitudinal

f_t : Coefficient de frottement transversal

R_{hm} : Rayon minimal absolu

R_{hn} : Rayon minimal normal

R_{hd} : Rayon au dévers minimal

R_{hnd} : Rayon minimal non déversé

Δd : Variation des dévers

I_{max} : Déclivité maximum

I_{min} : Déclivité minimum

R_{vmin} : Rayon vertical minimal

R : rayon de cercle.

L : longueur de la branche de clothoïde

A : paramètre de la clothoïde

T : Distance S-KA

K_A : origine de la clothoïde

K_E : extrémité de la clothoïde

X_{KE} : Abscisse de l'extrémité de la clothoïde

Y_{KE} : Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde

SL : Longueur de la corde KA-KE

ΔR : ripage

α : Angle des alignements droits

β : Angle au centre (Raccordement circulaire)

σ : Angle Polaire

τ : angle des tangentes

γ : Angle au centre Partie circulaire

DT : Développée totale

TK : tangente courte

TL : tangente longue

SL: corde KE – KA.

M : centre du cercle d'abscisse XM.

XM : abscisse du centre du cercle de M à partir de KA

YM : ordonnée du centre du cercle M à partir de KA

d0 : Distance d'arrêt

df : Distance de freinage

dvdm : Distance de visibilité et de manoeuvre de dépassement moyenne

dvdN : Distance de visibilité et de manoeuvre de dépassement normale

dmd : Distance de visibilité de manoeuvre de dépassement

T.P.C : Terre-plein central

B.A.U : Bande d'arrêt d'urgence

B.D.G : Bande dérasée de gauche

TN : Terrain naturel

TP : Tracé en plan

PL : Profil en long

BB : Béton bitumineux

GT : Grave traité

GNT : Grave non traiter

GB : Grave bitume

TJMA : Trafic journalier moyen annuel

a : coefficient qui dépend du nombre de voies

TPL : Trafic poids lourd

p : pourcentage de poids lourds.

Téq : trafic équivalent par essieu de 13t.

r : Taux d'accroissement annuel

PL: Poids lourd

CBR: California Bearing Ratio

ICBR : Indice CBR

e : épaisseur équivalente

n : désigne le nombre journalier de camion de plus 1500 kg à vide

P : charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 t)

Log : logarithme décimal

PK : Point kilométrique

U : unitaire

P.U : Prix unitaire

H.T : Hors taxe

TVA : Taxe à valeur ajoutée

T.T.C : Toutes taxes comprises

CTTP : Contrôle technique de travaux publics

SOMMAIRE

Remerciement

Résumé

Abstract

LISTE DES ABREVIATIONS

CHAPITRE 1: PRESENTATION DE PROJET	1
I-1-INTRODUCTION GENERALE.....	1
I-2-Classification des routes :	3
I-3-CATEGORIE DE LA ROUTE:	3
I-4-vitesse de chaque Catégorie des routes :.....	4
II-1- PRESENTATION WILAYA DE MOSTAGANEM :	5
II-2-OBJECTIF DE PROJET :	8
II-3- DONNEES DE BASE :	9
Chapitre : II ETUDE DU TRAFIC	10
IV-1- INTRODUCTION:.....	11
IV-2- ANALYSE DE TRAFIC :	11
IV-3-DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS :.....	14
IV-4- CALCUL DE LA CAPACITE :	15
CHAPITRE 3 : TRACE EN PLAN	21
VI-1- INTRODUCTION :	22
VI-2- ETUDE DES coordonnees de la route	25
CHAPITRE 4 : L'ETUDE DE LA ROUTE EXISTANTE	27
VII-3- INTRODUCTION :	28
VII-4- COORDONNEES PLANIMETRIQUE DES SOMMETS DEFINISSANT L'AXE :	28

VII-5- CALCUL DE GISEMENT DE DISTANCE ET DES ANGLES AU CENTRE :	30
VII-6-Les coordonnées planimétriques des sommets de la route existante:	32
VII-7- calcul Gisements, angles au centre et distances	33
VII-8- FORMULES DE CALCUL DES ELEMENTS DES RACCORDEMENTS CIRCULAIRES:.....	34
Etude La Route Du Nouvel Coordonnées.....	47
Chapitre : VIII	58
VIII-1-LES RACCORDEMENTS PROGRESSIVES	58
VIII-2- DEVERS	58
VIII-3- COURBE DE RACCORDEMENT	58
Chapitre : IX PROFIL EN LONG	75
IX -1- DEFINITION	75
IX -2- LIGNE PROJET	75
IX -3- COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG	75
CHAPITRE X :	82
X-1-DIMENSIONNEMENT DU CORPS	82
DE CHAUSSEE.....	82
X-2-INTRODUCTION:	83
X-3- Principe de la constitution des chaussées:	83
X-4-Définition de chaussée :	84
X-5-Les différentes structures de chaussée :	85
X-6- Dimensionnement de la chaussée :	89
X-7-Méthode de dimensionnement :	90
X-8- Application au projet:	92
CHAPITRE XI :ETUDE CINEMATIQUE	95
ETUDE CINEMATIQUE	95
CHAPITRE XII : PROFIL EN TRAVERS.....	105

XII-1-DEFINITION :	107
XII-2- LES ELEMENTS CONSTITUANT UN PROFIL EN TRAVERS TYPE :	108
XII-3- PROFIL EN TRAVERS TYPE DE NOTRE PROJET :	109
CHAPITRE XIII : LES CUBATURES	110
XIII-1- INTRODUCTION	111
XIII-2- DEFINITION:.....	111
XIII-3- METHODES DE CALCUL DES CUBATURES :	112
XIII-4-APPLICATION AU PROJET :	113
Chapitre :XIV IMPLANTATION.....	115
XIV-1- DEFINITION :	115
XIV-2- IMPLANTATION DE COURBES :	116
XIV-3-Méthode d'implantation :	117
XIV-4- Raccordement progressif :	122
Chapitre : XV ASSAINISSEMENT	123
XV-1- INTRODUCTION :	124
XV -2- OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT :	126
XV-3- DEFINITIONS :	127
XV-4- Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordements :	128
Chapitre : XV SIGNALISATION ROUTIERE.....	135
XV-INTRODUCTION :	137
XV-1- Objectifs de la signalisation routière :	138
XV-2- Types de signalisation	140
XVI-1-Devis quantitatif et estimatif.....	142
BIBLIOGRAPHIE	143
conclusion.....	144

listes des figures

figure 1.1 : Carte de Réseau routier de la wilaya de Mostaganem.....	07
figure 3.1:les éléments de tracé en plan.....	25
figure 3.2:détermination de l'angle au centre.....	26
figure4.1:élément de raccordement circulaire.....	31
figure5.2:élément d'un clothoïde.....	64
figure5.3:clothoïde.....	65
figure6.1: profil en long de notre projet.....	82
figure7.1:Coupe transversale d'une chaussée.....	91
figure 7.2:chaussée souple.....	93
figure7.3:chaussée semi rigide.....	93
figure7.4:chaussée rigide.....	94
figure8.1:distance de freinage.....	103
figure8.2:distance d'arrêt et alignement droit.....	104
figure9.1:profil en travers de notre projet.....	108
figure9.2:les éléments d'une route	109
figure10.les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné.....	112

figure11.1:implantation sur la tangente.....	123
figure11.2:les coordonnées polaires.....	124
figure11.3: clothoide en cordonnées polaire.....	124
figure12.1:exemple bassant versant.....	129
figure12.2:exemple d'un ouvrage de franchissement.....	130
figure12.3:situation des réseaux d'assainissement sur le profil en travers d'une route.....	131

listes des tableaux

tableau 1:coefficient d'équivalence.....	17
tableau 2:valeur de k1.....	18
tableau 3:valeur de k2.....	18
tableau 4:les coordonnées planimétrique des sommets difinissants de l'axe.....	29-30
tableau 5:calcul gisement,angle au centre et distance	33-34
tableau 6:les éléments de raccordement	35-36
tableau 7:calcul des déclivité cumulés de la route existante.....	38-42
tableau 8:type de topographie.....	43
tableau 9: sinuosité.....	43
tableau 10:l'environnement de la route.....	44
tableau 11:vitesse de référence.....	45
tableau 12: dévers.....	45
tableau 13: valeur de coefficient ft.....	46
tableau 14:valeur de coefficient f.....	46
tableau 15:déterminatieogisn des dévers max et min.....	46
tableau 17: les coordonnées des sommets modernisées.....	50
tableau 18:gisement ,angle au centre et distance modernisé.....	51

tableau 19:calcul les paramètres de raccordement au centre.....	52
tableau 20: dévers en fonction de l'environnement.....	62
tableau 21:paramètres de clothoide.....	72
tableau 22:les valeurs des éléments de la clothoide.....	74
tableau 23:les valeurs de clothoide.....	75-76
tableau 24:récapitulatif des rayons angle saillant.....	86
tableau 25: les classes des sols.....	96
tableau 26: les coefficients d'équivalences.....	98
tableau 27:l'épaisseurs dechaque couche.....	100
tableau 28:distance de visibité de manoeuvre de dépassement b40.....	105
tableau 29:volume cumulé de déblais et remblais.....	113-120
tableau 30:coefficient de ruissellement.....	133
tableau 31:variable de GAUSS.....	134

CHAPITRE I :

PRESENTATION DE PROJET

1- INTRODUCTION GENERALE

Un réseau routier est un ensemble de routes interconnectées qui permettent aux personnes et aux biens de passer en tant que secteur important de l'économie. Participer et contribuer efficacement au processus de création de richesse dans un pays. En Algérie le transport routier joue un rôle majeur dans la mesure où la route supporte plus de 80% du trafic de marchandises et voyageurs. Afin de fluidifier le trafic l'état a opté pour un programme portant sur la réalisation des tracés routiers neufs et des mises à niveau routes existantes.

Les techniques auxquelles la route moderne fait appel se sont multipliées et ont pris une grande ampleur à l'heure actuelle, par l'utilisation de la technologie moderne tant dans les tracés routiers que dans les moyens utilisés lors de la construction routière.

D'où l'importance de notre étude, qui consiste à faire la modernisation d'un tronçon routier reliant mazagran-stidia sur une distance 3km 400 m comme il représente aussi une importance stratégique pour le réseau CW de wilaya mostaganem.

Dans cette même optique, l'organisation de ce manuscrit fera objet de l'étude en avant-projet détaillé (APD) du tronçon en question toute en étant guidée par le B40 (respect des normes) dont l'objectif est doté à ce tronçon les caractéristiques d'une route nationale.

Cela s'est concrétisé en moyennant les actions suivantes :

- Amélioration le niveau de service et la durée de vie de cette route.
- Réduire le nombre d'accidents.
- Assurer le confort, et la sécurité des usagers.

La route est l'une des voies de communication la plus utilisée qui permet de relier tous les

points d'un territoire .La route est également défini comme une vaste plate-forme bien dégagée comportant deux au plusieurs voies, devant résister aux efforts statique et dynamiques des véhicule (légère, lourd) et dont les caractéristiques géométriques correspondant à une réglementation et normes bien précis.

Les routes peuvent être classées d'après plusieurs critères :

- Du point de vue administratif : d'après l'appartenance du maniable.
- Du point de vue technique : vitesse de référence établie en fonction des conditions du terrain

Parmi la classification administrative, on distingue :

- *Les chemins communaux,
- *les chemins de willaya,
- * les routes nationales,
- *les autoroutes.

Ces derniers présentent une catégorie spéciale dont les caractéristiques sont les suivants :

- Réservee à la circulation rapide.
- Accessible en des points spécialement aménagée.
- Ne comporte aucun carrefour à niveau.
- Comportant deux chaussées unidirectionnelles permettant une circulation à grande vitesse et sécurisée.

1-1-Classification des routes :

1-1-1-Classification administrative :

- a. chemins communaux
- b. chemins départementaux
- c. chemins nationaux
- d. les autoroutes.

a Chemins communaux :

Dépendant de la commune. On distingue 2 types, l'un appelé chemin rural : et qui par définition assure la liaison, entre habitations rurales et les propriétés agricoles. L'autre appelé chemin urbain : et qui par définition est voie à l'intérieur de l'agglomération urbaine.

b- Chemins nationaux :

Sa construction et son entretien relèvent de la responsabilité du ministère des travaux publics.

c- Chemins de wilaya :

Sa construction et son entretien relevant de ma responsabilité de la wilaya.

d- Les autoroutes :

Sont des routes nationales et internationales réservées à la grande circulation mécanique rapide.

1-2-CATEGORIE DE LA ROUTE:

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

Les routes Algérienne sont classées en cinq (5) catégories fonctionnelles et sont comme suit :

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

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

La catégorie de notre route est : **catégorie 3.**

1-3-vitesse de chaque Catégorie des routes :

- a- catégorie exceptionnelle d'une vitesse $V= 120\text{km/h}$: c'est une route avec de chaussées séparées.
- b- Voirie primaire d'une vitesse $V= 100 \text{ Km/h}$: c'est un tracé en terrain facile et peu accidenté avec quelque agglomérations croisements.
- c- Voirie secondaire d'une vitesse $V=80\text{Km/h}$: c'est une voirie qui a son développé en terrain accidenté ou vallonné.
- d- Voirie tertiaire d'une vitesse $V= 40 \text{ Km/h}$ à 60 Km/h : c'est une voirie qui présent des sections très difficiles, et dont le reflet ne permet pas de réaliser une route.

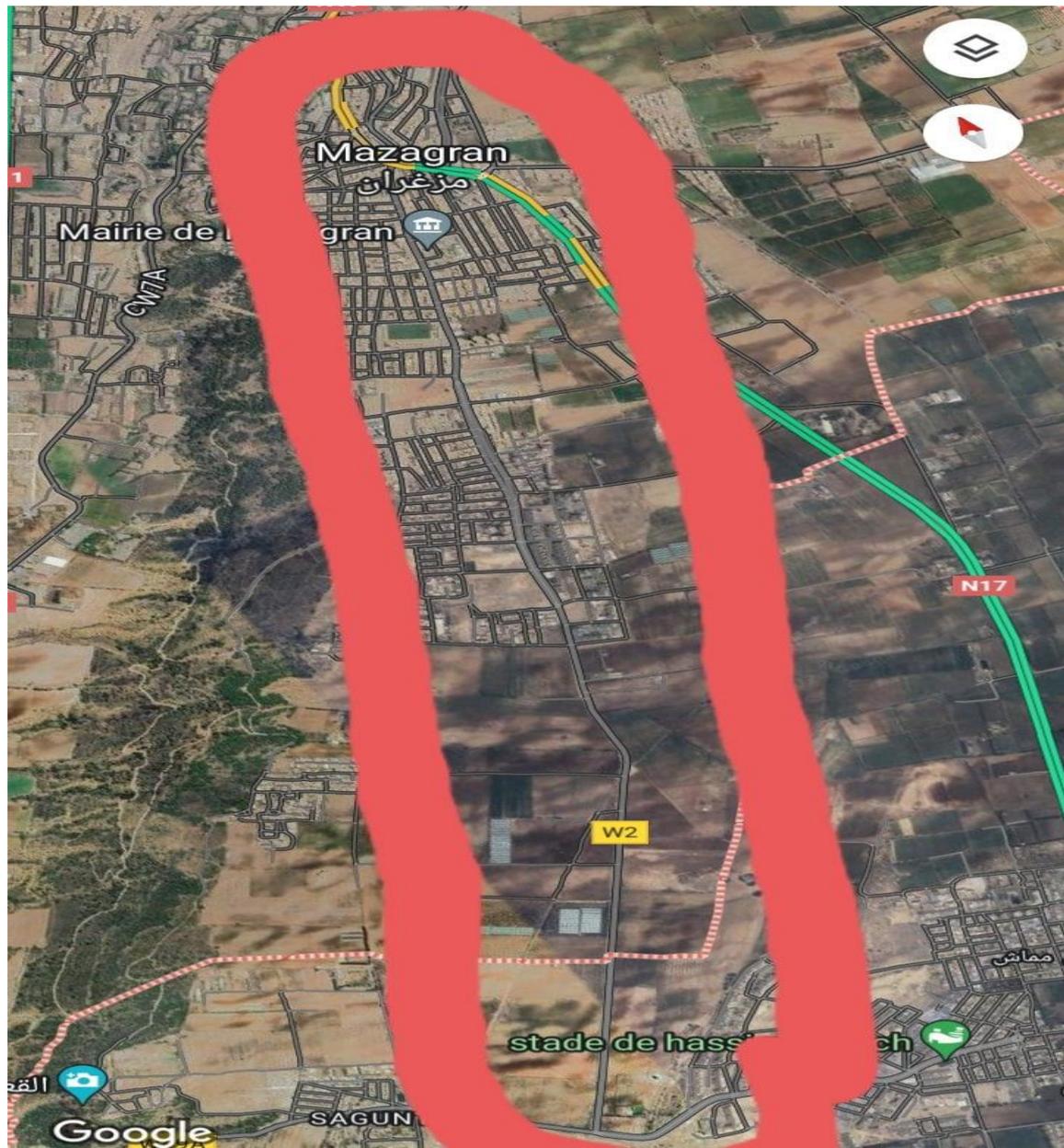


figure 1.1: troncon de notre projet

I-4- PRESENTATION WILAYA DE MOSTAGANEM :

a)- SITUATION GEOGRAPHIQUE :

La wilaya de Mostaganem est située sur le littoral Ouest du pays, elle dispose d'une façade maritime de 124 km. Le Chef-lieu de la wilaya est située à 365 km à l'Ouest de la Capitale, Alger.

La wilaya de Mostaganem est limitée:

- A l'Est par les Wilayas de Chlef et Relizane ;
- Au Sud par les Wilayas de Mascara et Relizane ;
- A l'Ouest par les Wilayas d'Oran et Mascara ;
- Au Nord par la Mer Méditerranée.

b)- LE RELIEF :

Le relief de la Wilaya de Mostaganem se divise en quatre unités morphologiques

Appartenant à deux régions distinctes, le Plateau et le Dahra l :

- les vallées basses de l'Ouest englobent les communes: Hassi Mameche, Mazagran, Stidia, Aïn Nouïssy, El Hassaine et Fornaka.
- les Monts du Dahra englobent les communes : Sidi Belattar, Oued El Kheir, Sidi Ali, Oiled Mullah, Target, Nekmaria, Kheireddine, Ain Boudinar et Safsaf.
- le plateau de Mostaganem englobe les communes: Mostaganem, Ain Tedles, Sour, Bouguirat, Siret, Souafliya, Mesra, Ain Sidi Cherif, Mansourah, Touahria et sidi Saada.
- les vallées de l'Est englobent les communes: Achaacha, Khadra, Ouled Boughalem, Sidi Lakhdar, Hadjadj et Abdelmalek Ramdane.

c)- CLIMAT :

Le climat de Mostaganem se caractérise par un climat semi aride en hiver tempéré et une pluviométrie qui varie entre 350 mm sur le plateau et 400 mm sur les piémonts du Dahra.

d)- INFRASTRUCTURE DE BASE :

d-1- RESEAU ROUTIER :

- Autoroutes : 35 km.
- Routes Nationales: 332,43 km.
- Chemins de WILAYA: 653,83 km.
- Chemins communaux: 1147,98 km.

d-2- RESEAU FERROVIAIRE :

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

d- 3-RESEAU AEROPORTUAIRE :

La Wilaya de Mostaganem dispose d'un aérodrome 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.

D-4- RESEAUX PORTUAIRE :

La wilaya compte trois ports:

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

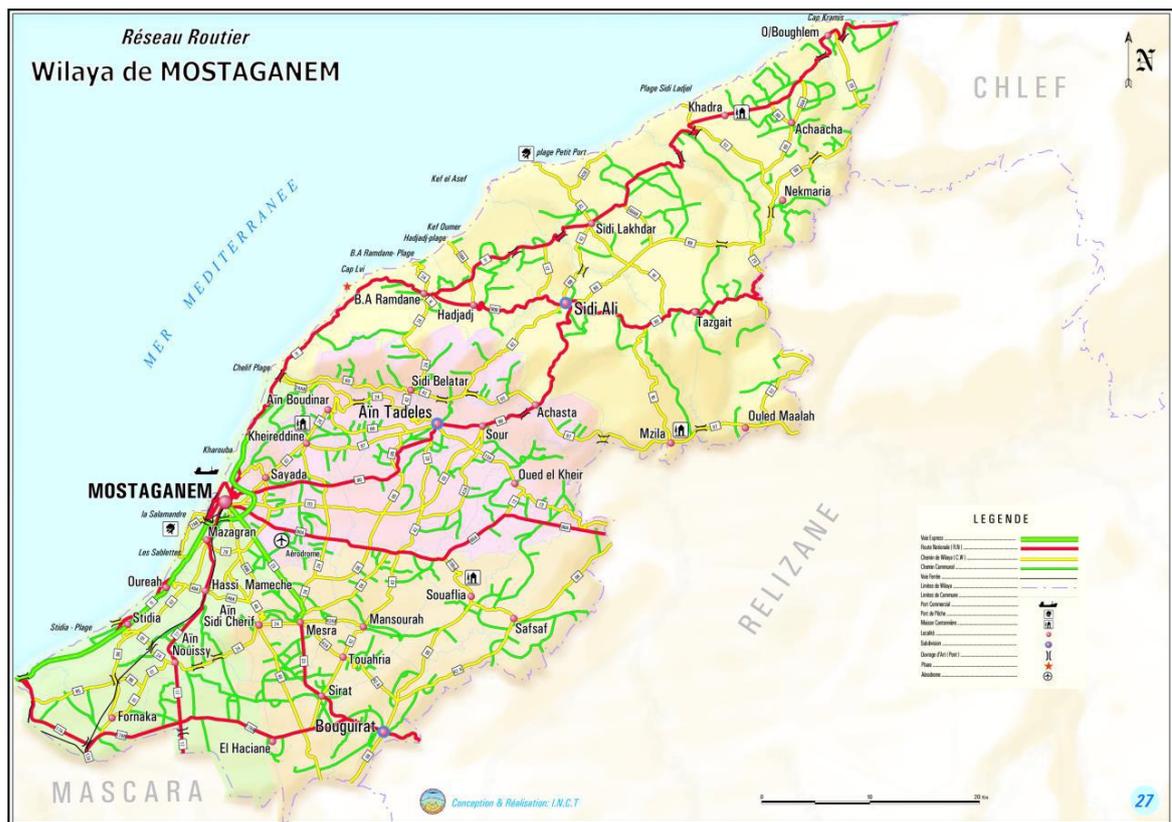


figure 1.1 : Carte de Réseau routier de la wilaya de Mostaganem

I-OBJECTIF DE PROJET :

L'objectif dans notre étude est la modernisation d'un tronçon routier reliant mazagran a stidia

- Dans notre étude nous feront une analyse détaillée des caractéristiques géométriques existantes de la section de route en question et proposeront une amélioration en conséquence de toutes les valeurs planimétrique et altimétrique qui ne répondent pas aux normes d'une route nationale.
- On choisira un tracé en plan qui répondant au mieux à notre projet tenant compte des aspects topographique, physique et fonctionnels de la route.

Dans notre étude nous feront une analyse détaillée des caractéristiques géométriques existantes de la section de route en question et proposeront une amélioration en conséquence de toutes les valeurs planimétrique et altimétrique qui ne répondent pas aux normes d'une route nationale.

- On choisira un tracé en plan qui répondant au mieux à notre projet tenant compte des aspects topographique, physique et fonctionnels de la route.

Favoriser la mobilité douce et réduire la congestion, les temps de déplacement, et les accidents.

-D'accroître la sécurité routière des usagers.

- L'amélioration du niveau de service de la route .

- Soutenir les objectifs de développement économique de la wilaya, et de la région en générale.

-Favoriser la mobilité douce et réduire la congestion, les temps de déplacement, et les accidents.

2- DONNEES DE BASE :

-Catégorie de la route : **Catégorie 1**

-Le trafic :

-TJMA : 1840 V/J

-Pourcentage de poids lourds : 20%

-Année de comptage :2020

-Année de mise en service:2023

-Coefficient d'équivalence:p=3

-Cofficient lié a l'environnement :k1=0.75

-Cofficient de réduction de capacité :k2=1.00

-Le taux d'accroissement : $\tau= 5\%$

-Durée d'étude et mise en service : 3 ans

-Durée de vie : 20 ans

-L'indice CBR = 9

Chapitre II:

ETUDE DU TRAFIC

CHAPITRE 2: ETUDE DU TRAFIC

2-1. INTRODUCTION:

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

L'étude de trafic constitue un moyen important de saisie des grands flux à travers un pays ou une région, elle représente une partie appréciable des études de transport, et constitue parallèlement une approche essentielle de la conception des réseaux routiers.

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

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

2.2- ANALYSE DE TRAFIC :

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

2-3- LA MESURE DES TRAFICS :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires :

- Les comptages
- Les enquêtes

2-3-1- LES COMPTAGES :

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

-Les comptages manuels.

-Les comptages automatiques.

2-3-2- Les comptages manuels :

Ils sont réalisés par les agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports communs.

Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A).

2-3-3- Les comptages automatiques :

Ils sont effectués à l'aide d'appareil enregistreur comportant une détection pneumatique réalisée par un tube en caoutchouc tendu en travers de la chaussée.

On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires :

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

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

L'inconvénient de cette méthode : est que tous les matériels de comptage actuellement utilisés ne détectent pas la différence entre les véhicules légers et les poids lourds.

2-4 LES ENQUETES :

2-4-1- Les Enquêtes Origine Destination :

Il est plus souvent opportun de compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, on peut recourir en

fonction du besoin, à diverse méthodes, lorsque l'enquête est effectuée sur tous les accès à une zone prédéterminée (une agglomération entière, une ville ou seulement un quartier) on parle d'enquête cordon.

Cette méthode permet en particulier de recenser les flux de trafic inter zonaux, en définissant leur origine et destination. Il existe plusieurs types d'enquêtes :

2-4-2- Les Enquêtes papillons ou distributions :

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

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

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

2-4-3-Relevé des plaques minéralogiques:

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

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

2-4-4 Interview des conducteurs :

Cette méthode est lourde et onéreuse mais donne des renseignements précis, on arrête (avec l'aide des forces de gendarmerie pour assurer la sécurité) un échantillon de véhicules en

différents points du réseau et on questionne (pendant un temps très court qui ne doit pas dépasser quelques minutes sous peines d'irriter l'utilisateur) l'automobiliste pour recueillir les données souhaitées :(origine, motif, fréquence et durée, trajet utilisé).

Ces informations s'ajoutent à celles que l'enquêteur peut relever directement tels que le type de véhicule.

2-4-5-Les enquêteurs à domicile – Enquête ménage:

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

3-DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS :

a) **Trafic normal** : C'est un trafic existant sur l'ancien aménagement sans prendre en compte le nouveau projet.

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

c) **Trafic induit** : C'est le trafic résultant des nouveaux déplacements des personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement ou s'effectuaient vers d'autres destinations, une augmentation de production et de vente grâce à l'abaissement des coûts de production et de vente due une facilité apportée par le nouvel aménagement routier.

d) **Traffic total** : C'est le trafic total sur le nouvel aménagement qui sera la somme

du trafic induit et du trafic dévie

4- CALCUL DE LA CAPACITE :

4-1- DEFINITION DE LA CAPACITE :

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).

5-1- PROJECTION FUTURE DE TRAFIC :

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

$$TJMAh = TJMA0 (1 + \tau)^n$$

Avec : TJMAh : le trafic à l'année horizon.

TJMA0 : le trafic à l'année de référence.

n : nombre d'année.

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

5-2- CALCUL DE TRAFIC EFFECTIF :

C'est le trafic traduit en unité de véhicules particulier (uvp), en fonction de type de route et de l'environnement. Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (uvp).

Le trafic effectif est donné la relation suivante :

$$T_{eff} = [(1-z) + p.z] T J M A h$$

Avec :

- **T_{eff}** : trafic effectif à l'année horizon en (uvp).
- **Z** : pourcentage de poids lourd.
- **P** : coefficient d'équivalence pour le poids lourd.

Tableau 1 : coefficient d'équivalence

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

5-3- DEBIT DE POINTE HORAIRE NORMAL :

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

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

Avec :

Q : débit de pointe horaire

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

T_{eff} : trafic effectif

5-4-DEBIT HORAIRE ADMISSIBLE :

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

$$Q_{adm} = K_1 K_2 C_{th}$$

Tableau 2 : Valeur de K1

Environnement	E1	E2	E3
K1	0.75	0.85	0.90 à 0.95

Tableau 3 : valeur de K2

Environnement	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

5-5- DETERMINATION DE NOMBRE DES VOIES :

- Cas d'une chaussée bidirectionnelle : on compare Q à Qadm et on opte le profil auquel correspond la valeur de Qadm la plus proche à Q.
- Cas d'une chaussée unidirectionnelle : le nombre de voie à retenir par chaussée est le nombre le plus proche du rapport S.Q/Qadm.

Avec : Qadm : débit admissible par voie

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

6.1. LES DONNEES DE TRAFIC :

- TJMA2020= 1840 v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 5\%$
- Le pourcentage de poids lourds %PL = 20%
- La durée de vie estimée de 20ans
- Année de mise en service : 2023

6.2. TRAFIC A L'ANNEE DE MISE EN SERVICE :

$$T_1 = T_0 (1 + \tau)^4 = 1840(1 + 0.05)^3 = 2103 \text{ V / J}$$

6.3.LE TRAFIC DE L'ANNEE HORIZON A LA 20EME ANNEE « DUREE DE VIE » :

$$T_n = T_1(1 + \tau)^n = 2103 (1 + 0.05)^{20} = 5579 \text{ VPL/J}$$

$$T_{15} = 5579 \text{ UVP/J}$$

$$T_{eff} = [(1 - Z) + P.Z] \times T_{20}$$

Les valeurs de P « coefficient d'équivalence » sont données par le tableau des normes B40.
Pour notre cas : P = 3 (Environnement 1).

$$T_{eff} = [(1 - 0.20) + 3 \times 0.20] \times 5579$$

$$T_{eff} = 7810 \text{ V/j}$$

$$1/n = 0.12$$

$$Q_{Horizon} = 0.12 T_{eff}$$

$$Q = 0.12 \times 7810 = 937 \text{ UVP/h}$$

$$Q = 937 \text{ UVP/h}$$

DEBIT ADMISSIBLE « d » :

$$d = K1 \cdot K2 \cdot Cth.$$

Les valeurs de K1 sont données par le tableau B40, elles sont en fonction du niveau de service (environnement, catégorie).

K1 : coefficient dépendant de l'environnement

K2 : coefficient de réduction

Les valeurs de K1 sont les suivants :

Catégorie 3 et Environnement 1 \Rightarrow K1 = 0.75, K2 = 1.00

Pour la chaussée bidirectionnelle : Cth = Q Horizon

$$Cth = 1500 \text{ UVP/h}$$

$$Q_{adm} = 0.75 \times 1.00 \times 1500 = 1125 \text{ UVP/J}$$

$$d = 1125 \text{ UVP/J}$$

NOMBRE DE VOIES :

$$N = (2/3) \times (Q/d) = (2/3) \times (937/1125) = 0.55 \approx 1 \text{ voie / sens}$$

Route bidirectionnelle

-les résultats de calculs sont récapitulés dans le tableau suivant:

Le trafic a l'année de mise en service (2023)	$T_{2023}= 2103 \text{ V/J}$
Trafic moyen journalier (TJMA) horizon (2043)	$T_{2043}=5579 \text{ V/J}$
Le trafic effectif	$T_{\text{eff}}=7810 \text{ V/J}$
Le débit du point horaire normal	$Q=937 \text{ UVP/J}$
Le débit admissible	$Q_{\text{adm}}=1125 \text{ UVP/J}$
Le nombre de voies	$N=1 \text{ voie/sens}$

CHAPITRE III :

TRACE EN PLAN

CHAPITRE III: Tracé En Plan

III-1- INTRODUCTION :

L'approche d'étude de modernisation est différente des études en site vierge et différente également des études de renforcement et réhabilitation pour cela l'approche suivante a été adoptée :

- L'emploi de rayons supérieurs ou égaux à R_{Hnd} est souhaitable, dans la mesure où cela n'induit pas de surcoût sensible, afin d'améliorer le confort et faciliter le respect des règles de visibilité.

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long visent d'une part à assurer des conditions de confort relativement homogènes le long d'un axe routier, et adaptées à chaque catégorie de route, en fixant notamment des caractéristiques minimales.

Elles visent d'autre part à garantir de bonnes conditions de sécurité, au moyen notamment de principes d'enchaînement des différents éléments du tracé et de principes relatifs à la visibilité

III-2- TRACE EN PLAN :

III-2-1- Définition du tracé en plan :

Le tracé en plan est une projection de la route sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée, il est constitué d'une succession de droites, raccordés par arcs de cercle. Il doit permettre d'assurer les bonnes conditions de sécurité et de confort.

L'inconfort de l'utilisateur est d'autant plus important que le rayon des courbes est plus faible, que l'on suppose la courbe parcourue à la vitesse maximale réglementaire ou à la vitesse effectivement adoptée par les usagers (plus faible pour les petits rayons). Cela conduit, en fonction de la catégorie de route, à fixer des rayons minimaux.

Cependant l'utilisation fréquente ou systématique de grands rayons de courbure peut se révéler néfaste en aboutissant à une limitation des possibilités de dépassement sûr, et en encourageant les usagers à pratiquer une vitesse continuellement élevée.

D'autre part, dans certaines conditions (liées notamment au tracé situé en amont), les courbes de faible rayon peuvent créer des problèmes de sécurité, ce qui conduit à ne les

utiliser qu'en respectant certaines contraintes relatives à l'enchaînement des éléments du tracé en plan.

III-2-2- Règles à respecter dans le tracé en plan :

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans le B40, il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qui nous semblent pertinentes.

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières
- Eviter au maximum les propriétés privées
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur totale de tracé.

A. Pour les routes neuves :

Il convient en outre, pour les projets de routes neuves :

1. d'éviter les tracés en succession de grandes courbes (tracés de type autoroutier),
2. de recourir de préférence à des alignements droits (au moins 50 % du linéaire pour permettre l'implantation de carrefours et de zones de visibilité de dépassement dans de bonnes conditions) alternant avec des courbes moyennes (de rayon supérieur au rayon minimal, et ne dépassant guère le rayon non déversé).
3. d'éviter, en extrémité d'alignements droits importants (plus de 1 km) et quelle que soit la catégorie, les courbes de rayon inférieur à 300 m, de même qu'en bas de longues descentes rapides, en extrémité d'alignements plus courts (0,5 à 1 km) éviter les courbes de rayon inférieur à 200 m.
4. de respecter, lorsque deux courbes se succèdent (même séparées par un alignement droit, quelle que soit sa longueur) la condition suivante concernant leurs rayons R1 et R2 : $0,67 < R1/R2 < 1,5$, sauf si R1 et R2 sont supérieurs à 500 m.
5. d'exclure les courbes en ove, en C, et à sommet.

B. Pour l'aménagement des routes existantes :

Sous certaines conditions, des valeurs inférieures aux valeurs minimales peuvent être adoptées (2). Les recommandations 1 et 2 sont généralement sans objet mais les

recommandations 3, 4 et 5, qui concernent directement la sécurité, sont à prendre en considération. Elles doivent être appréciées en tenant compte des résultats du diagnostic de sécurité (analyse des accidents notamment).

III-2-3- Les éléments de tracé en plan :

L'axe du tracé en plan est constitué d'une succession des alignements, des liaisons et des arcs de cercles comme il est schématisé ci-dessous :

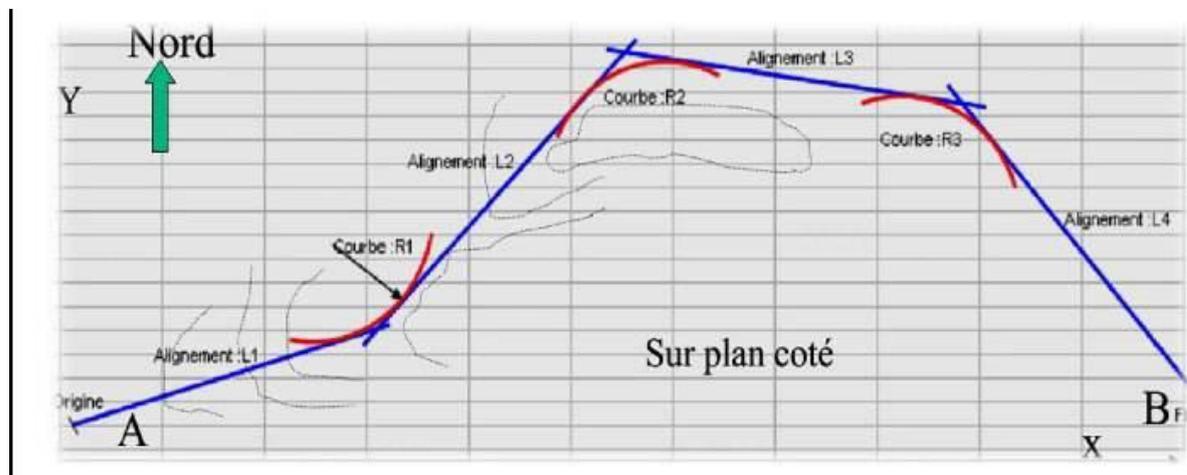


Figure III.1 : Les Eléments De Trace En Plan.

- Les alignements :

Il existe une longueur minimale d'alignement L_{min} qui devra séparer deux courbes circulaires de même sens. Cette longueur sera prise égale à la distance parcourue pendant 5 secondes à la vitesse maximale permise par le plus grand rayon des deux arcs de cercles.

Si cette longueur minimale ne peut pas être obtenue, les deux courbes circulaires sont raccordées par une courbe en **C** ou **Ove**.

La longueur maximale L_{max} est prise égale à la distance parcourue pendant 60 secondes.

$$L_{min}=5V \quad \text{avec} \quad V \text{ en (m/s)}$$

$L_{max}=60V$ avec V en (m/s)

- Règles pour l'utilisation des rayons en plan :

Il n'y a aucun rayon inférieur à RH_m , on utilise autant des valeurs de rayon supérieur ou égale à RH_n que possible.

III-3- ETUDE DES coordonnées de la route

III-3-1- Détermination des coordonnées des sommets :

Dans cette partie on a relevé à partir du tracé en plan, les coordonnées planimétriques définissant l'axe 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 et enfin on procède à la mesure des longueurs des tangentes.

- Calcul de gisements et des angles au centre :

a- Gisement :

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

Exemple : Calcul du Gisement de la direction AS :

$$GsA = \arctg \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \arctg \frac{XA - XS}{YA - YS}$$

b- Distance :

La distance AS est donnée par la relation :

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

c- L'angle au centre :

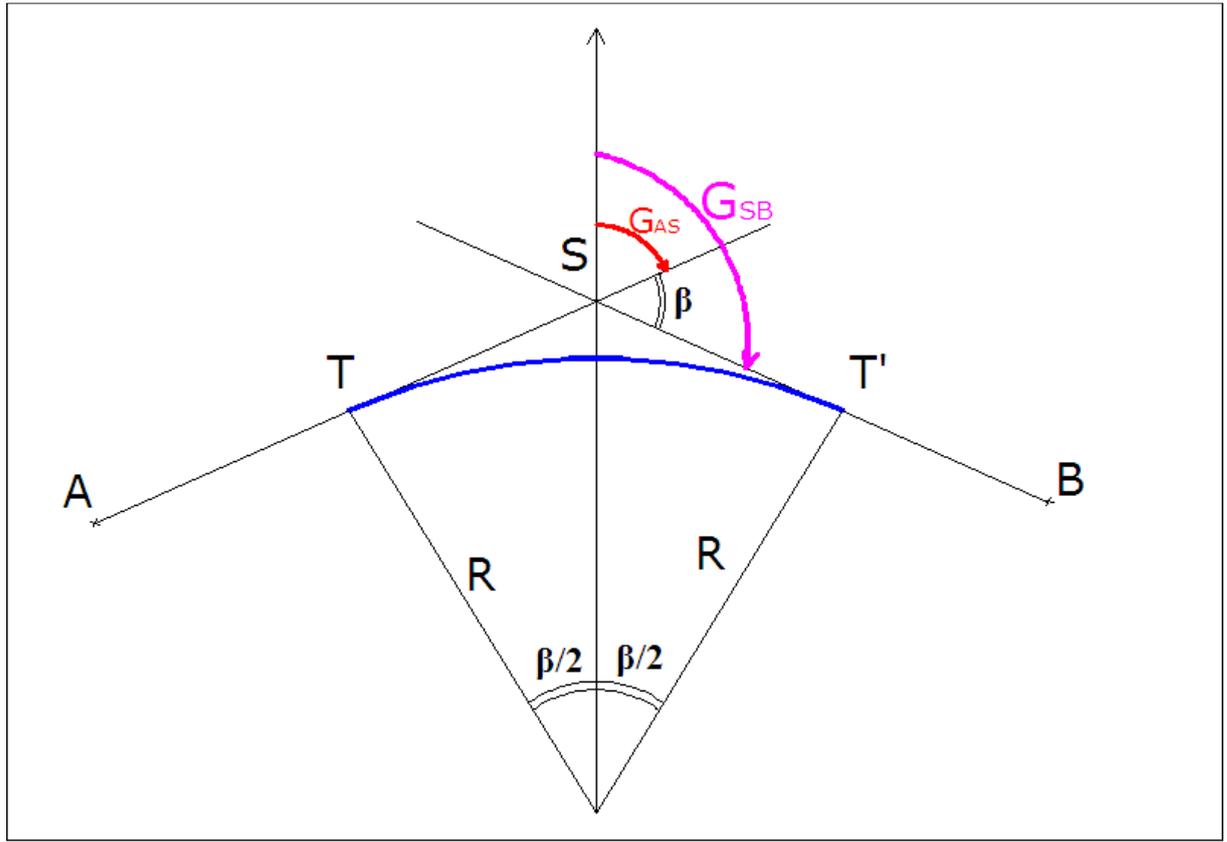


Figure 3.2 : détermination de l'angle au centre

D'après le cas de figure, l'angle au centre β est donné par :

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

CHAPITRE IV :

L'ETUDE DE LA

ROUTE EXISTANTE

CHAPITRE IV : L'ETUDE DE LA ROUTE EXISTANTE

1. INTRODUCTION :

-L'étude de la route existante nous mènera sans doute à connaître les causes qui nous ont poussé à opter pour une modernisation du chemin de wilaya CW. Et pour cela nous essayerons de faire ressortir tous les paramètres ne respectant pas les normes du B40.

Dans cette partie on calculera tous les éléments géométriques nécessaires de ce tronçon et on comparera les résultats trouvés aux normes du B40 afin de tirer les conclusions et connaître les causes de la modernisation cette route.

1.1. LES DIFFERENTES ETAPES :

- Tracer l'axe de la route existante
- Détermination des coordonnées définissant cet axe
- Détermination des rayons des parties circulaires
- Calcul des éléments des raccordements circulaires
- Calcul du pourcentage d'alignement droit et courbe
- L'environnement de la route
 - Dénivelée cumulée
 - Sinuosité
- Détermination de vitesse de référence V_r
- Calcul des rayons en plan RH_m , RH_N , RH_d et RH_{nd}

2. COORDONNEES PLANIMETRIQUE DES SOMMETS DEFINISSANT L'AXE :

Dans cette partie on relèvera à partir du tracé en plan numérique, 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 ainsi que les distances de ces alignements, on détermine ensuite les angles au centre de chaque raccordement.

N	X(m)	Y(m)	
A	20162,333	50103,043	RAYON(m)
S1	20115,388	50072,134	500
S2	20014,288	50009,832	250
S3	19823,515	49954,409	1000
S4	19682,978	49905,532	600
S5	19414,974	49885,812	500
S6	19105,531	49792,828	5000
S7	18870,741	49724,841	5000
S8	18705,691	49670,267	5000
S9	18560,544	49625,461	700
S10	18355,541	49517,357	250
S11	18268,210	49499,938	1200
S12	18079,965	49454,358	5000
S13	17811,624	49392,319	5000
S14	17383,808	49283,601	1500
S15	17083,207	49182,886	1000
B	16886,434	49121,770	

Remarque : On connotation que la route existante composée de 15 virages.

3. CALCUL DE GISEMENT DE DISTANCE ET DES ANGLES AU CENTRE :

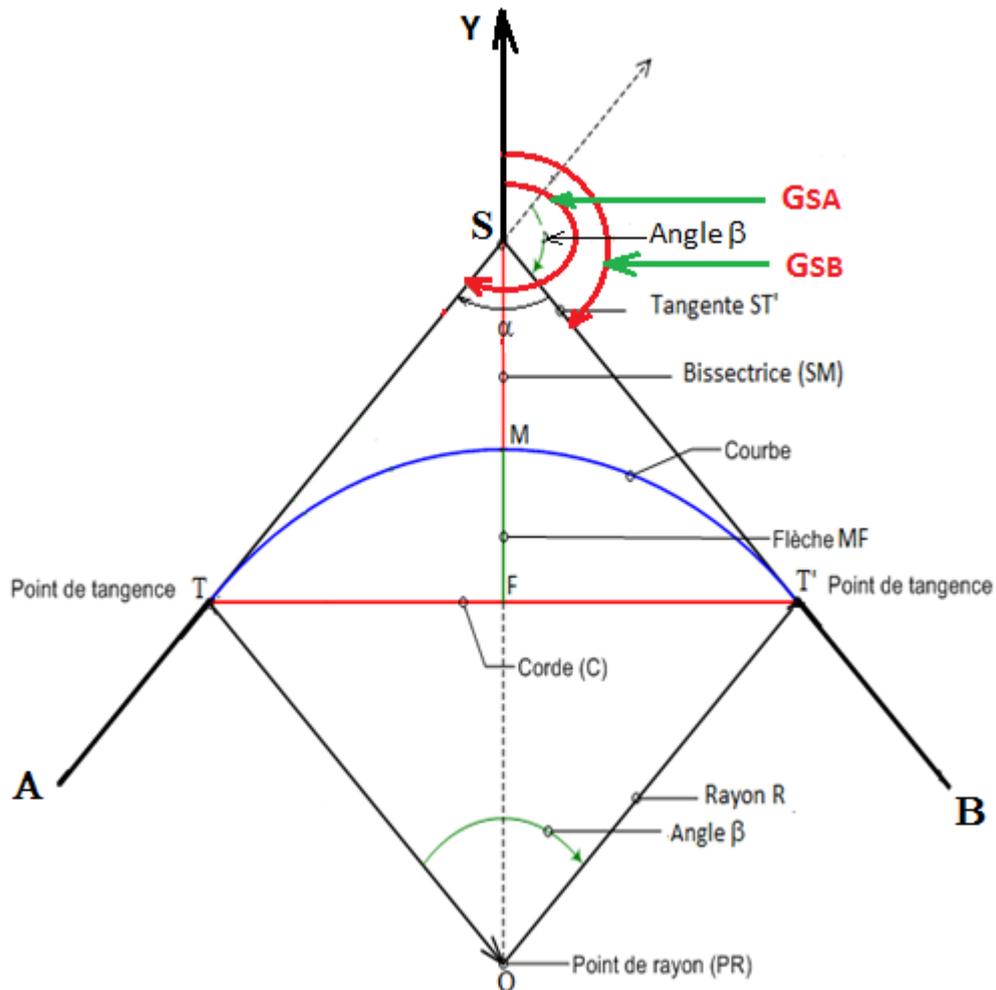


Figure 4.1 : Eléments de raccordement circulaire

-L'angle au centre :

D'après le cas de figure, l'angle au centre β est donné par :

$$\alpha = Gs1s2 - GAs1$$

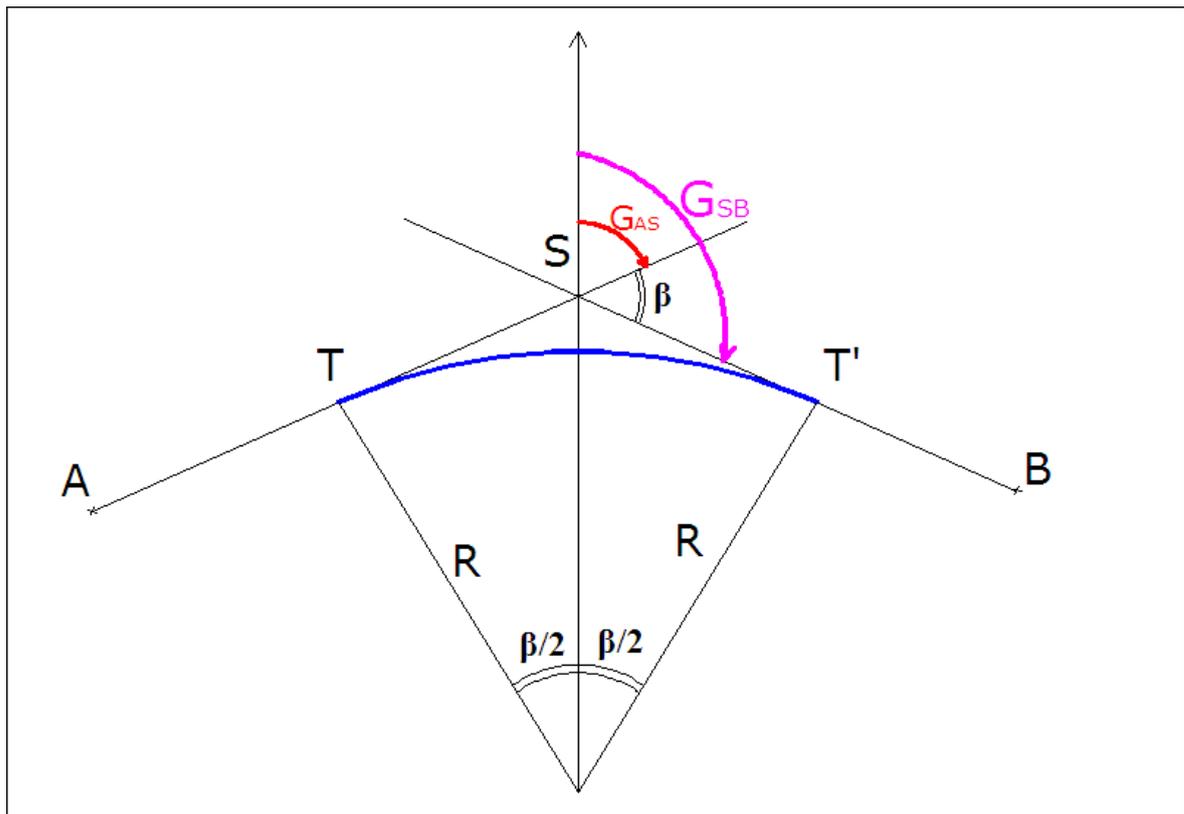


Figure 4.2: détermination de l'angle au centre

-Les coordonnées planimétriques des sommets de la route existante:

N	X	Y
A	20162.333	50103.043
1	20115.388	50072.134
2	20014.288	50009.832
3	19823.515	49954.409
4	19682.978	49905.532
5	19414.974	49885.812
6	19105.531	49792.828
7	18870.741	49724.841
8	18705.691	49670.267
9	18560.544	49625.461
10	18355.541	49517.357
11	18268.210	49499.938
12	18079.965	49454.358
13	17811.624	49392.319
14	17383.808	49283.601
15	17083.207	49182.886
B	16886.434	49121.770

Tableau 05: Coordonnées des sommets

- calcul Gisements, angles au centre et distances (tableau 5)

Direction	ΔX (m)	ΔY (m)	Gisements (gr)	Angle au centre (gr)	Distances(m)
SA-S1	-46,945	-30,909	62,9319		56,207
S1-S2	-101,100	-62.302	64,8410	B1=1,9091	118,755
S2-S3	-190,773	-55,423	82,0005	B2=17,1595	198,661
S3-S4	-140,537	-48,877	78,6921	B3=3.3084	148,794
S4-S5	-268,004	-19.720	95,3241	B4=16,6320	268,728
S5-S6	-309,443	-92,984	81,4167	B5= 13,9074	323,112
S6-S7	-234,790	-67,987	82,0564	B6=0.6397	244,435
S7-S8	-165,050	-54,574	79,6705	B7=2.3859	173,838
S8-S9	-145,147	-44,806	80,9387	B8=1.2682	151,905
S9-S10	-205,003	-108,104	69,1066	B9=11.8321	231,760
S10-S11	-87,331	-17,419	87,4664	B10=18,3598	89,051
S11-S12	-188,245	-45,580	84,8765	B11=2.5899	193,648
S12-S13	-268,341-	-62,039	85,5358	B12=0.6593	275,420
S13-S14	427,816	-108,718	84,1573	B13=1.3785	441,413
S14-S15	-300,601	-100,715	79,4186	B14=4.7387	317,025
S15-SB	-196,773	-61,116	80,8285	B15=1.4099	206,046

3.1. FORMULES DE CALCUL DES ELEMENTS DES RACCORDEMENTS CIRCULAIRES:

La tangente

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

Bissectrice

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

La développée

$$D = \frac{\pi \cdot \beta^{\text{deg}} \cdot R}{180} = \frac{\pi \cdot \beta^{\text{Grad}} \cdot R}{200} = R \cdot \beta^{\text{rd}}$$

La flèche

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

-L'angle au centre

$$\alpha = GsA - GSB$$

et

$$\beta = 200 - \alpha$$

-Gisement d'une direction

$$GsA = \operatorname{arctg} \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \operatorname{arctg} \frac{XA - XS}{YA - YS}$$

- Cas exceptionnels pour le calcul de gisement :

GIS = gis si ($\Delta X > 0$ et $Y > 0$) (avec gis > 0)

GIS = 200 - gis si ($\Delta X > 0$ et $Y < 0$) (avec gis < 0)

GIS = 200 + gis si ($\Delta X < 0$ et $Y < 0$) (avec gis > 0)

GIS = 400 - gis si ($\Delta X < 0$ et $Y > 0$) (avec gis < 0)

-Distance

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

Tableau 6 : Les éléments de raccordement

N° de virage	Rayon (m)	Tang(m)	Développée (m)	Bissectrice (m)	Flèche (m)
R1	500	7,49	14,98	0.056	0.056
R2	250	33,89	67,78	2.266	2.287
R3	1000	25,98	51,96	0.337	0.337
R4	600	78,82	157,64	5.111	5.112
R5	500	60,98	121,96	2.979	2.979
R6	5000	25,12	50,24	0.063	0.064
R7	5000	93,70	187,40	0.877	0.877
R8	5000	49,80	99,60	0.248	0.248
R9	700	65,23	130,46	3.020	3.020
R10	250	36,30	72,60	2.594	2.595
R11	1200	24,41	48,82	0.248	0.248
R12	5000	25,89	51,78	0.067	0.067
R13	5000	54,13	108,26	0.293	0.294
R14	1500	55,85	111,70	1.038	1.038
R15	1000	11,07	22,14	0.061	0.062
		Σ	1297.320 m		

-La longueur total de tronçon: Lt= 3438.750 m

-pourcentage Alignement Droit : LAD= 62.27 %

-pourcentage courbe : LC== 37.72 %

-les longueurs de trace:

la longueur des alignements droits LAD:

$$\text{AD1} = 56,207 - 7,49 = 48,717\text{m}$$

$$\text{AD4} = 148,794 - 25,98 - 78,82 = 43,994 \text{ m}$$

$$\text{AD2} = 118,755 - 7,49 - 33,89 = 77,375\text{m}$$

$$\text{AD5} = 268,728 - 78,82 - 60,98 = 128,928\text{m}$$

$$\text{AD3} = 198,661 - 33,89 - 25,98 = 138,791$$

$$\text{AD6} = 323,112 - 60,98 - 25,12 = 237,012\text{m}$$

$$\text{AD7} = 244,435 - 25,12 - 93,70 = 125,615\text{m}$$

$$\text{AD8} = 173,838 - 93,70 - 49,80 = 30,338\text{m}$$

$$\text{AD9} = 151,905 - 49,80 - 65,23 = 36,875\text{m}$$

$$\text{AD10} = 231,760 - 65,23 - 36,30 = 130,230\text{m}$$

$$\text{AD11} = 89,051 - 36,30 - 24,41 = 28,341\text{m}$$

$$\text{AD12} = 193,648 - 24,41 - 25,89 = 143,300\text{m}$$

$$\text{AD13} = 275,42 - 25,89 - 54,13 = 195,400\text{m}$$

$$\text{AD14} = 441,413 - 54,13 - 55,85 = 331,433\text{m}$$

$$\text{AD15} = 317,025 - 55,85 - 11,07 = 250,105\text{m}$$

$$\text{AD16} = 206,046 - 11,07 = 194,976\text{m}$$

$$LAD = \Sigma AD = 2141.43m$$

$$RC = \frac{\pi \cdot \beta^{Grad} \cdot R}{200}$$

$$RC1 = \frac{3.14 \cdot 1.9091 \cdot 500}{200} = 14.98 \text{ m}$$

$$RC2 = \frac{3.14 \cdot 17.1595 \cdot 250}{200} = 67.78 \text{ m}$$

La longueur totale des arcs de cercles calculées LC :

$$LC = \Sigma RC = \Sigma D = 1297.320 \text{ m}$$

-La longueur totale de tracé :

$$LT = \Sigma AD + \Sigma RC = 2141.430 + 1297.320 \quad LT = 3438.750 \text{ m}$$

-Pourcentage des alignements droits :

$$\% \text{ alignements droits} = LAD / LT = 2141.430 / 3438.750 = 62.27\%$$

-Pourcentage des courbes :

$$\% \text{ Courbes} = LC / LT = 1297.320 / 3438.750 = 37.72\%$$

Condition vérifié

N°	Distance cumulée	Distance partielle	Z TN Axe	Dn
1	0,00		191,23	
2	25,00	25,00	191,96	0,73
3	50,00	25,00	192,78	0,81
4	56,21	6,21	193,05	0,27
5	75,00	18,79	193,96	0,92
6	100,00	25,00	195,42	1,46

7	125,00	25,00	196,96	1,53
8	150,00	25,00	198,46	1,51
9	174,96	24,96	199,48	1,01
10	175,00	0,04	199,48	0,00
11	200,00	25,00	200,20	0,72
12	225,00	25,00	200,38	0,19
13	250,00	25,00	200,67	0,29
14	275,00	25,00	200,92	0,25
15	300,00	25,00	201,34	0,42
16	325,00	25,00	201,70	0,36
17	350,00	25,00	202,09	0,39
18	373,62	23,62	201,61	-0,47
19	375,00	1,38	201,56	-0,05
20	400,00	25,00	200,72	-0,84
21	425,00	25,00	200,06	-0,66
22	450,00	25,00	199,66	-0,39
23	475,00	25,00	199,49	-0,17
24	500,00	25,00	199,43	-0,06
25	522,42	22,42	199,29	-0,14
26	525,00	2,58	199,28	-0,01
27	550,00	25,00	199,20	-0,08
28	575,00	25,00	199,11	-0,09
29	600,00	25,00	198,47	-0,64
30	625,00	25,00	197,43	-1,05
31	650,00	25,00	196,17	-1,26
32	675,00	25,00	195,04	-1,13
33	700,00	25,00	193,83	-1,21
34	725,00	25,00	192,65	-1,17
35	750,00	25,00	191,35	-1,30
36	775,00	25,00	190,12	-1,23
37	791,14	16,14	189,34	-0,77
38	800,00	8,86	188,96	-0,38
39	825,00	25,00	187,70	-1,26
40	850,00	25,00	186,42	-1,28
41	875,00	25,00	185,41	-1,00
42	900,00	25,00	184,71	-0,71

43	925,00	25,00	184,19	-0,52
44	950,00	25,00	183,84	-0,34
45	975,00	25,00	183,44	-0,40
46	1000,00	25,00	183,04	-0,41
47	1025,00	25,00	182,66	-0,38
48	1050,00	25,00	182,44	-0,22
49	1075,00	25,00	182,21	-0,24
50	1100,00	25,00	182,14	-0,07
51	1114,26	14,26	182,04	-0,10
52	1125,00	10,74	182,02	-0,01
53	1150,00	25,00	182,02	-0,01
54	1175,00	25,00	182,27	0,25
55	1200,00	25,00	182,38	0,11
56	1225,00	25,00	182,53	0,15
57	1250,00	25,00	182,92	0,39
58	1275,00	25,00	183,62	0,70
59	1300,00	25,00	184,49	0,87
60	1325,00	25,00	185,40	0,90
61	1350,00	25,00	186,45	1,05
62	1358,69	8,69	186,87	0,42
63	1375,00	16,31	187,72	0,86
64	1400,00	25,00	189,08	1,36
65	1425,00	25,00	190,13	1,05
66	1450,00	25,00	190,92	0,78
67	1475,00	25,00	191,52	0,61
68	1500,00	25,00	191,86	0,34
69	1525,00	25,00	191,72	-0,15
70	1532,53	7,53	191,64	-0,07
71	1550,00	17,47	191,39	-0,26
72	1575,00	25,00	190,84	-0,54
73	1600,00	25,00	189,98	-0,87
74	1625,00	25,00	189,09	-0,89
75	1650,00	25,00	188,34	-0,75
76	1675,00	25,00	187,64	-0,70
77	1684,44	9,44	187,35	-0,29
78	1700,00	15,56	186,86	-0,50

79	1725,00	25,00	186,60	-0,26
80	1750,00	25,00	186,36	-0,23
81	1775,00	25,00	186,12	-0,24
82	1800,00	25,00	185,96	-0,16
83	1825,00	25,00	185,89	-0,07
84	1850,00	25,00	185,48	-0,41
85	1875,00	25,00	185,44	-0,04
86	1900,00	25,00	185,32	-0,12
87	1916,20	16,20	185,16	-0,16
88	1925,00	8,80	184,96	-0,20
89	1950,00	25,00	184,44	-0,51
90	1975,00	25,00	184,08	-0,37
91	2000,00	25,00	183,39	-0,69
92	2005,25	5,25	183,06	-0,33
93	2025,00	19,75	181,94	-1,12
94	2050,00	25,00	180,86	-1,08
95	2075,00	25,00	180,38	-0,48
96	2100,00	25,00	180,06	-0,32
97	2125,00	25,00	179,59	-0,47
98	2150,00	25,00	179,39	-0,19
99	2175,00	25,00	178,83	-0,56
100	2198,93	23,93	178,44	-0,39
101	2200,00	1,07	178,43	-0,02
102	2225,00	25,00	178,02	-0,40
103	2250,00	25,00	178,06	0,04
104	2275,00	25,00	177,93	-0,13
105	2300,00	25,00	177,80	-0,13
106	2325,00	25,00	177,68	-0,12
107	2350,00	25,00	177,43	-0,25
108	2375,00	25,00	177,30	-0,13
109	2400,00	25,00	177,37	0,07
110	2425,00	25,00	177,45	0,08
111	2450,00	25,00	177,52	0,07
112	2474,35	24,35	177,16	-0,36
113	2475,00	0,65	177,16	-0,01
114	2500,00	25,00	176,80	-0,36

115	2525,00	25,00	176,57	-0,23
116	2550,00	25,00	176,04	-0,53
117	2575,00	25,00	175,72	-0,33
118	2600,00	25,00	175,45	-0,26
119	2625,00	25,00	175,05	-0,40
120	2650,00	25,00	174,37	-0,68
121	2675,00	25,00	173,76	-0,60
122	2700,00	25,00	172,79	-0,98
123	2725,00	25,00	171,97	-0,82
124	2750,00	25,00	171,27	-0,70
125	2775,00	25,00	170,47	-0,79
126	2800,00	25,00	169,86	-0,61
127	2825,00	25,00	169,25	-0,61
128	2850,00	25,00	168,77	-0,48
129	2875,00	25,00	168,74	-0,03
130	2900,00	25,00	168,91	0,17
131	2915,76	15,76	169,14	0,22
132	2925,00	9,24	169,26	0,12
133	2950,00	25,00	169,00	-0,26
134	2975,00	25,00	167,94	-1,06
135	3000,00	25,00	166,63	-1,31
136	3025,00	25,00	165,88	-0,75
137	3050,00	25,00	165,02	-0,86
138	3075,00	25,00	165,10	0,08
139	3100,00	25,00	165,06	-0,03
140	3125,00	25,00	164,94	-0,12
141	3150,00	25,00	165,03	0,09
142	3175,00	25,00	164,28	-0,75
143	3200,00	25,00	162,73	-1,55
144	3225,00	25,00	161,28	-1,44
145	3232,79	7,79	160,90	-0,39
146	3250,00	17,21	160,03	-0,87
147	3275,00	25,00	159,30	-0,73
148	3300,00	25,00	158,60	-0,70
149	3325,00	25,00	157,86	-0,73
150	3350,00	25,00	157,15	-0,72

151	3375,00	25,00	156,14	-1,00
152	3400,00	25,00	155,27	-0,87
153	3425,00	25,00	154,71	-0,56
154	3438,83	13,83	154,38	-0,33
			somme DN	-36,85
			H/L=	Dc=1,07%

Tableau 07: calcul des Déclivité cumulés de la route existante

$$Dc = \frac{\sum_{pi>0} Pi + \sum_{pi<0} Pili}{L} \quad \mathbf{Dc=1,07\%}$$

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
1	Plat	Dc ≤ 1.5%
2-a	Plat mais inondable	Dc = 1.5%
2-b	Terrain Vallonné	1.5% < DC < 4%
3	Terrain montagneux	Dc > 4%

Tableau 8 : Type de topographie

6.2. SINUOSITE :

La sinuosité σ d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse L_s sur la longueur totale de l'itinéraire.

La longueur sinueuse L_s est la longueur des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m, $L_s = \sum D (R \leq 200 \text{ m})$

-Les valeurs seuils ci-dessous, déterminées par l'analyse de nombreux itinéraire en Algérie permettent de caractériser trois domaines de sinuosité.

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

Tableau 9 : Sinuosité

$$\sigma = \frac{L_s}{L_T} = 0$$

Sinuosité faible

$$L_s = \sum D (R \leq 200 \text{ m}) \quad L_s = 0 \text{ m}$$

- **Ls** : la somme des développées des rayons inférieur ou égale à 200m.

ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE EXISTANTE :

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

- La dénivelée cumulée moyenne
- La sinuosité

Tableau 7 : Environnement de la route

Sinuosité et relief	faible	moyenne	forte
plat	E1	E2	
Vallonné	E2	E2	E3
Montagneux		E2	E3

Tableau 10 : Tableau d'Environnement de la route

- ✓ Dénivelée cumulée : **Dc = 1.07% ≤ 1,5%** (terrain plat)

- ✓ Sinuosité : **$\sigma = 0$** (sinuosité faible)

Environnement : **E1**

7. VITESSE DE REFERENCE :

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

- La catégorie
- L'environnement

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

Tableau 11 : Vitesse de référence

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

Cat 03 et E 01

Vr = 80 km/h

-Détermination des dévers dmax et dmin :

	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5
dmin	-2,50%	-2,50%	-3%	-3%	-4%
dmax	7%	7%	8%	8%	9%

Tableau 12: Dévers

➤ **Détermination du coefficient transversal ft :**

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

Tableau 13: Valeur du coefficient ft

➤ **Tableau des coefficients F'' en fonction de la catégorie**

Catégorie	CAT 1	CAT 2	CAT 3	CAT 4	CAT 5
F''	0.06	0.06	0.07	0.075	0.075

Tableau 14 : Valeur du coefficient "f ''

DETERMINATION DES DEVERS DMAX ET DMIN

Dévers	Cat 3
dmin	-3,0%
dmax	8,0%
ft =	0.15
F'' =	0.07

Tableau 15 : Détermination des devers max et min

Rayons de courbure en plan

1) Rayon horizontal minimal absolu :

C'est le plus petit rayon en plan admissible pour une courbe présentant un dévers

maximal et parcourue par la vitesse de référence.

$$RHm = \frac{Vr^2 \left(\frac{Km}{h}\right)}{127(d+ft)} = \frac{80^2}{127(0.08+0.15)} = 219.10 \text{ m}$$

2) Rayon minimal normal :

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

$$RHn = \frac{(Vr+20)^2}{127(ft+d)} = \frac{(80+20)^2}{127(0.15+0.08)} = 342.34 \text{ m}$$

Le rayon minimal normal (RHn) doit permettre à des véhicules dépassant Vr de 20 km/h de roulés en sécurité.

3) Rayon au dévers minimal :

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 Vr serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit. Dévers associé **dmin = 2.5%**.

$$RHd = \frac{Vr^2}{127(2.dmin)} = \frac{80^2}{127(2 \times 0.03)} = 839.89 \text{ m}$$

4) Rayon minimal non déversé :

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toi et le divers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (Rhnd).

$$RHnd = \frac{vr^2}{127(F'' - dmin)} = \frac{80^2}{127(0.07 - 0.03)} = 1259.84 \text{ m}$$

Tableau 16 : Récapitulatif des rayons en plan

Rayons en plan	Calculés	Normes B40
RHm =	219.10m	220 m
RHN =	342.34m	375 m
RHd =	839.89m	800 m
RHnd =	1259.84m	1200m

-Le choix des rayons

Pour une route de catégorie donnée, Il n'y a aucun rayon inférieur au rayon minimum absolu RHm.

On utilisera, autant que possible des valeurs de rayons supérieures ou égales au rayon minimum normal RHN.

Etude en APD

Tracé modernisé

2) Calcul de la route du nouvel coordonnées:

-Les coordonnées planimétriques des sommets modernisé:

n	X(m)	Y(m)	Rayon(m)
1	20162.3329	50103.0434	
2	20020.4269	50012.4178	450
3	19663.6822	49902.3611	650
4	19407.7903	49884.6526	650
5	18909.6642	49734.9252	2000
6	18594.3806	49638.9288	650
7	18350.9091	49517.1614	650
8	17799.9356	49389.3490	5000
9	17393.7056	49286.1165	2000
10	16886.4337	49121.7698	

Tableau 17 : Coordonnées des sommets modernisée

➤ Gisements, angles au centre et distances :

DIRECTION	ΔX (m)	ΔY (m)	GISEMENT (gr)	ANGLE AU CENTRE (gr)	DISTANCES (m)
A-S1	-141.906	-90.6256	63.8182		168.38
S1-S2	-356.7447	-110.0567	80.9498	$\beta_1 = 17.131$	373.34
S2-S3	-255.8919	-17.7085	95.6014	$\beta_2 = 14.651$	256.50
S3-S4	-498.1261	-149.7274	81.4113	$\beta_3 = 14.190$	520.14
S4-S5	-315.2836	-95.9964	81.1841	$\beta_4 = 0.227$	329.43

S5-S6	-243.4715	-121.7674	70.4766	$\beta_5 = 10.705$	272.22
S6-S7	-550.9735	-127.8124	85.4886	$\beta_6 = 15.012$	565.60
S7-S8	-406.2300	-103.2325	84.1573	$\beta_7 = 1.331$	419.14
S8-B	507.2719	-164.3467	80.0540	$\beta_8 = 4.103$	533.23

Tableau 18 : Gisements, angles au centre et distances modernisée

-Calcul des paramètres des raccordements circulaires :

N° de virage	Rayon (m)	Tang(m)	Développée (m)	Bissectrice (m)	Flèche (m)
R1	450	60.9161	121.8322	2.25	2.25
R2	650	75.1296	150.2592	4.30	4.29
R3	650	72.7431	145.4862	4.02	4.03
R4	2000	3.5688	7.1376	3.17	3.17
R5	650	54.7919	109.5838	2.29	2.29
R6	650	76.9946	153.9892	4.51	4.51
R7	2000	20.9127	41.8254	0.10	0.11
R8	2000	64.4768	128.9536	1.03	1.04
		Σ	859.0672 m		

Tableau 19 : Calcul des paramètres de raccordement au centre modernisée

les longueurs de trace:

la longueur des alignements droits mesurée LAD:

$$AD_1 = 168.3755 - 60.9161 = 107.4594 \text{ m}$$

$$AD_2 = 373.3353 - 60.9161 - 75.1296 = 237.2896 \text{ m}$$

$$AD3=256.5039-75.1296-72.7431=108.6312 \text{ m}$$

$$AD4=520.1422-72.7431-3.5688=443.8303 \text{ m}$$

$$AD5=329.4374-3.5688-54.7919=271.0767 \text{ m}$$

$$AD6=272.2235-54.7919-76.9945=140.437 \text{ m}$$

$$AD7=565.6040-76.9946-20.9127=467.6967 \text{ m}$$

$$AD8=419.1417-20.9127-64.4768=333.7522 \text{ m}$$

$$AD9=533.2303-64.4768=468.7535 \text{ m}$$

$$LAD = \Sigma AD = 2578.9266 \text{ m}$$

La longueur totale des arcs de cercles calculées LC :

$$LC = \Sigma RC = \Sigma D = 859.0672 \text{ m}$$

$$Lc1 = \frac{3.14 * 450 * 17.1316}{200} = 121.03 \text{ m}$$

$$Lc2 = \frac{3.14 * 650 * 14.6516}{200} = 149.51 \text{ m}$$

-la longueur total de tronçon :LT= 3438.750 m

-Pourcentage Alignement Droit: LAD%= 75%

-Pourcentage courbe: LC%=25%

la longueur totale :

$$LC + LAD = 2578.9266 + 859.0672 = 3438.750 \text{ m}$$

$$LT = 3438.750 \text{ m}$$

-Pourcentage des alignements droits :

$$\% \text{ alignements droits} = LAD / LT = 2578.9266 / 3438.750 = 75\%$$

Pourcentage des courbes :

$$\% \text{ Courbes} = LC / LT = 859.0672/3438.750 = \mathbf{25\%}$$

Condition vérifié

$$Dc = \frac{\sum_{p_i > 0} P_i + \sum_{p_i < 0} P_i i}{L} \quad \mathbf{Dc=1,07\%}$$

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

Tableau 8 : Type de topographie

- SINUOSITE :

La sinuosité σ d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse L_s sur la longueur totale de l'itinéraire.

La longueur sinueuse L_s est la longueur des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m, $L_s = \sum D (R \leq 200 \text{ m})$

Les valeurs seuils ci-dessous, déterminées par l'analyse de nombreux itinéraires en Algérie permettent de caractériser trois domaines de sinuosité.

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

Tableau 9 : Sinuosité

$$\sigma = \frac{L_s}{L_T} = 0$$

Sinuosité faible

$L_s = \sum D (R \leq 200 \text{ m})$ $L_s = 0 \text{ m}$

- **Ls** : la somme des développées des rayons inférieur ou égale à 200m.

ENVIRONNEMENT DE LA ROUTE EXISTANTE :

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

- La dénivelée cumulée moyenne
- La sinuosité

Tableau 7 : Environnement de la route

Sinuosité et relief	faible	moyenne	forte
plat	E1	E2	
Vallonné	E2	E2	E3
Montagneux		E2	E3

Tableau 11 : Tableau d'Environnement de la route

- ✓ Dénivelée cumulée : $D_c = 1.07\% \leq 1,5\%$ (terrain plat)

- ✓ Sinuosité : $\sigma = 0$ (sinuosité faible)

Environnement : **E1**

- VITESSE DE REFERENCE :

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

- La catégorie
- L'environnement

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

Tableau 10 : Vitesse de référence

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

Cat 03 et E 01

Vr = 80 km/h

-Détermination des dévers dmax et dmin :

	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5
dmin	-2,50%	-2,50%	-3%	-3%	-4%
dmax	7%	7%	8%	8%	9%

Tableau 13: Dévers

➤ **Détermination du coefficient transversal ft :**

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

Tableau 14: Valeur du coefficient ft

➤ **Tableau des coefficients F'' en fonction de la catégorie**

Catégorie	CAT 1	CAT 2	CAT 3	CAT 4	CAT 5
F''	0.06	0.06	0.07	0.075	0.075

Tableau 14 : Valeur du coefficient "f ''

DETERMINATION DES DEVERS DMAX ET DMIN

Dévers	Cat 3
dmin	-3,0%
dmax	8,0%
ft =	0.15
F'' =	0.07

Tableau 15 : Détermination des devers max et min

Rayons de courbure en plan

1) Rayon horizontal minimal absolu :

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

$$RHm = \frac{Vr^2 \left(\frac{Km}{h}\right)}{127(d+ft)} = \frac{80^2}{127(0.08+0.15)} = 219.10 \text{ m}$$

2) Rayon minimal normal :

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

$$RHn = \frac{(Vr+20)^2}{127(ft+d)} = \frac{(80+20)^2}{127(0.15+0.08)} = 342.34 \text{ m}$$

Le rayon minimal normal (RHn) doit permettre à des véhicules dépassant Vr de 20 km/h de roulés en sécurité.

3) Rayon au dévers minimal :

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 Vr serait équivalente à celle subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit. Dévers associé **$d_{min} = 2.5\%$** .

$$RHd = \frac{Vr^2}{127(2.d_{min})} = \frac{80^2}{127(2 \times 0.03)} = 839.89 \text{ m}$$

4) Rayon minimal non déversé :

Si le rayon est très grand, la route conserve son profil en toi et le divers est négatif pour l'un des sens de circulation ; le rayon min qui permet cette disposition est le rayon min non déversé (Rhnd).

$$RHnd = \frac{Vr^2}{127(F'' - d_{min})} = \frac{80^2}{127(0.07 - 0.03)} = 1259.84 \text{ m}$$

Tableau 16 : Récapitulatif des rayons en plan

Rayons en plan	Calculés	Normes B40
RHm =	219.10m	220 m
RHN =	342.34m	375 m
RHd =	839.89m	800 m
RHnd =	1259.84m	1200m

Le choix des rayons

Pour une route de catégorie donnée, Il n'y a aucun rayon inférieur au rayon minimum absolu RHm.

On utilisera, autant que possible des valeurs de rayons supérieures ou égales au rayon minimum normal RHN.

Chapitre : V

LES RACCORDEMENTS PROGRESSIVES

IV-1- DEVERS

IV-2- COURBE DE RACCORDEMENT

CHAPITRE V

LES RACCORDEMENTS PROGRESSIVES

V-1- DEVERS :

Des études de cas montrent qu'un dévers inversé est un facteur accidentogène explicatif important. La reprise du dévers dans ces cas améliore la sécurité du site et change fortement les trajectoires des véhicules.

Un changement de dévers dans la partie circulaire de la courbe est un facteur d'accident entraînant :

- Une mauvaise trajectoire des véhicules
- Une accumulation d'eau sur chaussée dans la courbe

V-1-1- Devers en alignement :

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

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

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

Les valeurs suivantes sont adoptées en Algérie **Devers minimal : $d_{min} = 2.5 \%$**

Ce devers ne sera prévu que si la chaussée doit être exécutée dans de bonnes conditions (couche de base réalisée au finisseur et guidée sur fil). Il sera réservé essentiellement aux routes de catégorie 1 et 2.

V-1-2- Devers vers l'intérieur des courbes :

En courbe, le devers permet de :

- Assurer un bon écoulement des eaux superficielles
- Compenser une fraction de la force centrifuge et assurer la stabilité dynamique des véhicules
- Améliorer le guidage optique.

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

- **Le devers maximal** : admissible dans les courbes est essentiellement limité par les conditions de stabilité des véhicules lents ou l'arrêt, dans des conditions météorologiques exceptionnelles.

Les valeurs préconisées pour les normes algériennes sont les suivantes :

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

Tableau 2 : Devers en fonction de l'environnement

V-2- COURBE DE RACCORDEMENT :

Le raccordement direct de deux alignements droits par un arc de cercle ne tient pas compte de la vitesse des véhicules qui l'empruntent.

En effet, dans un virage à rayon de courbure constant, tout véhicule est soumis à une action centrifuge d'intensité inversement proportionnelle au rayon R. Quand on passe de l'alignement droit à l'arc de cercle, la valeur du rayon R passe brutalement d'une valeur infinie (droite) à une valeur finie (cercle), ce qui demande en théorie au conducteur une manoeuvre brutale et instantanée d'adaptation de sa trajectoire sur une distance nulle ; sa seule marge de manoeuvre est due à la largeur de la chaussée.

Pour réaliser la transition en douceur du rayon infini au rayon fini de l'arc de cercle, on intercale entre l'alignement droit et l'arc de cercle un raccordement progressif.

La même transition se retrouve en fin de virage pour revenir à l'alignement suivant.

Le raccordement progressif permet aussi de passer graduellement du dévers de chaussée en alignement droit au dévers de chaussée en arc de cercle.

- Rôle et nécessité

- Stabilité transversale des véhicules.
- Confort des passages en véhicules.

- Transition de la forme de la chaussée.
- Tracé élégant, souple fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

V-2-1- Type de courbe de raccordement :

Parmi les courbes mathématiques connues qui satisfont la condition désirée d'une variation continue de la courbe, on a trois types de courbes suivantes :

a) parabole cubique : L'emploi de cette courbe est limité vu le maximum de sa courbure vite atteint (utilisée dans les tracés de chemins de fer).

b) Lemniscate : Courbe utilisée pour certains problèmes de tracé de route par exemple trèfle d'autoroute sa courbure est proportionnelle à la longueur du rayon vecteur à partir du point d'inflexion ou centre de symétrie.

c) Clothoïde :

La clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine ou il est infini jusqu'au point asymptotique ou il est nul. la courbure de la clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc. Parcourue à vitesse constante, la clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

V-2-2- Raccordement progressif :

V-2-2-1- Introduction :

Pour réaliser la transition en douceur du rayon infini au rayon fini de l'arc de cercle, on intercale entre l'alignement droit et l'arc de cercle un raccordement progressif. La même transition se retrouve en fin de virage pour revenir à l'alignement suivant. Le raccordement progressif permet aussi de passer graduellement du dévers de chaussée en alignement droit au dévers de chaussée en arc de cercle. La courbe la plus utilisée est la clothoïde.

V-2-2-1- : Eléments d'une clothoïde :

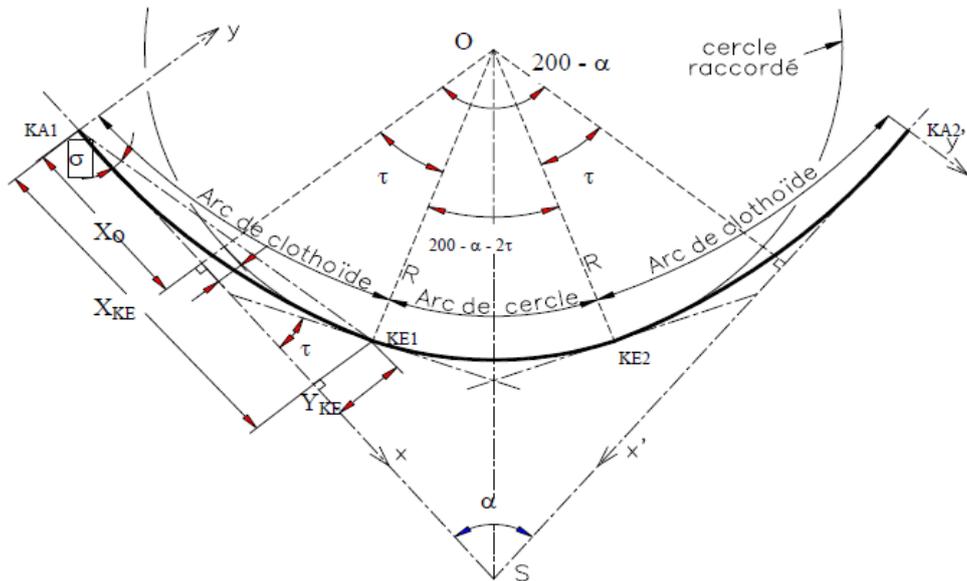


Figure 04 : éléments d'un clothoïde.

figure 5.2:éléments d'un clothoïde

A. la Clothoïde :

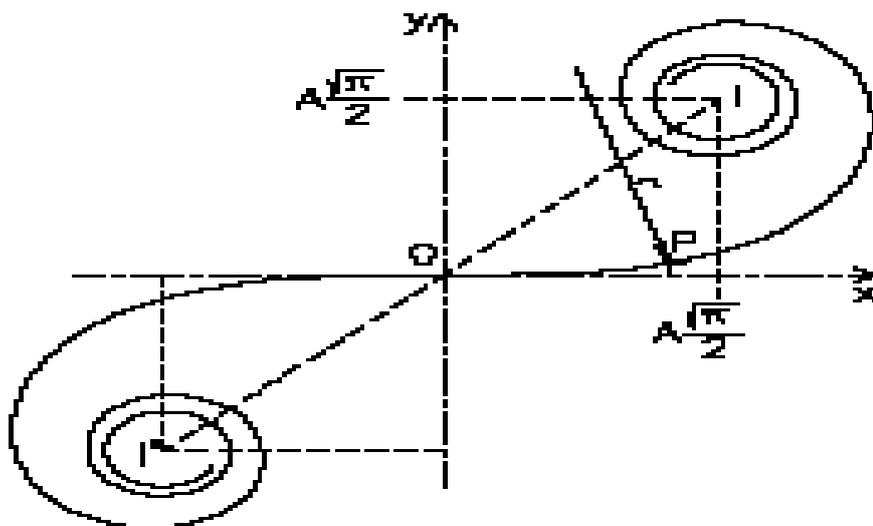


Figure 5.3: Clothoïde

Le rayon de courbure d'une clothoïde varie progressivement d'une valeur infinie en O, point de tangence avec l'alignement Ox, à une valeur finie, r, en un point donné P de la courbe. Un véhicule qui parcourt cette courbe voit donc le rayon de braquage de ses roues diminuer progressivement en passant par toutes les valeurs comprises entre l'infini et r. L'équation caractéristique est donnée par :

$$A^2 = R.L$$

Le calcul des caractéristiques de ces raccordements à courbure progressive permet de respecter les conditions de stabilité du véhicule, et de confort dynamique des usagers. Ces conditions tendent à limiter la variation de sollicitation transversale des véhicules. Dans la pratique, ceci revient à fixer une limite à la variation d'accélération tolérée par seconde.

B. Longueur de raccordements:

La longueur des raccordements progressifs est une combinaison de plusieurs conditions de natures différentes :
parmi ces conditions les trois principales sont:

B.1- La condition de confort dynamique :

Cette condition a pour objet d'assurer l'introduction progressive du dévers et de la courbure de façon en particulier à respecter les conditions de stabilité et de « confort

dynamique », en limitant par unité de temps, la variation de la sollicitation transversale des véhicules.

$$L_1 = \frac{vr^2}{18} \cdot \left(\frac{vr^2}{127R} - \Delta d \right)$$

B.2- La condition Optique :

Cette condition a pour objet d'assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels, et en particulier de rendre perceptible suffisamment à

l'avance la courbure du tracé, de façon à obtenir la sécurité de conduite la plus grande possible.

$$L_2 \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R}$$

B.3- Condition de gauchissement :

La demi- chaussée extérieur au virage est une surface gauche qui imprime un mouvement de balancement au véhicule dont le raccordement doit être assuré. Un aspect satisfaisant en particulier dans les zones de Variation des dévers.

A cet effet on limite la pente relative de profil en long du bord de la chaussée déversée et de son axe de tel sorte $\Delta p < 0,5/VR$.

$$L_3 \geq l \cdot \Delta d \cdot Vr$$

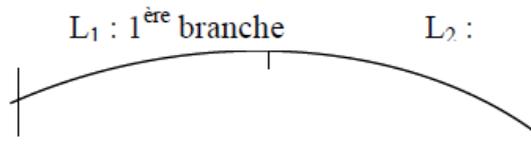
L : longueur de raccordement.

l : largeur de la chaussée.

➤ **Vérification de non chevauchement :**

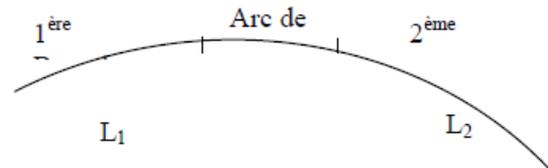
1^{er} cas : $\tau = \frac{\beta}{2}$

➔ **Clothoïde sans arc de cercle.**



2^{ème} cas : $\tau < \frac{\beta}{2}$

➔ **Clothoïde avec arc de cercle.**



3^{ème} cas : $\tau > \frac{\beta}{2}$

➔ **Clothoïde impossible**



-Application au projet :

- Vitesse de référence : $V_r=80$ km/h ; $d_{max}= 7.00\%$; $d_{min}= -2.50\%$
- Rayon : $R= 450$ m ; $\Delta R=1$ m ; $l=7.00$ m ; $\beta=12.2648$ gr

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

Exemple pour $R=500$ m :

a- Condition d'optique :

Comme $R = 450$ m ≤ 1500 m

$\Delta R = 1$

$$L_1 \geq \sqrt{24 * \Delta R * R}$$

$$L_1 = \sqrt{24 * 1 * 450} \quad L_1 \geq 103,923 \text{ m}$$

b- Condition de gauchissement :

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

$$L = 7 \text{ m}$$

$$V_r = 100 \text{ Km/h}$$

$$L_2 \geq 7 \times 0.095 \times 80$$

$$L_2 \geq 53.2 \text{ m}$$

c- Condition dynamique :

$$L_3 \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127 * 450} - 0.095 \right)$$

$$L_3 \geq 6.039 \text{ m}$$

$$L = \text{Max} (L_1, L_2, L_3) = 103.923 \text{ m.}$$

$$\tau_1 = \frac{L}{2R} = \frac{103.923}{2 * 450} = 7.351 \text{ gr}$$

Donc : $\tau < \beta/2$

il y a une Clothoïde.

a- Condition d'optique :

Comme $R = 650 \text{ m} \leq 1500 \text{ m}$

$$\Delta R = 1$$

$$L \geq \sqrt{24 * \Delta R * R}$$

$$L = \sqrt{24 * 1 * 650} \quad L_1 \geq 124,900 \text{ m}$$

c- Condition dynamique :

$$L3 \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127*650} - 0.095 \right) \quad L3 \geq 6.212 \text{ m}$$

$$L = \text{Max} (L1, L2, L3) = 124.900 \text{ m.}$$

$$\tau 1 = \frac{L}{2R} = \frac{124.900}{2*650} = 6.116 \text{ gr}$$

Donc : $\tau 2 < \beta / 2$

il y a une Clothoïde.

6.1. DETERMINATION DES LONGUEUR DES CLOTHOIDES :

Conditions								
	Optique	Gauchissement	Confort odynamique	Chevauchement				
N° Vi ra ge s	L1	L2	L3	τ	Lmax	L choisi e	$\beta_i/2$	
1	103.92 m	53.200 m	6.039 m	7.351 gr	103. 923	104 m	8.5658 gr	pas de chevauchement
2	124.90 m	53.200 m	6.212 m	6.116 gr	124. 900	125 m	7.3258 gr	pas de chevauchement
3	124.90 m	53.200 m	6.212 m	6.116 gr	124. 900	125 m	7.0950 gr	pas de chevauchement
5	124.90 m	53.200 m	6.212 m	6.116 gr	124. 900	125 m	5.3537 gr	pas de chevauchement
6	124.90 m	53.200 m	6.212 m	6.116 gr	124. 900	125 m	0.6656 gr	pas de chevauchement

Tableau 36 : Formule de calcul des éléments de la clothoïde

Paramètre de la clothoïde (m)	$A = \sqrt{R \cdot L}$
Angle des alignements droits	α
Angle au centre (Raccordement circulaire)	$\beta = 200 - \alpha$
Angle des tangentes	$\tau = \frac{L}{2R}$
Angle Polaire	$\sigma = \text{arctg} \frac{Y_{KE}}{X_{KE}}$
Angle au centre Partie circulaire	$\gamma = 200 - \alpha - 2\tau$
Abscisse de l'extrémité de la clothoïde	$X_{KE} = L - \frac{L^3}{40L^4}$
Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde.	$Y_{KE} = \frac{L^2}{6R}$
Longueur de la corde KA-KE	$SL = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2}$
Abscisse du centre	$X O = X_{KE} - R \sin \tau$

Ordonnées du centre	$Y O = Y_{KE} + R \cos \tau$
Ripage	$\Delta R = \frac{L^2}{24R}$
Développée totale	$DT = 2L + \text{Dev cercle}$
Distance S-KA	$T = X O + (R + \Delta R) \cotg(\alpha / 2)$
Tangente courte	$TK = \frac{Y_{KE}}{\sin \tau}$

Tableau 22 : Valeur les éléments de la clothoïde

Paramètres de la clothoïde		Virage 1	Virage 2	Virage 3	Virage 5
R	Rayon	450 m	650 m	650 m	650 m
L	Longueur de la clothoïde (m)	104 m	125 m	125 m	125 m
$A = \sqrt{R \times L}$	Paramètre de la clothoïde (m)	216.333 m	285.043 m	285.043 m	285.043 m
α (grd)	Angle au sommet (gr)	182.8684	185.3484 gr	185.8099 gr	189.2925 gr

$\beta = 200 - \alpha$ (grd)	Angle au centre Partie circulaire (gr)	17.1316 gr	14.6516 gr	14.1901 gr	10.7075 gr
$\tau = L/2.R$ (grd)	Angle des tangentes (gr)	7.351 gr	6.116 gr	6.116 gr	6.116 gr
$\gamma = 200 - \alpha - 2 \times \tau$ (grd)	Angle au centre Partie circulaire (gr)	2.4296 gr	2.4196 gr	2.4196 gr	2.4196 gr
$XKE = L - (L^3 / 40 \times R^4)$	Abscisse de l'extrémité de la	104.00 m	125.00 m	125.00 m	125.00 m

	cloth. (m)				
$YKE = L_2 / 6.R$	Ordonnée de l'extrémité de la cloth. (m)	4.01 m	4.01 m	4.01 m	4.01 m
$\sigma = \arctg (YKE/XKE)$	Angle Polaire (gr)	2.45 gr	2.04 gr	2.04 gr	2.04 gr
$L \text{ cercle} = \pi.R.\gamma / 200$	longueur de la partie circulaire (m)	17.1651 m	24.6920 m	24.6920 m	24.6920 m
$SL = \sqrt{X_2KE + Y_2KE}$	Longueur de la corde KA-KE (m)	104.07 m	125.06 m	125.06 m	125.06 m
$XO = XKE - R \times \sin \tau$	Abscisse du centre (m)	52.15 m	62.26 m	62.26 m	62.26 m

$\Delta R = L_2 / 24.R$	Ripage (m)	1.001 m	1.001 m	1.001 m	1.001 m
$DT = 2L + L \text{ cercle}$	Développée totale (m)	917.165 m	1324.692 m	1324.692 m	1324.692 m
$TK = YKE / \sin \tau$	Tangente courte (m)	34.80 m	41.80 m	41.80 m	41.80 m
$TL = XKE - (YKE / \cos \tau)$	Tangente Longue (m)	99.96	120.97	120.97	120.97

Tableau 23 : Valeur les éléments de la clothoïde

6.3. VARIATION DU DEVERS 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.

$$d_{min} \quad \text{si } x < \frac{6L}{\Delta d}$$

dint =

$$d_{ext} \quad \text{si } x > \frac{6L}{\Delta d}$$

7. Application au projet:

Tableau 38 : Variation de devers pour le rayon 450 m

Virage 1	
L =	104 m
Δd =	9.5 %
X=	66 m

N° Profil	xi (m)	dext	dint
KA1	0	-2.5%	-2.5%
P1	10	-1.58	-1.58
P2	20	-0.67	0.67
P3	30	0.24	0.24
P4	40	1.15	1.15
P5	50	2.06	2.06
P6	60	2.98	2.98
P7	70	3.89	3.89
P8	80	4.80	4.80
P9	90	5.72	5.72
P10	100	6.63	6.63
KE1	104	7	7

R = 450 m L = 104 m d(R) = 7 % dmin = 2,50% Δd= 9,50%

- 1ère branche de clothoïde :

- Devers du bord extérieur :

L'équation élémentaire de la droite : $Y = a*x + b$

$Y = b = d_{min} = 2,5\%$

- Devers extérieur:

$$d_{ext} = \left(\frac{Dd}{L} * x\right) - 2.5\% =$$

Tableau 39 : Variation de devers pour le rayon 650 m

Virage 2=3=5	
L =	125 m
$\Delta d =$	9.5 %
X=	79 m

N° Profil	xi (m)	dext	dint
KA2=KA3=KA5	0	-2.5%	-2.5%
P1	10	-1.74	-1.74
P2	20	-0.98	0.98
P3	30	-0.22	0.22
P4	40	0.54	0.54
P5	50	1.30	1.30
P6	90	2.06	2.06
P7	100	2.82	2.82
P8	110	3.58	3.58
P9	120	4.34	4.34
P10	125	7	7

Chapitre : VI

PROFIL EN LONG

V -1- DEFINITION

V -2- LIGNE PROJET

V -3- COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU
PROFIL EN LONG

CHAPITRE VI : PROFIL EN LONG

1. DEFINITION :

Le profil en long est une coupe verticale passant par l'axe de la route, développé et Représentée sur un plan à une échelle. Ou bien c'est une élévation verticale dans le sens de L'axe de la route de l'ensemble des points constituant

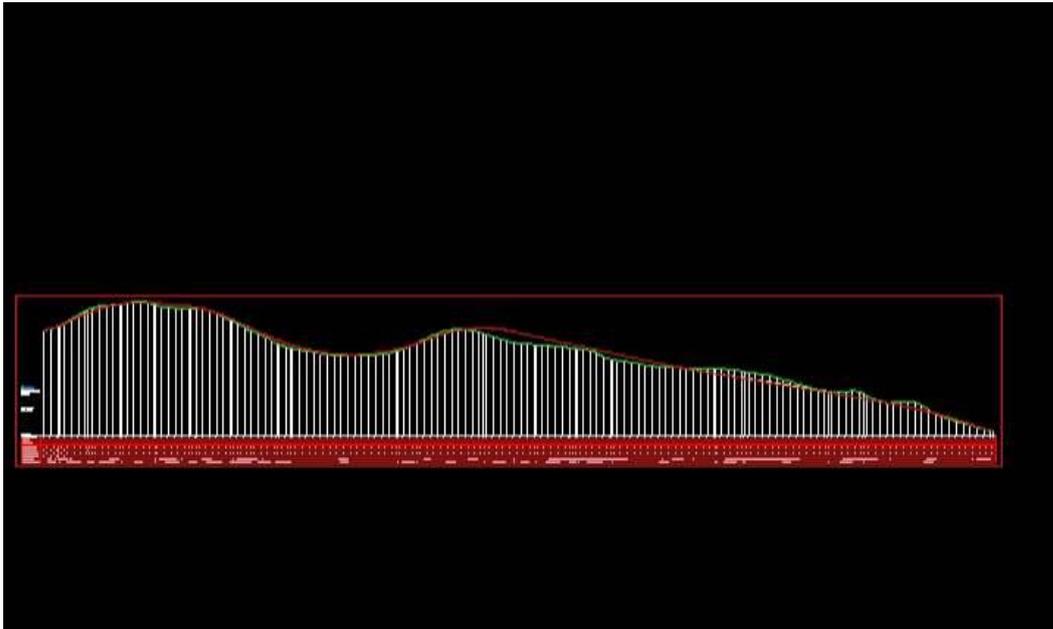


figure 6.1: profil en long de notre projet

2. Elément géométrique du profil en long :

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

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

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

Dans ce paragraphe, nous citerons les règles, avec des exceptions, qui doivent être prises en compte lors de la conception de sections longitudinales. Le développement des itinéraires sera basé 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.
- Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai, qui complique l'évacuation des eaux et isole la route du paysage.
- Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment.

VI -2-1- Eléments constituant la ligne rouge :

Sur le profil en long terrain naturel qui est constitué par des fichiers de commande du logiciel Covadis en utilisant la coordonnée z comme étant la cote projet de la route, on a conçu la ligne rouge de notre dédoublement qui est lui-même constituée de :

A- Les alignements:

Les alignements sont des segments droits caractérisés par leurs déclivités.

B- Déclivité :

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

B.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%.

B.2-Déclivité maximale :

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

Elle dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée qui concerne tout les véhicules, et aussi de la réduction de la vitesse qu'il provoque qui concerne le poids lourd

- L'effort de freinage des poids lourds est très important 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.

- $V_r = 80$ (Km/h)

-Catégorie 03 déclivité maximale = **6%**

-Environnement E1

-**Remarque :** l'augmentation excessive des rampes provoque ce qui suit :

-Effort de traction est considérable.

-Consommation excessive de carburant.

-Faibles vitesses.

-Gène des véhicules.

C- Raccordement en profil en long :

C.1- Raccordements verticaux :

Les changements de déclivités constituent des points particuliers au niveau du profil en long.

A cet effet, le passage d'une déclivité à une autre, doit être adouci par

l'aménagement de raccordement parabolique où leur conception est subordonnée à la prise en considération de la visibilité et du confort.

On distingue donc deux types de raccordement :

C.2- Raccordement convexe (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccordements paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'oeil humain. Les conceptions

doivent satisfaire aux conditions suivantes :

-Condition de confort :

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe, le véhicule subit une accélération verticale importante, qui modifie sa stabilité et gêne les usagers.

$$R_v = \frac{D_1^2}{2(h_0 + h_1 + 2*(h_0 * h_1))}$$

D1 : la distance d'arrêt.

h0 : hauteur de l'oeil.

h1 : hauteur de l'obstacle.

Pour les chaussées unidirectionnelles, les valeurs retenues pour le rayon minimal absolu assurent pour un oeil placé à 1.10 m de hauteur, la visibilité derrière l'angle saillant

de l'obstacle éventuel de 0.15m cat 1-2 ou 0.20 m cat 3-4-5 a la distance d'arrêt $d_{(v_r)}$.

$$R_{vm} = a.d^2$$

$a = 0.24$ pour les catégories 1 et 2

$a = 0.22$ pour les catégories 3, 4 et 5

Pour notre cas le rayon vertical minimal correspondant à une vitesse de base de 80 km/h est de :

$$R_{vm1} = 0.22 * d^2 = 901.12 \text{ m}$$

Les rayons minimaux normaux sont obtenus par application de mêmes relations pour la vitesse $V = V_r + 20 = 80 \text{ km/h}$ et $d = 99 \text{ m}$

$$R_{vn} = 0.22 d^2 = 2156.22 \text{ m}$$

Les valeurs retenues pour les rayons minimaux absolus (d'après le B40) sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau 24 : Récapitulatif des rayons en angle saillant

Rayon RV	V _{v1} Symbole	120	100	80	60	40	
CAT 3-4-5 unidirectionnel	min. absolu	RV m1	10000	4500	2000	800	250
	.min. normal	RV n1	15000	10000	4500	2000	800
Bidirectionnel	.min . absolu	RV m2	16000	8000	3500	1300	450
	.min . normal	RV n2	16000	16000	8000	3500	1300
	.dépassement	RV D	27000	16000	9000	5000	2300

RVm1 = 2000

RVn1 = 4500

8.1. RACCORDEMENTS CONCAVES (ANGLE RENTRANT) :

Dans le cas de raccordement dans les points bas, la visibilité du jour n'est pas déterminante, plutôt c'est pendant la nuit qu'on doit s'assurer que les phares du véhicule devront éclairer un tronçon suffisamment long pour que le conducteur puisse percevoir un obstacle, la visibilité est assurée pour un rayon satisfaisant la relation :

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

Soit : $\frac{g}{30}$ pour la CAT 3.

8.1.1. Rayon minimal absolu

$$\frac{Vr^2}{RVM'} = \frac{g}{30} = RVM' = Vr^2 * 30$$

$$Rvm(Vr) = Vr^2 * 30 = 80^2 * 0.30 = 1920 \text{ m}$$

8.1.2. Rayon minimal normal

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

$$R_{vn}' = R_{vm}'(V_r + 20)$$

$$R_{vn} = R_{vm} (V_r + 20)$$

$$R_{vn} = 0.3 * 100^2 = 3000 \text{ m}$$

Rayon R'V	V _{v1} Symbole	120	100	80	60	40
CAT 3-4-5						
. min. absolu	R'Vm	3500	2400	1600	1100	500
. min. normal	R'Vn	4500	3500	2400	1600	1100

$$R'V_m = 1600$$

$$R'V_n = 2400$$

CHAPITRE VII :

DIMENSIONNEMENT DU CORPS

DE CHAUSSEE

CHAPITRE VII : DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

1. INTRODUCTION:

La qualité des travaux routiers ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'une bonne coupe longitudinale. En effet, une fois construite, la route devra faire face à l'agressivité et à la surcharge d'exploitation de facteurs externes : le rôle des essieux des véhicules, notamment des poids lourds. Et les gradients thermiques, pluie, neige, glace, etc....

Pour ce faire, il est nécessaire d'assurer non seulement de bonnes propriétés géométriques de la chaussée, mais également de bonnes propriétés mécaniques afin qu'elle puisse supporter toutes les charges pendant toute la période de ralenti. La qualité de la construction des chaussées joue un rôle clé. Cela commence par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à façonner.

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

Tout cela est basé sur les paramètres très basiques suivants :

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

V.2. Principe de la constitution des chaussées:

Un corps de route est une structure principalement utilisée pour répartir les charges roulantes sur le sol sous-jacent (sol). Les routes doivent permettre le passage des véhicules dans de bonnes conditions vitesse, sécurité et sans usure excessive du matériel roulant. La surface de roulement ne doit pas être déformée sous l'influence de :

V.2.1. Des intempéries :

Les changements de température créent des champs de contrainte dans les solides élastiques et produisent également des effets de gel-dégel. D'autre part, la lumière du soleil affecte la déformation des mélanges d'asphalte et affecte également le vieillissement de l'asphalte.

V.2.2. De la charge des véhicules :

La charge maximale autorisée par un jumelage isolé est de 65 KN (6,5 tonnes) soit un essieu standard de 130 KN (13 t). Il arrive également que cette charge maximale soit dépassée à cause du phénomène de surcharge.

V.2.3. Des efforts tangentiels :

Lorsqu'un véhicule est en mouvement des efforts horizontaux apparaissent du fait :

- De la transmission de l'effort moteur aux roues ou frottement des pneumatiques sur la chaussée lors du freinage.
- De l'entraînement (mise en rotation) des roues non motrices.
- De la réaction due à la résistance aux efforts transversaux.
- Toutes ces actions tangentielles s'accompagnent de frottement dans lesquels se dissipent de l'énergie et qui usent les pneumatiques et la couche de surface de la chaussée.

V.3.Définition de chaussée :

Les chaussées sont des structures multicouches souples, rigides et semi-rigides de matériaux granulaires traités ou non traités avec des liants hydrocarbonés ou hydrauliques. Cette structure a pour fonction d'absorber les charges horizontales et verticales et de les transférer au sol porteur.

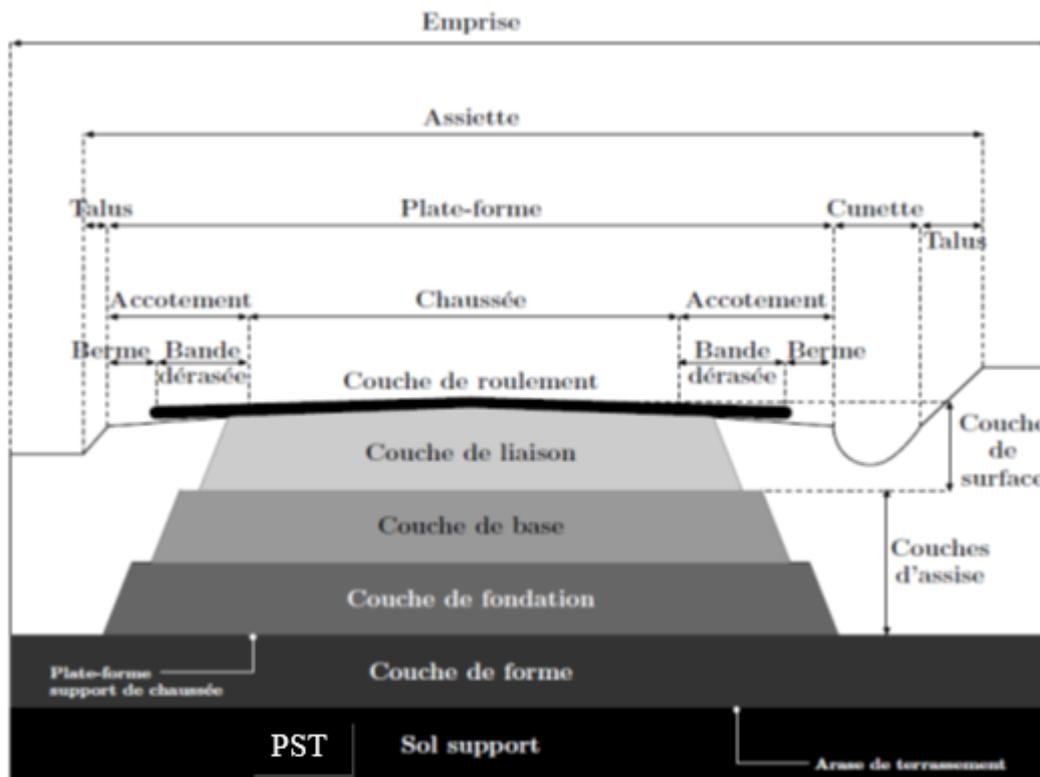


Figure 7.1 : Coupe transversale d'une chaussée.

V.4. Les différentes structures de chaussée :

Selon la diffusion des pressions il existe deux modes de fonctionnement mécanique des chaussées :

- Chaussée souples.
- Chaussées semi-rigides.
- Chaussées rigides.

V.4.1. Chaussée souple :

C'est une structure de chaussée dans laquelle l'ensemble des couches liées qui la constituent sont traitées aux liants hydrocarbonés. La couche de fondation et/ou la couche de base peuvent être constituées de grave non traitée. En principe une chaussée peut avoir en ordre les 04 couches suivantes :

a) Couche de roulement (Surface) :

La couche supérieure de la structure de chaussée sur laquelle s'exercent directement les agressions conjuguées du trafic et du climat. La couche de surface constituant la chape (couche de surface) de protection de la couche de base par sa dureté. L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre **6 et 8 cm**.

b) Couche de base :

Deuxième phase de la couche d'assise de la route, la couche de base est formée de :

grave ciment ou **grave émulsion**. Il absorbe les forces verticales et répartit les contraintes normales résultantes sur les couches sous-jacentes.

Avec la couche de fondation elle apporte à la chaussée la résistance mécanique nécessaire pour supporter les charges induites par le trafic. L'épaisseur de la couche de base varie entre **10 et 25 cm**.

c) Couche de fondation :

Complètement en matériaux non traités (en Algérie), Elle a le même rôle que celui de la couche de base. La couche de base and couche de fondation forme le «corps de chaussée».

d) Couche de forme :

La couche de forme est une couche particulière de la chaussée située entre la Partie Supérieure du Terrassement (PST) et la couche d'assise. Elle permet notamment d'adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux qui constituent la PST (en remblai ou en du terrain en place) aux caractéristiques mécaniques, géométriques, hydrauliques et thermiques prises comme hypothèses dans la conception de la structure de chaussée. L'épaisseur de cette couche entre **40 et 70 cm**.

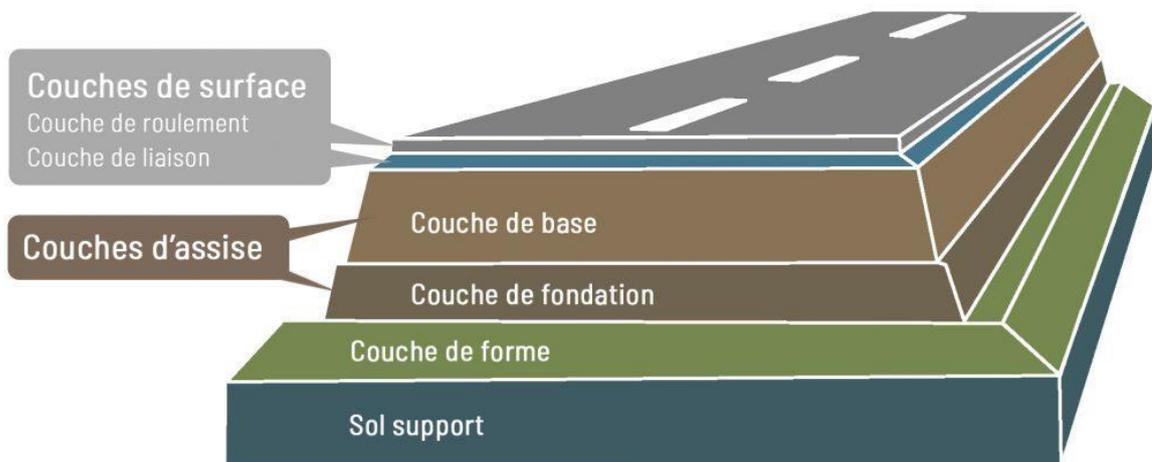


Figure5.2 : Chaussée souple.

V.4.2. Les Chaussées semi-rigides :

Ils sont constitués d'une couche superficielle bitumineuse au-dessus d'une base de matériau traité au liant hydraulique en une (base) ou deux (base et fondation).

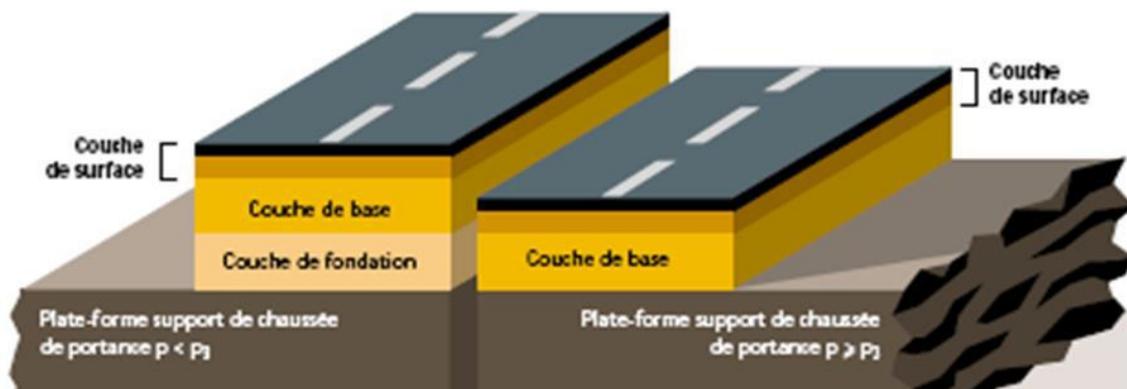


Figure5.3 : Chaussée semi- rigide.

V.4.3. Les chaussées rigides :

Les chaussées rigides sont constituées de chaussées en béton de ciment perméables ou fluides.

En règle générale, une chaussée en béton comporte, à partir du sol, les couches suivantes

- Une couche de forme.
- Une couche de fondation
- Une couche de roulement en béton de ciment.

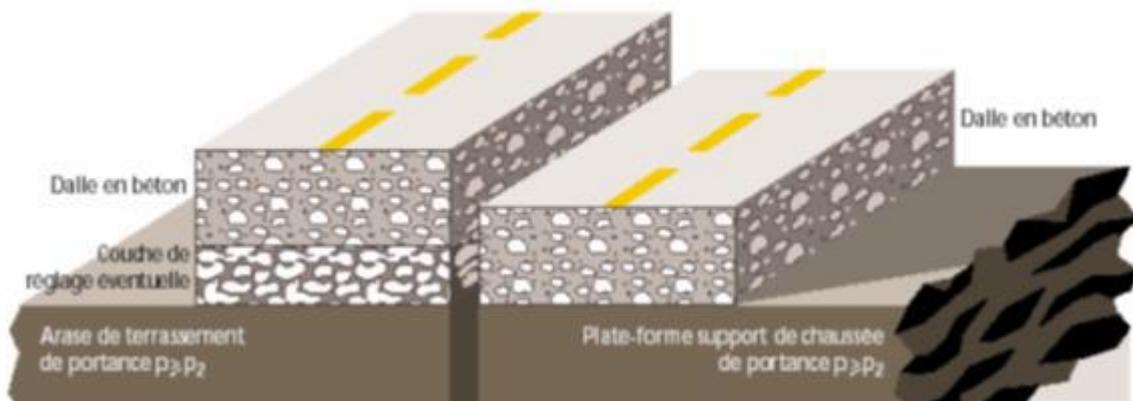


Figure 5.4 : Chaussée rigide.

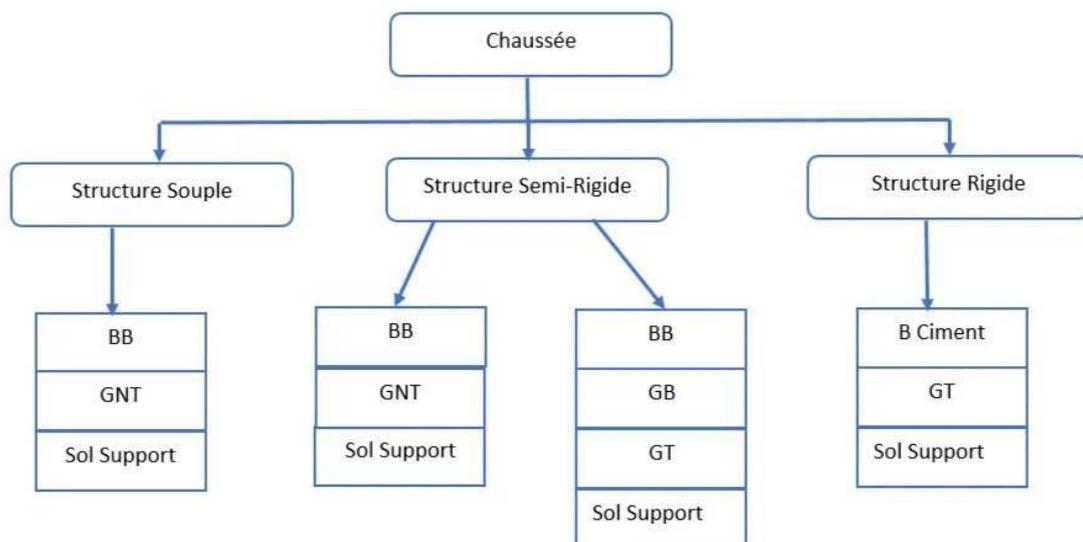


Figure V.5 : schéma récapitulatif.

V.5. Dimensionnement de la chaussée :

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

V.5.1. Le trafic :

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

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

$$N = (1 + \tau)^n \times Ni \quad V.1$$

N : trafic cumulé.

A : facteur d'agressivité globale du trafic.

\tau : Taux de croissance du trafic.

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

V.5.2. Environnement :

Le climat et l'environnement ont une influence considérable sur les bonnes performances des chaussées en termes de résistance aux contraintes et à la déformation, ainsi les changements de température peuvent affecter le choix du liant bitumineux, et le taux d'humidité du sol support en termes de précipitations en relation avec les conditions de drainage.

Par conséquent, l'un des paramètres cruciaux du dimensionnement ; la teneur en humidité des semelles détermine leurs propriétés, les propriétés et l'état du matériau d'asphalte.

V.5.3. Le sol support :

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

Ces plateformes sont définies à partir :

- De la nature et de l'état du sol.
- De la nature et de l'épaisseur de la couche de forma.

Classe Du Sol :

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

tableau 25: classe du sol

V.5.4. Matériaux :

Les matériaux utilisés doivent supporter de très nombreuses fois des sollicitations répétées (trafic répété de véhicules lourds).

La section standard proposée par la DTP de Mostaganem a les valeurs suivantes pour la structure et la taille :

- Couche de roulement en **BB**
- Couche de base en **GNT**
- Couche de fondation en **TUF**

V.6. Méthode de dimensionnement :

V.6.1. Méthode de CBR (CALIFORNIA – BEARING – RATIO) :

Il s'agit d'une méthode semi-empirique basée sur des essais d'emboutissage sur des échantillons de sol supportés, avec un Proctor Optimal modifié compactant les échantillons (90° à 100°) à des profondeurs d'eau inférieures à **15 cm**.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en oeuvre est obtenue en appliquant la formule suivante :

$$e = \frac{100 + (\sqrt{P})(75 + 50 \cdot \log N_{10})}{ICBR + 5}$$

e : Epaisseur équivalente de la chaussée (cm)

P : Charge de la roue maximale (tonnes).

ICBR : Indice de CBR.

N : Nombre moyen journalier de camion de plus de **3500 kg** vide qui circulé sur la chaussée.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

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

$$e = (a_1 * e_1) + (a_2 * e_2) + (a_3 * e_3)$$

Les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

Matériaux Utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton Bitumineux ou Courbe Dense	2
Grave Ciment - Grave Laitier	1,50
Sable Ciment	1,00 ~1,20
Grave Concassée ou Gravier	1
Grave Roulée - Grave Sableuse et T.V.O	0,75
Sable	0,50
Grave Bitume GB	1,60~ 1,70
Tuf	0,60

Tableau 26 : Coefficient d'équivalence.

V.7. Application au projet:

Les données mises à notre disposition sont :

-Trafic de l'année de comptage 2020 ; TJMA 2020= 2440 (uvp/j)

-Année de mise en service 2023 ; TJMA 2023 = 2824(uvp/j)

τ : Taux de croissance du trafic ; τ= 5 %

-Pourcentage du poids lourd est ; Z=20 %

-Durée de vie : 15ans

P= 6.5 t

ICBR=9(5~ 25 (ce sol appartient à la classe (S3))

Calcul Du Trafic Du (VPL) A L'année Captage :

$$N_0 = \text{TJMA}_{2020} \times \text{PL} \%$$

$$N_0 = 2440 \times 0.20$$

$$N_0 = 488 \text{ uvp/j}$$

-Calcul Du Trafic Du (VPL) A L'année Mise En Service :

$$N_1 = (1 + \tau)^n \times N_0$$

$$N_1 = (1 + 0.05)^3 \times 488$$

$$N_1 = 564,921 \text{ uvp/j}$$

-Calcul Du Trafic Du (VPL) A L'année Horizon :

$$N_2 = (1 + \tau)^n \times N_1$$

$$N_2 = (1 + 0.05)^{15} \times 564,921$$

$$N_2 = 1174,430 \text{ uvp/j}$$

➤ Calcule L'Epaisseur :

$$e = \frac{100 + (\sqrt{6,5})(75 + 50 \cdot \log \frac{1174,430}{10})}{9 + 5}$$

$$e = 39,64 \text{ cm}$$

$$e = 40 \text{ cm}$$

-Calcul Epaisseur Equivalente De Chaque Couche :

Afin de déterminer les dimensions de notre structure de chaussée, nous devons résoudre l'équation suivante :

$$E = (e_1 \times a_1) + (e_2 \times a_2) + (e_3 \times a_3) = 40 \text{ cm}$$

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche :

couche de roulement en béton bitumineux (BB) :

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

couche de base en Grave Bitume (GNT):

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

couche de fondation en TUF :

$$e_3 = 20 \text{ cm} ; a_3 = 0.60 \quad e_3 \times a_3 = 12 \text{ cm}$$

Donc : $e_{\text{éq}} = 39 \text{ cm}$

couche	Epaisseur réelle (cm)	Epaisseur d'équivalente (cm)
BB	6	12
GNT	15	15
TUF	20	12
Σ	41	39

Tableau 27 : l'épaisseur de chaque couche.

Donc la structure proposée : **6 BB + 15 GNT + 20 TUF.**



CHAPITRE VI :

ETUDE CINEMATIQUE

Chapitre V : Paramètres cinématique

1- Définition :

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.

Le frottement du pneumatique sur la chaussée dépendant de la route se caractérise par 3 états

- Etat de la chaussée ;
- Etat atmosphérique ;
- Etat des pneus du véhicule.

Pour l'importance du coefficient de frottement « f_L » des chaussées, on pourrait admettre les valeurs suivantes :

- Chaussée sèche, pneu en bon état : $f_L = 0,8$ à $0,9$
- Chaussée mouillée, pneu usé : $f_L = 0,3$ à $0,4$
- Chaussée lisse mouillée, pneu usé : $f_L = 0,1$ à $0,2$
- Verglas et boue : $f_L = 0,05$ à $0,1$. [2]

5.1 Distance minimale de freinage « d_0 » :

La distance de freinage « d_0 » représente une distance nécessaire pour permettre à une roue roulante avec une vitesse v , de s'arrêter sur une chaussée mouillée. Autrement dit c'est la longueur

que parcourt le conducteur pendant le freinage qui annule totalement la vitesse.

$$d_0 = 0.04 \frac{V_r^2 (\text{km/h})}{g(f_L \pm i)}$$

Avec :

V_r : vitesse de référence $V_r = 80 \text{ km/h}$

g : accélération de la pesanteur

= 10 m/s^2

f_L : coefficient de frottement

i : rampe ou pente.

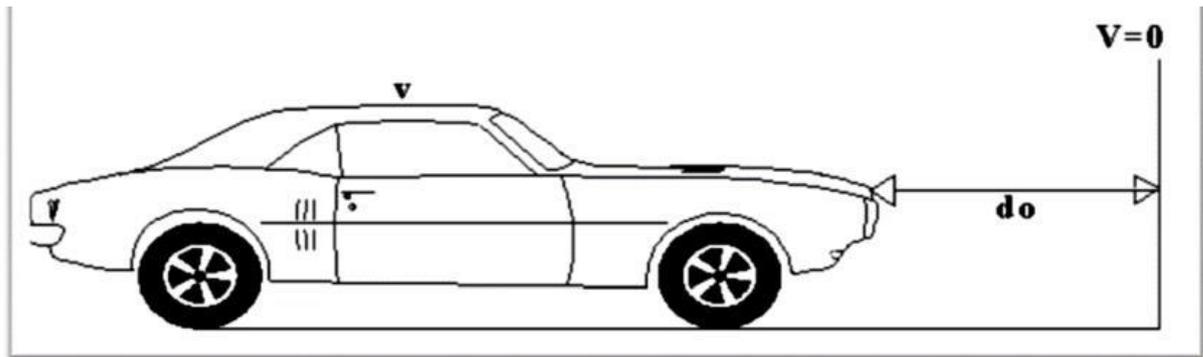


Figure 6.1: Distance de freinage

$$\text{Palier} \Rightarrow do = 0.04 \frac{V_r^2 (\text{km/h})}{g \cdot fl}$$

$$\text{Pente} \Rightarrow do = 0.04 \frac{V_r^2 (\text{km/h})}{g(fl - i)}$$

$$\text{Rampe} \Rightarrow do = 0.04 \frac{V_r^2 (\text{km/h})}{g(fl + i)}$$

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

Vr (Km/h)	40	60	80	100	120	140
CAT						
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 =	80 km/h
fl =	0,39
g=	10

5.2 Distance d'arrêt :

La distance parcourue par le véhicule entre le moment dans lequel l'oeil du conducteur perçoit l'obstacle et l'arrêt effectif du véhicule est appelée distance d'arrêt « d1 ».

Elle est obtenue en ajoutant à la distance de freinage « d0 » l'espace parcouru durant le temps de perception-réaction « t ».

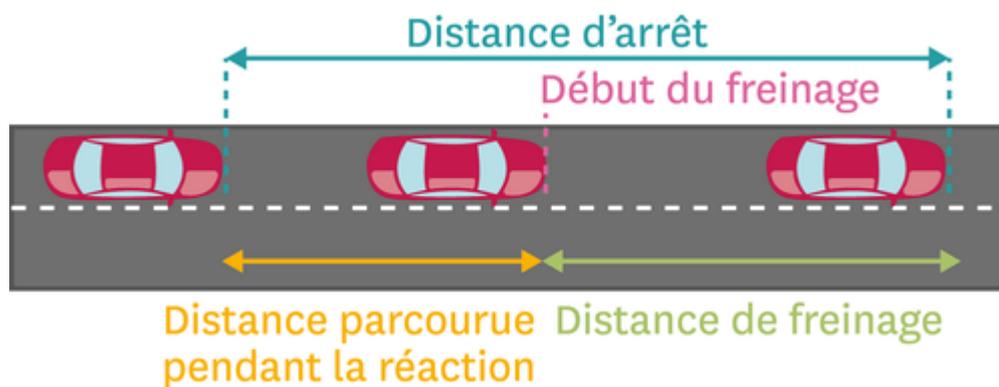


Figure 6.2: Distance d'arrêt en alignement droit

$$V_r \leq 80 \text{ (Km/h)}$$

$$t = 2 \text{ s}$$

$$d_1 = d_0 + 0.50 V_r \text{ (km/h)}$$

$$d_2 = 1,25 d_0 + 0.56 V_r$$

5.2.1 En Rampe :

$$d_1 = d_0 + 0,5 V_r$$

$$d_2 = 1,25 d_0 + 0.56 V_r$$

5.3 Distance de visibilité de dépassement et de manoeuvre :

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

Valeurs retenues (voir tableau ci-après)

Vr(Km/h)	40	60	80	100	120	140
Distance de visibilité et de dépassement Minimale (m)	4v	4v	4v	4.2v	4.6v	5v
	160	240	320	420	550	700
Distance de visibilité et de dépassement Normale(m)	6v	6v	6v	6.2v	6.6v	7v
	240	360	480	620	790	980
Distance de visibilité de Manoeuvre de dépassement (m)	70	120	200	300	425	

Tableau 28: Distance de visibilité de manoeuvre de dépassement (B40)

D'après le tableau des normes de B40, on tire les valeurs de d_{vdm} , d_{vdN} et d_{md} en fonction de la vitesse.

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

$$d_{vdm} = 320 \text{ m}$$

$$d_{vdN} = 480 \text{ m}$$

$$d_{md} = 200 \text{ m}$$

CHAPITRE VIII :

PROFIL EN TRAVERS

CHAPITRE VIII : PROFIL EN TRAVERS

1. DEFINITION :

Le profil en travers est la coupe de l'autoroute suivant un plan perpendiculaire à son axe. Il définit notamment la largeur et le dévers des chaussées et les zones non roulables de l'autoroute (terre-plein central, bandes dérasées).

Le choix d'un profil en travers dépend essentiellement du trafic projeté sur l'autoroute, qui définit le nombre de voies.

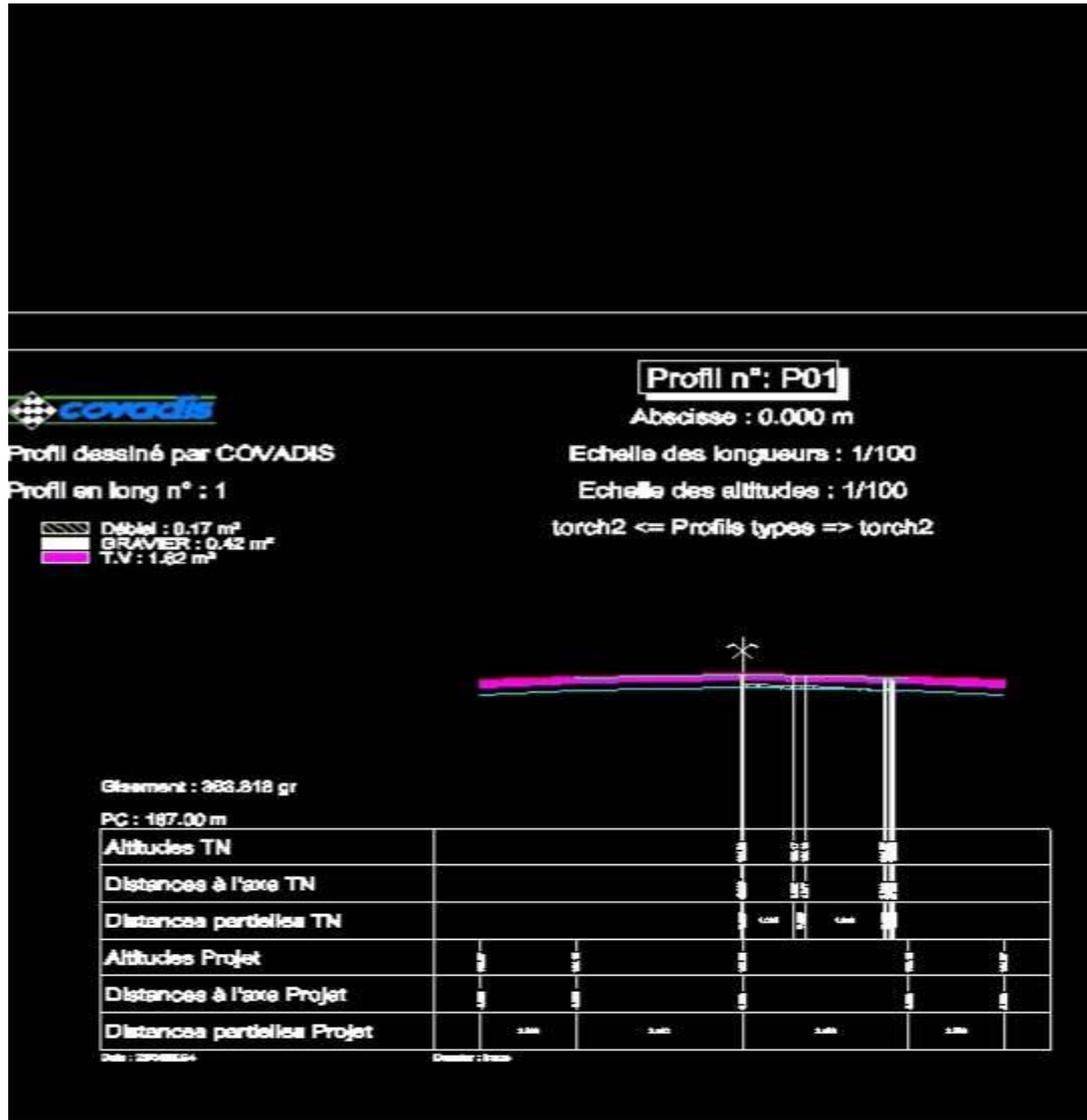


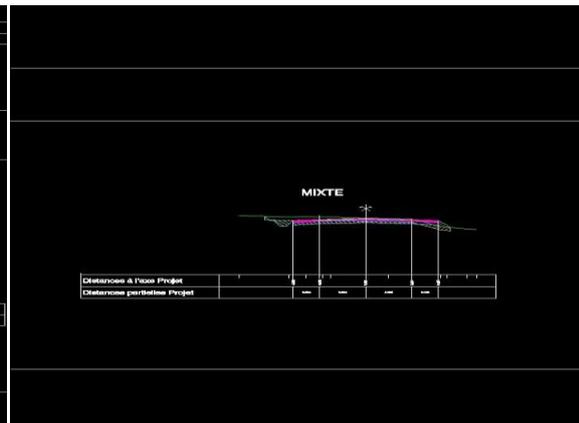
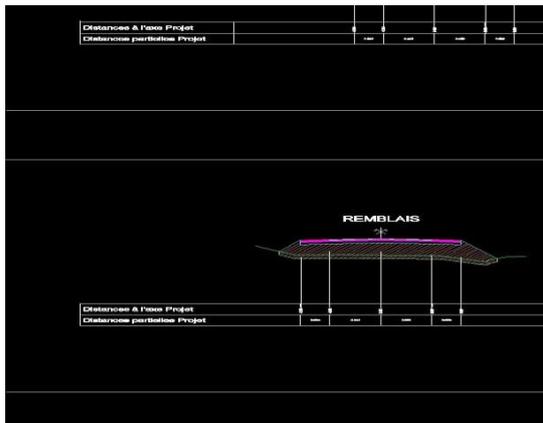
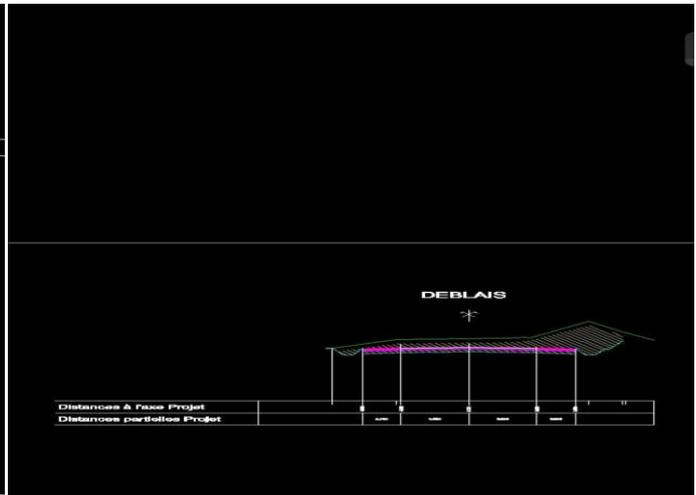
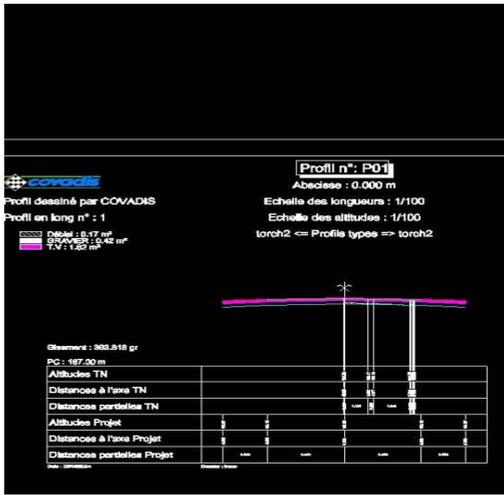
figure7.1:profil en travers de notre projet

On distingue trois types de profil :

- Profil en déblai
- Profil en remblai.

-Profil mixte.

Le Profil en travers type : contient toutes les dimensions et tous les détails constructifs (largeur des voies, chaussée, et autres bandes, pente, des surfaces et talus, dimensions des couches de la superstructure, système d'évacuation d'eau, etc....).



République Algérienne Démocratique et Populaire.	
UNIVERSITE Abd El Hamid Ibn Badis	PROJET : Etude de modernisation d'un tronçon routier de CW 02 reliant Mazagran - Stidia sur 3.4 kms
FACULTE : Mostaganem	PRÉSENTE PAR : Mr :HADDOUCHE OMAR
DEPARTEMENT Travaux publics	
PROMOTION : JUN 2024	
ECHELLE : 1/100	Devant jury composé de: Mr:.....Président Mr:.....Examinateur Mr:.....Encadreur
PLANCHE N° : 01/01	OBSERVATION :
PROFIL EN TRAVERS TYPE	

profil en travers type de notre projet

Les Profils en travers courants : sont levés perpendiculairement à l'axe de la route ; ils contiennent généralement comme indication chiffrée et l'altitude du terrain et celle de la chaussée finie, dans l'axe de la route.

2. LES ELEMENTS CONSTITUANT UN PROFIL EN TRAVERS TYPE :

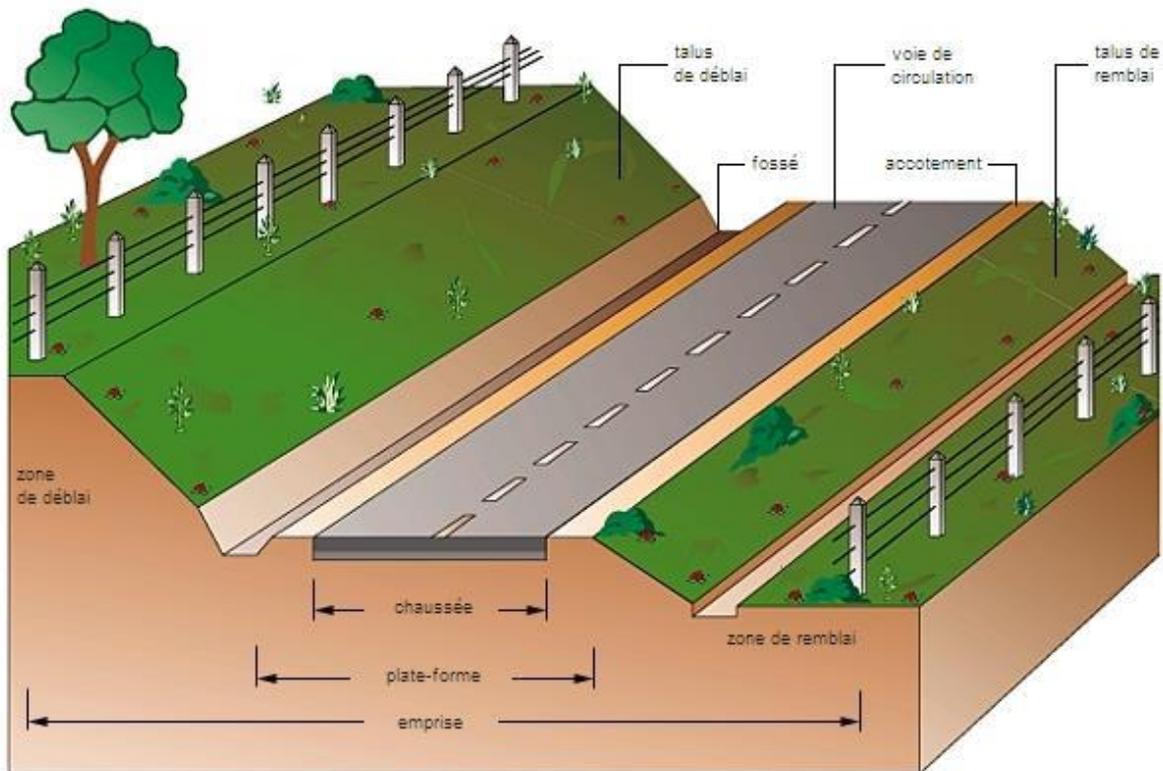


Figure 7.2 : Les éléments d'une route

La largeur roulable : Elle comprend les surlargeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt. Surlargeur structurelle de chaussée supportant le marquage de rive.

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

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

L'emprise : C'est la surface du terrain naturel appartenant à la collectivité et affectée à la route et à ses dépendances (talus, chemins de désenclavement, exutoires, etc...), elle coïncide généralement avec le domaine public.

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

Ils comportent généralement les éléments suivants :

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

Le terre-plein central : Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. Il comprend :

- Les surlargeurs de chaussée (bande de guidage).
- Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue.

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.

3. PROFIL EN TRAVERS TYPE DE NOTRE PROJET :

Notre tronçon comportera un profil en travers type, qui contient les éléments suivants :

- Deux chaussées de deux voies de 3.50 m chacune : $l = (2 \times 3.5) = 7 \text{ m}$.
- Un accotement de 2 m pour de part et d'autre : $(2 \times 2) = 4 \text{ .00 m}$
- emprise $E = 11.00 \text{ cm}$

CHAPITRE IX :

LES CUBATURES

CHAPITRE IX : LES CUBATURES

1. INTRODUCTION

Les cubatures de déblai et de remblai se calculent différemment selon le type de terrassement à réaliser. Il est relativement simple lorsqu'il s'agit d'exécuter des travaux de décapage ou des tranchées. Il devient plus complexe pour les fouilles en pleine masse ou pour la réalisation des voies.

2. DEFINITION:

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

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

- Des profils en long.
- Des profils en travers.
- Des distances entre ces profils.

3. CUBATURES DES TERRASSEMENTS:

Cubature c'est le calcul des volumes déblais-remblais à déplacer pour respecter les profils en long et en travers fixés auparavant et d'établir ainsi le mètre des travaux.

4. METHODES DE CALCUL DES CUBATURES :

Les cubatures sont calculées 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 a calculé les surfaces SD et SR pour chaque profil en travers, en suite on les soustrait pour trouver la section pour notre projet.

- TN : Terrain Naturelle.

- SD : Surface Déblai.

- SR : Surface Remblai.

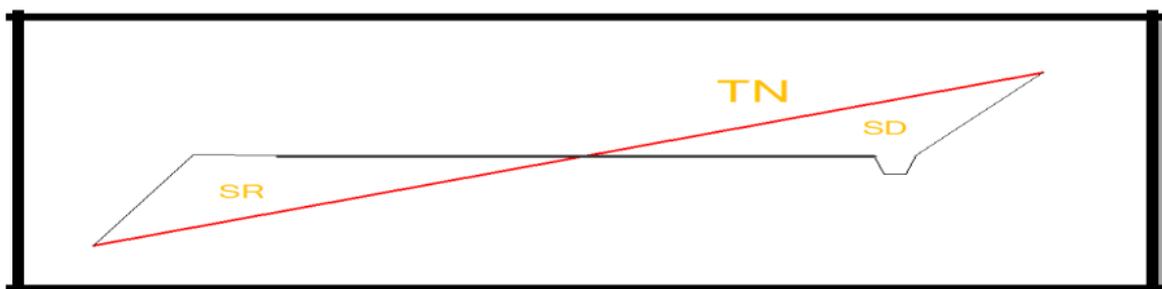


Figure 8.1 : profil en travers

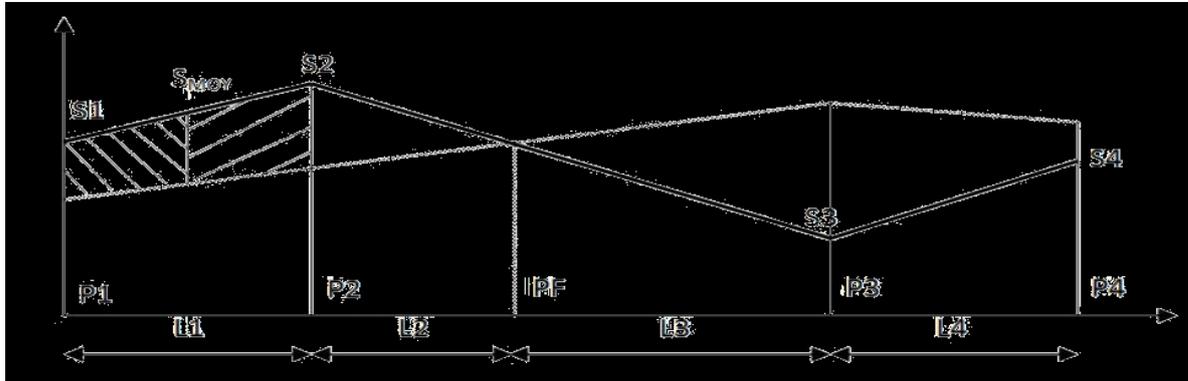


Figure 8.2 : Les positions des sections dans un profil en long d'un tracé donné

4.1. FORMULE DE SARRAUS :

On calcule séparément les volumes des tronçons compris entre deux profils en travers successifs en utilisant la formule des trois niveaux.

$$V1 = \frac{L1}{6} * (S1 + S2 + 4Smoy)$$

$$Smoy = \frac{(S1 + S2)}{2}$$

-PF : profil fictive, surface nulle.

-Si : surface de profil en travers Pi.

-Li : distance entre ces deux profils.

-SMOY : surface intermédiaire (surface parallèle et à mi-distance Li)

Pour un calcul plus simple on à considérer que :

Entre P1 et P2 $V1 = L1 * \frac{(S1 + S2)}{2}$

Entre P2 et PF $V2 = L2 * \frac{(S2 + 0)}{2}$

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

Le volume total V :

$$V = \left(\frac{L_1}{2}\right) * s_1 + \left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right) * s_2 + \left(\frac{L_2 + L_3}{2}\right) * 0 + \left(\frac{L_3 + L_4}{2}\right) * s_3 + \left(\frac{L_4}{2}\right) * s_4$$

4.2. Méthode de GULDEN :

Dans cette méthode les sections et les largeurs des profils sont calculées de façon classique mais la distance du barycentre de chacune des valeurs à l'axe est calculée pour obtenir les volumes et les surfaces. Ces valeurs sont multipliées par le déplacement du barycentre en fonction de la courbure au droit du profil concerné.

Cette méthode permet donc de prendre en compte la position des quantités par rapport à la courbure instantanée. Si on utilise la méthode de GULDEN, la quantité (longueur d'application) n'a plus de sens.

4.3. Méthode linéaire :

C'est la méthode classique. Les sections et les largeurs sont multipliées par la longueur d'application pour obtenir les volumes et les surfaces. Cette méthode ne prend pas en compte la courbure du projet donc les résultats sont identiques quel que soit le tracé en plan.

5. APPLICATION AU PROJET :

Dans notre projet, le calcul est fait par la méthode linéaire (logiciel Covadis10. 1). Les résultats détaillés sont rassemblés dans le tableau ci-dessous.

L'objectif fixé est de réduire au maximum la différence entre les volumes de déblais et remblais.

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Déblais					Remblais				
			Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)	Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)
P01	0.000	12.500	0.00	0.17	0.17	2.168	2.168	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
P02	25.000	25.000	1.05	0.94	2.00	49.924	52.092	0.00	0.00	0.00	0.000	0.000
P03	50.000	15.194	1.69	2.09	3.78	57.480	109.572	0.05	0.04	0.10	1.474	1.474
P04	55.388	12.500	1.72	2.23	3.95	49.402	158.975	0.06	0.04	0.10	1.264	2.738
P05	75.000	22.306	2.35	2.92	5.27	117.438	276.412	0.05	0.04	0.10	2.175	4.913
P06	100.000	25.000	4.22	3.81	8.03	200.916	477.328	0.05	0.09	0.14	3.564	8.477
P07	125.000	25.000	7.41	6.35	13.76	344.202	821.530	0.04	0.04	0.08	2.006	10.483
P08	150.000	17.154	10.73	8.86	19.59	336.459	1157.989	0.05	0.04	0.08	1.381	11.864
P09	159.308	12.500	11.05	9.57	20.61	257.941	1415.930	0.05	0.03	0.08	0.993	12.856
P10	175.000	8.588	10.97	9.75	20.71	178.014	1593.944	0.05	0.03	0.08	0.686	13.542
P11	176.483	12.500	10.94	9.75	20.69	258.782	1852.725	0.05	0.03	0.08	1.001	14.543
P12	200.000	24.259	9.38	9.89	19.27	467.307	2320.032	0.04	0.04	0.08	1.934	16.477
P13	225.000	25.000	5.58	5.58	11.16	278.937	2598.969	0.04	0.04	0.08	1.987	18.464
P14	250.000	25.000	3.27	2.85	6.12	153.064	2752.033	0.04	0.04	0.08	1.976	20.440
P15	275.000	15.201	2.16	1.41	3.56	54.204	2806.237	0.04	0.11	0.16	2.413	22.852
P16	280.403	12.500	2.13	1.37	3.50	43.811	2850.047	0.04	0.12	0.16	1.993	24.845
P17	300.000	22.299	2.31	1.69	4.00	89.219	2939.267	0.05	0.11	0.15	3.454	28.299
P18	325.000	25.000	3.34	2.72	6.06	151.427	3090.693	0.05	0.06	0.11	2.751	31.050
P19	350.000	25.000	5.47	4.75	10.22	255.504	3346.197	0.05	0.03	0.08	1.965	33.015
P20	375.000	25.000	1.71	0.85	2.56	64.013	3410.210	0.06	0.00	0.06	1.595	34.610
P21	400.000	14.037	0.00	0.00	0.00	0.000	3410.210	3.05	3.74	6.79	95.283	129.893
P22	403.075	12.500	0.00	0.00	0.00	0.000	3410.210	3.41	4.25	7.66	95.725	225.618
P23	425.000	23.463	0.00	0.00	0.00	0.000	3410.210	5.84	6.80	12.64	296.475	522.093
P24	450.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3410.210	7.18	8.12	15.30	382.379	904.472
P25	475.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3410.210	6.95	7.97	14.92	372.785	1277.257
P26	500.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3410.210	5.76	6.97	12.74	318.278	1595.536
P27	525.000	13.987	0.00	0.00	0.00	0.000	3410.210	4.63	5.17	9.80	137.035	1732.571
P28	527.975	12.500	0.00	0.00	0.00	0.000	3410.210	4.40	4.95	9.34	116.746	1849.317
P29	550.000	12.347	0.00	0.00	0.00	0.000	3410.210	2.12	2.43	4.55	56.167	1905.484
P30	552.669	12.500	0.00	0.00	0.00	0.000	3410.210	1.81	2.17	3.98	49.761	1955.246
P31	575.000	23.665	0.62	0.25	0.87	20.640	3430.850	0.18	0.10	0.27	6.445	1961.691
P32	600.000	25.000	0.61	0.52	1.12	28.116	3458.966	0.00	0.00	0.00	0.000	1961.691
P33	625.000	25.000	0.00	0.02	0.02	0.393	3459.360	0.82	0.68	1.50	37.495	1999.186
P34	650.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	3.63	2.10	5.72	143.172	2142.358
P35	675.000	13.785	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	4.81	3.39	8.20	113.064	2255.422
P36	677.569	11.819	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	4.99	3.51	8.50	100.415	2355.837
P37	698.638	11.215	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	4.63	3.61	8.23	92.311	2448.149
P38	700.000	13.181	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	4.53	3.58	8.12	106.981	2555.130
P39	725.000	24.319	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	4.93	4.01	8.94	217.326	2772.456
P40	748.638	12.500	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	4.81	4.84	9.65	120.675	2893.131
P41	750.000	13.181	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	4.82	4.87	9.70	127.874	3021.005
P42	775.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	4.67	5.08	9.75	243.832	3264.837
P43	800.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	3.96	4.69	8.65	216.422	3481.259
P44	825.000	21.761	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	7.19	5.48	12.67	275.343	3756.602
P45	843.521	12.500	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	9.54	5.59	15.12	188.604	3945.206

modernisation troncon routier reliant mazagran et stidia sur une distance de 3.4 km

P46	850.000	15.739	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	9.82	5.54	15.36	241.247	4186.454
P47	875.000	21.761	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	8.94	5.51	14.45	314.225	4500.679
P48	893.521	12.500	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	6.89	5.27	12.16	152.048	4652.727
P49	900.000	15.739	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	6.21	5.17	11.38	179.114	4831.841
P50	925.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	4.36	3.96	8.32	207.969	5039.810
P51	950.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	2.66	2.63	5.28	132.014	5171.824
P52	975.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	1.61	1.99	3.59	89.834	5261.658
P53	1000.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	3459.360	1.35	1.59	2.94	73.606	5335.264
P54	1025.000	25.000	0.06	0.03	0.09	2.270	3461.630	1.08	1.75	2.83	70.669	5405.933
P55	1050.000	25.000	0.10	0.19	0.28	7.072	3468.702	0.59	1.25	1.84	46.064	5451.997
P56	1075.000	25.000	0.12	1.77	1.89	47.255	3515.957	0.71	0.82	1.53	38.159	5490.157
P57	1100.000	25.000	0.11	2.28	2.39	59.628	3575.585	0.91	0.63	1.54	38.500	5528.657
P58	1125.000	25.000	0.31	2.15	2.46	61.473	3637.059	1.24	1.22	2.46	61.495	5590.152
P59	1150.000	25.000	0.59	1.64	2.23	55.747	3692.805	1.75	1.57	3.32	82.998	5673.150
P60	1175.000	25.000	0.91	0.93	1.84	46.029	3738.834	1.29	1.53	2.83	70.640	5743.790
P61	1200.000	25.000	1.22	0.02	1.24	30.899	3769.733	2.04	2.23	4.26	106.583	5850.373
P62	1225.000	25.000	1.48	0.00	1.48	37.117	3806.850	2.93	3.86	6.79	169.684	6020.056
P63	1250.000	25.000	1.67	0.00	1.67	41.637	3848.487	2.83	4.26	7.09	177.251	6197.307
P64	1275.000	15.110	1.74	0.00	1.74	26.278	3874.764	1.87	3.26	5.13	77.475	6274.782
P65	1280.220	12.500	1.74	0.00	1.74	21.741	3896.505	1.54	2.92	4.45	55.684	6330.466
P66	1300.000	22.390	1.72	0.00	1.72	38.481	3934.986	0.96	1.64	2.60	58.120	6388.586
P67	1325.000	25.000	1.70	0.00	1.70	42.503	3977.489	0.24	0.55	0.80	19.900	6408.486
P68	1350.000	13.294	2.21	0.99	3.20	42.519	4020.008	0.00	0.17	0.17	2.308	6410.794
P69	1351.587	12.500	2.26	1.12	3.37	42.180	4062.188	0.00	0.17	0.17	2.092	6412.886
P70	1375.000	24.206	3.29	4.09	7.39	178.825	4241.013	0.00	0.05	0.05	1.090	6413.976
P71	1400.000	25.000	4.62	6.45	11.07	276.776	4517.789	0.00	0.03	0.03	0.848	6414.825
P72	1425.000	25.000	5.06	5.36	10.42	260.515	4778.304	0.00	0.00	0.00	0.000	6414.825
P73	1450.000	25.000	5.10	4.17	9.27	231.709	5010.013	0.00	2.42	2.42	60.526	6475.350
P74	1475.000	25.000	5.31	2.85	8.16	204.063	5214.076	0.00	5.40	5.40	135.107	6610.457
P75	1500.000	25.000	5.11	1.36	6.48	161.882	5375.958	0.03	7.27	7.30	182.613	6793.070
P76	1525.000	25.000	0.97	0.00	0.97	24.308	5400.266	0.00	7.88	7.88	197.026	6990.096
P77	1550.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	2.89	8.08	10.98	274.469	7264.564
P78	1575.000	20.343	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	8.04	7.35	15.38	312.919	7577.484
P79	1590.686	12.500	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	12.79	6.78	19.57	244.376	7821.859
P80	1600.000	17.157	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	15.67	6.58	22.25	380.522	8202.381
P81	1625.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	22.44	7.71	30.15	750.631	8953.012
P82	1650.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	26.76	10.04	36.80	916.277	9869.289
P83	1675.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	29.47	15.88	45.35	1130.418	10999.707
P84	1700.000	12.506	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	29.42	26.20	55.61	694.849	11694.556
P85	1700.011	12.500	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	29.41	26.20	55.62	695.190	12389.746
P86	1725.000	24.994	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	27.05	31.35	58.40	1459.735	13849.481
P87	1750.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	24.37	30.17	54.54	1363.513	15212.994
P88	1775.000	13.948	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	21.91	27.39	49.29	687.547	15900.541
P89	1777.896	12.500	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	21.62	27.03	48.64	608.024	16508.565
P90	1800.000	23.552	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	19.01	23.89	42.90	1010.186	17518.751
P91	1825.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	15.78	19.72	35.50	887.039	18405.790
P92	1850.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	14.12	16.19	30.32	757.662	19163.452
P93	1875.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	10.00	11.80	21.80	544.780	19708.233
P94	1900.000	13.898	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	7.80	10.45	18.25	253.416	19961.648
P95	1902.796	12.500	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	7.64	10.42	18.06	225.467	20187.115
P96	1925.000	14.191	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	6.73	9.65	16.39	232.200	20419.315
P97	1931.177	12.500	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	6.52	8.79	15.30	191.054	20610.368

modernisation troncon routier reliant mazagran et stidia sur une distance de 3.4 km

P98	1950.000	21.911	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	5.72	8.01	13.74	300.701	20911.069
P99	1975.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	4.52	6.74	11.25	281.061	21192.130
P100	2000.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	6.31	8.09	14.40	359.823	21551.953
P101	2025.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	10.41	14.94	25.35	633.557	22185.510
P102	2050.000	15.539	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	12.11	18.29	30.40	472.270	22657.780
P103	2056.077	12.500	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	12.19	18.41	30.61	382.578	23040.358
P104	2075.000	21.961	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	11.94	17.70	29.64	650.889	23691.247
P105	2100.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	11.21	15.82	27.02	675.543	24366.790
P106	2125.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	10.67	14.55	25.22	630.602	24997.392
P107	2150.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	9.14	12.02	21.16	528.895	25526.287
P108	2175.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	9.81	11.59	21.40	535.007	26061.294
P109	2200.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	8.80	10.87	19.67	491.644	26552.938
P110	2225.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	6.80	9.52	16.32	407.940	26960.877
P111	2250.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	5400.266	3.24	4.99	8.23	205.858	27166.735
P112	2275.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.010	5400.276	0.78	1.96	2.75	68.647	27235.382
P113	2300.000	25.000	1.99	0.48	2.48	61.930	5462.206	0.05	0.75	0.79	19.857	27255.240
P114	2325.000	25.000	4.91	2.14	7.05	176.259	5638.466	0.05	0.00	0.05	1.155	27256.394
P115	2350.000	25.000	6.70	2.55	9.25	231.283	5869.749	0.04	0.02	0.06	1.541	27257.936
P116	2375.000	25.000	8.75	6.23	14.97	374.354	6244.103	0.04	0.04	0.09	2.134	27260.069
P117	2400.000	25.000	12.92	10.65	23.57	589.241	6833.345	0.04	0.04	0.09	2.186	27262.255
P118	2425.000	14.927	17.53	14.78	32.31	482.300	7315.645	0.04	0.04	0.09	1.269	27263.524
P119	2429.853	12.500	18.35	16.40	34.74	434.248	7749.893	0.04	0.04	0.09	1.063	27264.587
P120	2450.000	22.573	20.55	18.34	38.89	877.744	8627.638	0.05	0.04	0.09	2.020	27266.607
P121	2475.000	25.000	21.20	19.07	40.27	1006.722	9634.359	0.05	0.04	0.09	2.289	27268.897
P122	2500.000	25.000	23.77	18.95	42.72	1067.809	10702.169	0.05	0.04	0.09	2.231	27271.127
P123	2525.000	17.206	23.80	18.12	41.92	721.165	11423.333	0.05	0.04	0.09	1.556	27272.683
P124	2534.411	12.500	22.95	18.54	41.49	518.614	11941.947	0.05	0.04	0.09	1.127	27273.810
P125	2550.000	20.294	23.06	18.53	41.60	844.221	12786.168	0.05	0.04	0.09	1.819	27275.629
P126	2575.000	25.000	23.51	19.99	43.50	1087.467	13873.635	0.05	0.04	0.09	2.185	27277.814
P127	2600.000	25.000	23.80	20.48	44.28	1107.035	14980.671	0.04	0.04	0.09	2.195	27280.009
P128	2625.000	25.000	22.93	21.25	44.18	1104.402	16085.072	0.04	0.04	0.08	2.109	27282.118
P129	2650.000	25.000	20.15	18.94	39.09	977.172	17062.244	0.04	0.04	0.08	2.027	27284.146
P130	2675.000	25.000	17.56	17.04	34.60	865.029	17927.273	0.04	0.04	0.09	2.154	27286.299
P131	2700.000	25.000	13.20	12.85	26.05	651.218	18578.491	0.04	0.04	0.09	2.191	27288.490
P132	2725.000	25.000	9.74	10.02	19.76	494.001	19072.492	0.04	0.04	0.09	2.172	27290.662
P133	2750.000	25.000	5.96	7.21	13.17	329.249	19401.741	0.04	0.04	0.09	2.174	27292.836
P134	2775.000	25.000	3.88	4.77	8.65	216.259	19618.001	0.04	0.04	0.09	2.138	27294.974
P135	2800.000	25.000	1.84	3.11	4.94	123.558	19741.558	0.00	0.05	0.05	1.141	27296.115
P136	2825.000	18.397	0.62	2.31	2.94	53.996	19795.555	0.00	0.07	0.07	1.305	27297.421
P137	2836.795	12.500	0.66	1.93	2.60	32.488	19828.042	0.00	0.08	0.08	1.041	27298.462
P138	2850.000	19.103	1.06	1.26	2.32	44.320	19872.362	0.15	0.14	0.29	5.615	27304.077
P139	2875.000	25.000	5.14	5.27	10.41	260.338	20132.701	0.04	0.04	0.09	2.145	27306.222
P140	2900.000	25.000	10.01	10.53	20.54	513.626	20646.327	0.04	0.04	0.09	2.156	27308.378
P141	2925.000	25.000	16.57	17.02	33.59	839.772	21486.099	0.04	0.04	0.09	2.153	27310.531
P142	2950.000	20.352	16.83	17.63	34.46	701.426	22187.525	0.04	0.03	0.07	1.459	27311.990
P143	2965.704	12.500	12.78	14.59	27.37	342.187	22529.712	0.04	0.03	0.07	0.933	27312.924
P144	2975.000	17.148	11.45	12.68	24.13	413.785	22943.497	0.04	0.03	0.07	1.273	27314.197
P145	3000.000	25.000	5.31	9.07	14.38	359.611	23303.108	0.04	0.03	0.07	1.856	27316.053
P146	3025.000	25.000	1.89	8.71	10.60	265.007	23568.116	0.12	0.03	0.15	3.785	27319.838
P147	3050.000	25.000	0.09	8.48	8.57	214.227	23782.343	1.01	0.03	1.04	26.024	27345.862
P148	3075.000	25.000	4.45	10.33	14.78	369.586	24151.929	0.11	0.00	0.11	2.738	27348.600
P149	3100.000	25.000	7.82	8.33	16.15	403.780	24555.709	0.04	0.00	0.04	1.051	27349.651

P150	3125.000	25.000	12.10	10.64	22.74	568.518	25124.226	0.05	0.00	0.05	1.231	27350.883
P151	3150.000	25.000	18.71	11.35	30.06	751.541	25875.767	0.05	0.02	0.07	1.658	27352.541
P152	3175.000	25.000	14.51	7.72	22.23	555.716	26431.483	0.04	0.02	0.06	1.436	27353.977
P153	3200.000	25.000	7.04	3.18	10.22	255.446	26686.929	0.04	0.01	0.06	1.412	27355.389
P154	3225.000	25.000	2.02	0.54	2.55	63.808	26750.737	0.06	0.01	0.06	1.579	27356.968
P155	3250.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	26750.737	1.75	0.25	2.00	49.937	27406.905
P156	3275.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	26750.737	1.54	0.40	1.94	48.416	27455.321
P157	3300.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	26750.737	1.43	0.57	2.00	50.112	27505.433
P158	3325.000	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	26750.737	0.97	0.56	1.53	38.358	27543.791
P159	3350.000	25.000	0.00	0.03	0.03	0.750	26751.487	0.84	0.57	1.41	35.354	27579.145
P160	3375.000	25.000	0.00	0.15	0.15	3.669	26755.157	1.80	0.90	2.70	67.403	27646.548
P161	3400.000	25.000	0.00	0.23	0.23	5.648	26760.805	1.58	0.97	2.55	63.707	27710.255
P162	3425.000	17.229	0.17	0.42	0.60	10.288	26771.093	0.21	0.00	0.21	3.615	27713.869
P163	3434.458	4.729	0.64	0.93	1.56	7.392	26778.485	0.01	0.00	0.01	0.042	27713.911

Tableau 29 : volume cumulé de déblais et remblais

-Longueur Totale du Tracé : 3438.750 m

-Déblai Total du tracé: 26778.485 m³

-Remblai Total du tracé: 27713.911 m³

Chapitre Ix: IMPLANTATION

CHAPITRE Ix: IMPLANTATION

IMPLANTATION

Ix-1- DEFINITION :

On sait que le trace d'une route comme toute 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 pour implanter une courbe on a besoin d'un certain nombre de point et il existe plusieurs méthode 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.
- Implantation par coordonnées cartésiens.

À partir des coordonnées rectangulaires déjà calculées lors des études pour matérialiser sur le terrain les repères nécessaires à la réalisation de la route.

L'implantation du projet s'appuie sur le canevas de base qui a servi au levé du terrain.

Il est utile de matérialiser donc solidement les piquets de stations qui doivent être ménagés contre la disposition et la distraction.

L'implantation est donc une application directe des connaissances de topographie. Elle consiste à placer sur le terrain les repères nécessaires pour la réalisation du projet. Les implantations sont calculées au préalable à partir des éléments graphiques (mesures sur le plan).

-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-2- IMPLANTATION PLANIMETRIQUE DES SOMMETS DES ALIGNEMENTS :

A. Par Rayonnement :

On pose 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.

B. Par intersection :

On stationne simultanément en deux points connus et de chacun et après orientation on affiche les angles et on matérialise l'intersection.

C. 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-3- 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 :

-Implantation par abscisse et ordonnées sur la tangente :

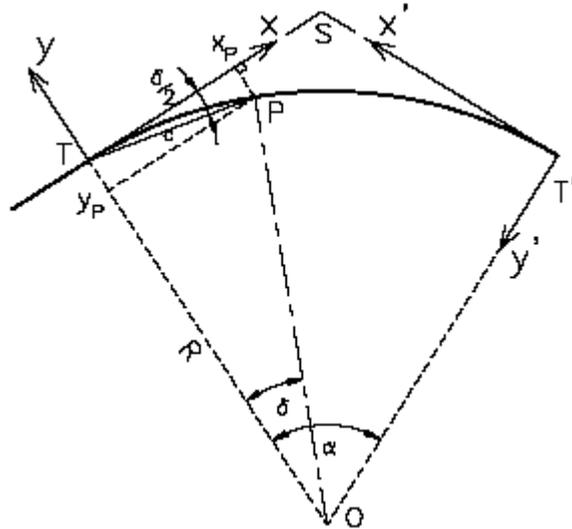


Figure 9.1: Implantation sur la tangente.

$$X_i = R \cdot \sin(i \cdot \delta) ; Y_i = R \cdot (1 - \cos(i \cdot \delta))$$

-Par abscisses et ordonnées sur la corde :

Origine : point de tangence

Origine : milieu de la corde

-Méthode : coordonnées polaires :

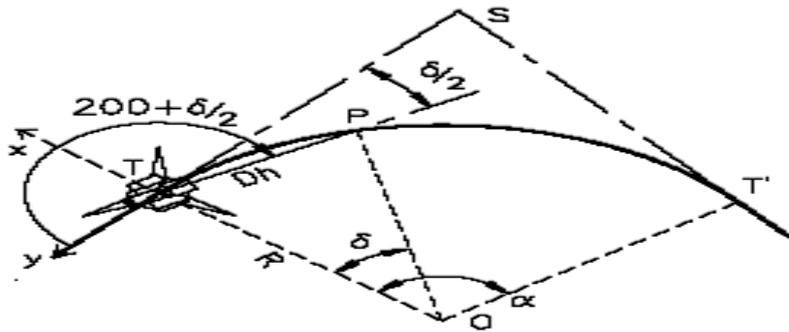


Figure 9.2 : Coordonnées polaires.

Listing d'implantation planimétrique et altimétrique des profils :

Profil n°	Abscisse	Altitude		Point d'axe	
		TN	Projet	X	Y
P01	0.000	191.233	191.233	20162.333	50103.043
P02	25.000	191.963	191.987	20141.263	50089.588
P03	50.000	192.767	192.756	20120.193	50076.132
P04	55.388	192.986	192.943	20115.652	50073.232
P05	75.000	193.972	193.723	20099.109	50062.698
P06	100.000	195.430	194.935	20077.885	50049.488
P07	125.000	196.958	196.162	20056.352	50036.787
P08	150.000	198.386	197.263	20034.363	50024.897
P09	159.308	198.887	197.641	20026.035	50020.741
P10	175.000	199.433	198.239	20011.808	50014.122
P11	176.483	199.480	198.293	20010.452	50013.522
P12	200.000	200.275	199.090	19988.707	50004.570
P13	225.000	200.391	199.816	19965.217	49996.019
P14	250.000	200.683	200.417	19941.482	49988.168
P15	275.000	200.950	200.892	19917.623	49980.703
P16	280.403	201.044	200.978	19912.460	49979.110
P17	300.000	201.367	201.243	19893.734	49973.333
P18	325.000	201.742	201.468	19869.845	49965.963
P19	350.000	202.119	201.568	19845.956	49958.593
P20	375.000	201.571	201.544	19822.067	49951.223
P21	400.000	200.715	201.394	19798.178	49943.853
P22	403.075	200.622	201.367	19795.239	49942.947
P23	425.000	200.045	201.165	19774.282	49936.504
P24	450.000	199.640	200.935	19750.338	49929.317
P25	475.000	199.484	200.705	19726.292	49922.476
P26	500.000	199.397	200.472	19702.102	49916.169
P27	525.000	199.266	200.155	19677.734	49910.588
P28	527.975	199.250	200.109	19674.822	49909.981
P29	550.000	199.208	199.712	19653.178	49905.903
P30	552.669	199.197	199.657	19650.546	49905.459
P31	575.000	199.081	199.144	19628.464	49902.144
P32	600.000	198.404	198.452	19603.643	49899.167

P33	625.000	197.340	197.634	19578.757	49896.783
P34	650.000	196.035	196.690	19553.836	49894.802
P35	675.000	194.941	195.622	19528.898	49893.034
P36	677.569	194.808	195.505	19526.335	49892.856
P37	698.638	193.783	194.512	19505.317	49891.402
P38	700.000	193.723	194.447	19503.958	49891.308
P39	725.000	192.442	193.260	19479.024	49889.488
P40	748.638	191.298	192.137	19455.488	49887.311
P41	750.000	191.229	192.072	19454.134	49887.163
P42	775.000	189.998	190.885	19429.343	49883.950
P43	800.000	188.875	189.704	19404.693	49879.787
P44	825.000	187.536	188.595	19380.222	49874.678
P45	843.521	186.608	187.833	19362.230	49870.289
P46	850.000	186.310	187.579	19355.966	49868.634
P47	875.000	185.340	186.655	19331.915	49861.812
P48	893.521	184.800	186.029	19314.168	49856.512
P49	900.000	184.633	185.823	19307.964	49854.647
P50	925.000	184.160	185.082	19284.022	49847.450
P51	950.000	183.793	184.434	19260.080	49840.254
P52	975.000	183.403	183.878	19236.138	49833.057
P53	1000.000	183.001	183.414	19212.197	49825.861
P54	1025.000	182.611	183.042	19188.255	49818.664
P55	1050.000	182.385	182.762	19164.313	49811.468
P56	1075.000	182.216	182.574	19140.371	49804.271
P57	1100.000	182.166	182.478	19116.429	49797.075
P58	1125.000	182.012	182.473	19092.487	49789.878
P59	1150.000	182.026	182.561	19068.546	49782.682
P60	1175.000	182.286	182.740	19044.604	49775.486
P61	1200.000	182.384	183.011	19020.662	49768.289
P62	1225.000	182.532	183.375	18996.720	49761.093
P63	1250.000	182.985	183.830	18972.778	49753.896
P64	1275.000	183.710	184.377	18948.837	49746.700
P65	1280.220	183.920	184.503	18943.838	49745.197
P66	1300.000	184.595	185.016	18924.898	49739.494
P67	1325.000	185.503	185.747	18900.967	49732.259
P68	1350.000	186.567	186.571	18877.046	49724.994
P69	1351.587	186.641	186.626	18875.528	49724.531
P70	1375.000	187.844	187.486	18853.130	49717.712
P71	1400.000	189.217	188.461	18829.214	49710.430
P72	1425.000	190.229	189.359	18805.298	49703.148
P73	1450.000	190.980	190.131	18781.382	49695.866
P74	1475.000	191.578	190.779	18757.466	49688.585
P75	1500.000	191.817	191.301	18733.550	49681.303
P76	1525.000	191.613	191.698	18709.634	49674.021
P77	1550.000	191.255	191.971	18685.718	49666.739
P78	1575.000	190.734	192.118	18661.802	49659.457
P79	1590.686	190.199	192.146	18646.797	49654.888
P80	1600.000	189.849	192.140	18637.906	49652.112
P81	1625.000	188.921	192.037	18614.249	49644.032
P82	1650.000	188.268	191.809	18590.921	49635.048
P83	1675.000	187.579	191.456	18567.955	49625.175
P84	1700.000	186.844	190.979	18545.386	49614.425

P85	1700.011	186.845	190.978	18545.376	49614.420
P86	1725.000	186.596	190.425	18523.026	49603.242
P87	1750.000	186.330	189.870	18500.667	49592.060
P88	1775.000	186.123	189.315	18478.307	49580.877
P89	1777.896	186.099	189.251	18475.717	49579.582
P90	1800.000	185.951	188.761	18455.938	49569.714
P91	1825.000	185.863	188.206	18433.493	49558.704
P92	1850.000	185.412	187.651	18410.891	49548.021
P93	1875.000	185.446	187.096	18388.058	49537.842
P94	1900.000	185.035	186.542	18364.931	49528.350
P95	1902.796	185.011	186.480	18362.324	49527.340
P96	1925.000	184.642	185.987	18341.472	49519.714
P97	1931.177	184.539	185.850	18335.625	49517.719
P98	1950.000	184.305	185.432	18317.702	49511.973
P99	1975.000	184.004	184.878	18293.691	49505.011
P100	2000.000	183.151	184.323	18269.514	49498.651
P101	2025.000	181.743	183.768	18245.231	49492.710
P102	2050.000	180.801	183.214	18220.892	49487.001
P103	2056.077	180.659	183.079	18214.972	49485.627
P104	2075.000	180.345	182.659	18196.538	49481.351
P105	2100.000	180.035	182.104	18172.185	49475.702
P106	2125.000	179.555	181.549	18147.832	49470.052
P107	2150.000	179.317	180.995	18123.478	49464.403
P108	2175.000	178.766	180.440	18099.125	49458.754
P109	2200.000	178.368	179.885	18074.772	49453.104
P110	2225.000	177.938	179.331	18050.418	49447.455
P111	2250.000	178.045	178.781	18026.065	49441.806
P112	2275.000	177.908	178.259	18001.712	49436.156
P113	2300.000	177.797	177.769	17977.358	49430.507
P114	2325.000	177.664	177.310	17953.005	49424.857
P115	2350.000	177.377	176.883	17928.652	49419.208
P116	2375.000	177.297	176.472	17904.298	49413.559
P117	2400.000	177.369	176.061	17879.945	49407.909
P118	2425.000	177.482	175.651	17855.592	49402.260
P119	2429.853	177.541	175.571	17850.864	49401.163
P120	2450.000	177.459	175.240	17831.248	49396.571
P121	2475.000	177.100	174.830	17806.932	49390.763
P122	2500.000	176.921	174.419	17782.645	49384.833
P123	2525.000	176.405	174.008	17758.389	49378.782
P124	2534.411	176.265	173.854	17749.265	49376.472
P125	2550.000	175.979	173.598	17734.157	49372.633
P126	2575.000	175.675	173.187	17709.927	49366.476
P127	2600.000	175.406	172.777	17685.697	49360.318
P128	2625.000	174.941	172.366	17661.467	49354.161
P129	2650.000	174.259	171.955	17637.237	49348.004
P130	2675.000	173.592	171.545	17613.007	49341.846
P131	2700.000	172.644	171.134	17588.777	49335.689
P132	2725.000	171.889	170.724	17564.547	49329.531
P133	2750.000	171.070	170.313	17540.318	49323.374
P134	2775.000	170.351	169.902	17516.088	49317.217
P135	2800.000	169.778	169.492	17491.858	49311.059
P136	2825.000	169.123	169.080	17467.628	49304.902

P137	2836.795	168.910	168.880	17456.197	49301.997
P138	2850.000	168.671	168.650	17443.409	49298.702
P139	2875.000	168.779	168.201	17419.260	49292.234
P140	2900.000	168.972	167.734	17395.194	49285.465
P141	2925.000	169.268	167.265	17371.215	49278.395
P142	2950.000	168.848	166.797	17347.326	49271.026
P143	2965.704	168.177	166.502	17332.367	49266.244
P144	2975.000	167.698	166.328	17323.524	49263.379
P145	3000.000	166.412	165.860	17299.741	49255.674
P146	3025.000	165.783	165.391	17275.958	49247.969
P147	3050.000	164.945	164.923	17252.175	49240.263
P148	3075.000	165.109	164.450	17228.392	49232.558
P149	3100.000	165.082	163.949	17204.609	49224.853
P150	3125.000	165.037	163.417	17180.826	49217.148
P151	3150.000	164.995	162.854	17157.043	49209.442
P152	3175.000	164.019	162.259	17133.261	49201.737
P153	3200.000	162.502	161.633	17109.478	49194.032
P154	3225.000	161.080	160.976	17085.695	49186.327
P155	3250.000	159.844	160.288	17061.912	49178.621
P156	3275.000	159.188	159.568	17038.129	49170.916
P157	3300.000	158.398	158.817	17014.346	49163.211
P158	3325.000	157.742	158.035	16990.563	49155.506
P159	3350.000	156.971	157.221	16966.780	49147.800
P160	3375.000	155.972	156.382	16942.997	49140.095
P161	3400.000	155.176	155.540	16919.214	49132.390
P162	3425.000	154.614	154.698	16895.431	49124.685
P163	3434.458	154.380	154.380	16886.434	49121.770

Tableau 30 : Listing d'implantation des points d'axe

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

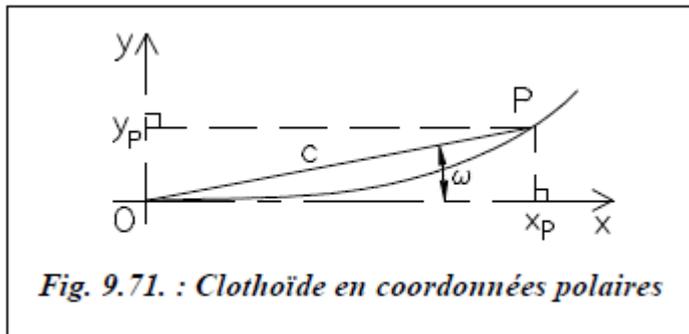


figure 9.3clothoide en cordonnées polaire

Chapitre : X

ASSAINISSEMENT

CHAPITRE X ASSAINISSEMENT

X-1- INTRODUCTION :

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires. Elle couvre le rétablissement des écoulements naturels, l'assainissement des plates-formes de chaussée, le drainage et la lutte contre la pollution routière. L'eau est la première ennemie de la route car il pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'utilisateur (glissade, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par désenrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation. Les types de dégradation provoquer par les eaux sont engendrés comme suit :

-Pour les chaussées :

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

-Décollement des bords (affouillement des flancs).

-Pour les talus :

-Glissement.

-Erosion.

-Affouillements du pied de talus. Les études hydrauliques inventorient l'existence de cours d'eau et d'une manière générale des écoulements d'eau en surface.

-projet sur ces écoulements et les équipements à prendre en compte pour maintenir ces écoulements.

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'érosions.

-Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de 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 effet de gel).

X-3- DEFINITIONS :

-Assainissement de la chaussée :

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

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

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

-Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cuvettes, caniveaux).

-Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur et dalot)

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 le moindre coût.

-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 %.

-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.

-Réseau de crête de talus de remblai :

Il a pour rôle d'éviter l'érosion du talus lorsque la chaussée est déversée vers l'extérieur .le risque d'érosion augmente avec la hauteur et la pente des talus, il dépend également de la pluviosité locale, de la cohésion du sol et de la présence ou de l'état de végétation.

En principe, on prévoit un tel réseau des que la hauteur du talus dépasse 2m dans les régions ou les pluies ont une forte intensité, ou 4m dans les autre cas

-Fossé de pied de talus de remblai :

Ce type de réseau peut avoir les deux fonctions suivantes :

1. Canaliser les eaux issues de la plate-forme jusqu'à exutoire lorsque les débits sont trop importants pour être évacués librement sans dommages ou préjudices pour les riverains.
2. Collecter et canaliser vers un ouvrage de traversée les eaux de ruisselant sur le terrain naturel vers le remblai.

Dans les deux cas, et pour les consécutions d'entretien, le fossé est réalisé à une distance minimale de 1m du pied de talus.

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.

-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.

-Bassin versant

C'est un secteur géographique qui est limité par les lignes de crêtes ou lignes de rencontre des versants vers le haut, ou la surface totale de la zone susceptible d'alimenter en eau pluviale, d'une façon naturelle, une canalisation en un point considéré.

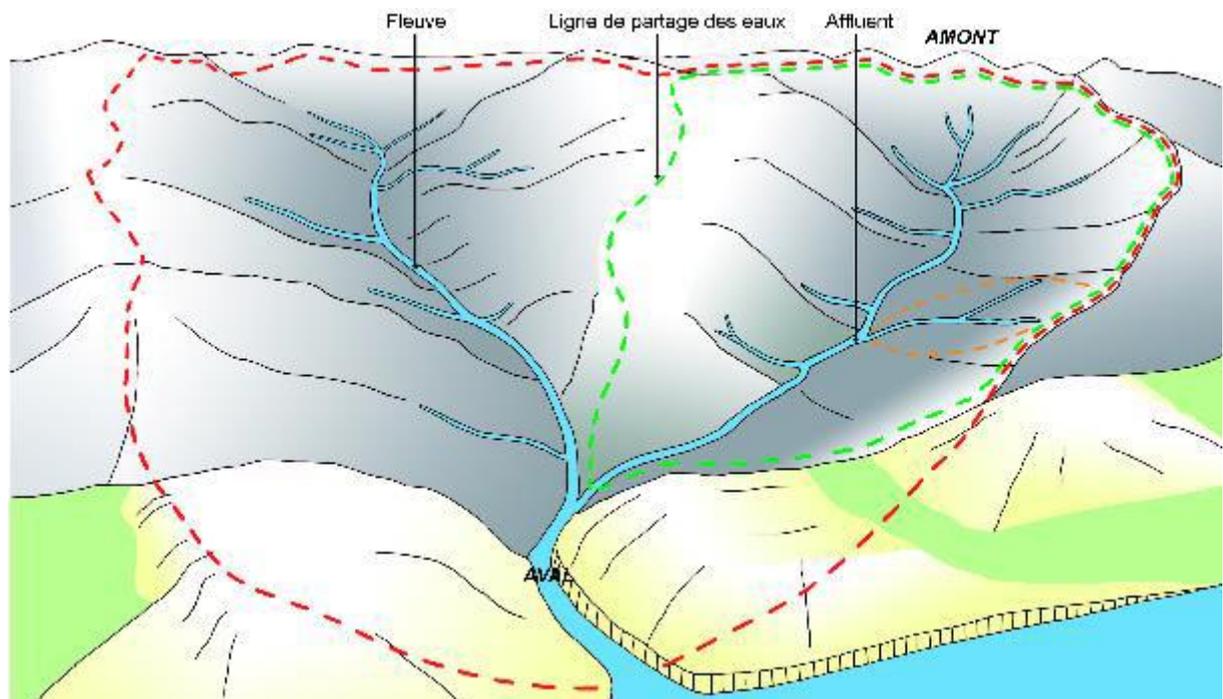


Figure 10.1 : Exemple d'un bassin versant.

-Buses et dalots :

En général, il est nécessaire de faire passer l'eau sous les routes ou moyen de buses ou dalot.

Ceux-ci doivent être construits en béton ou en maçonnerie et conduisent les eaux dans un bassin d'amortissement

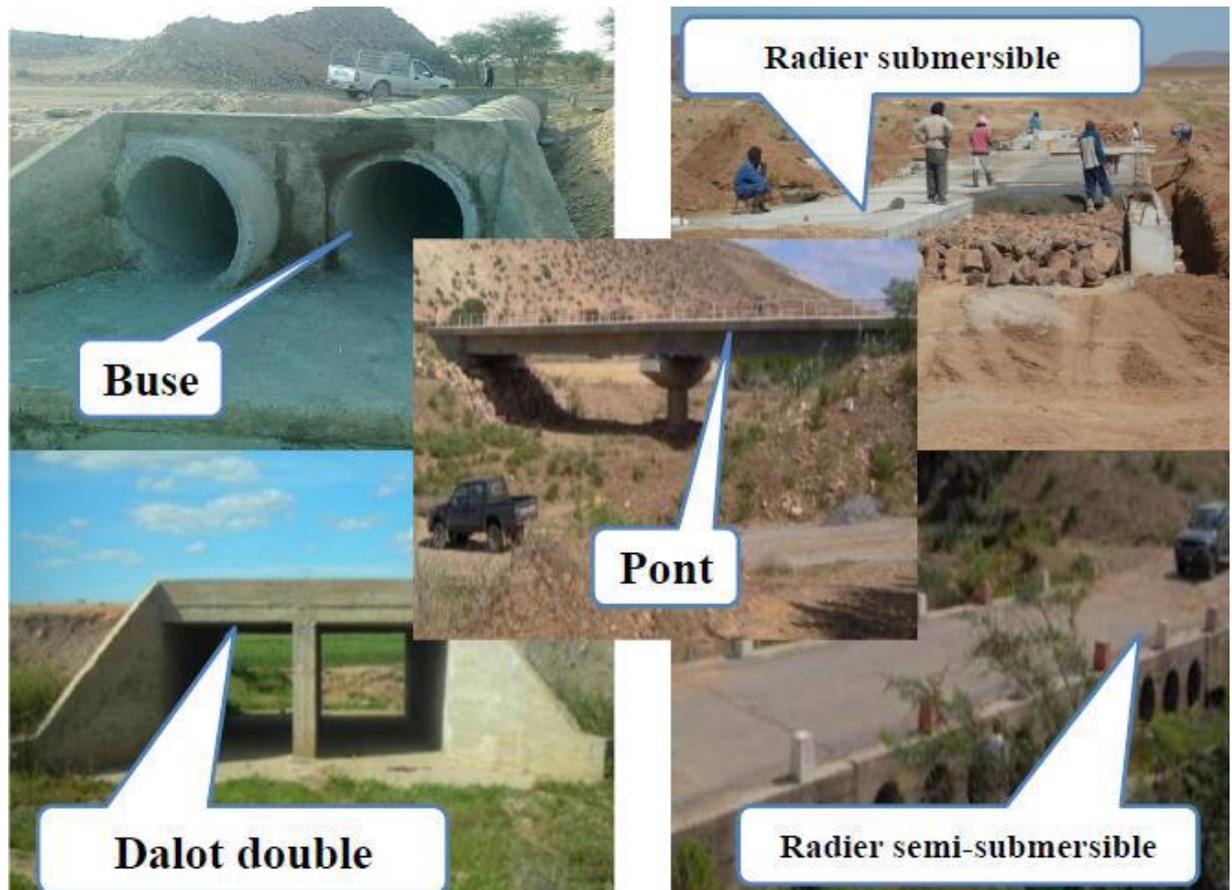


Figure 10.2 : Exemple d'un ouvrage de franchissement.

VI.4.2. Réseaux longitudinaux :

Les eaux de ruissellement des plates-formes et remblais doivent être collectées puis évacuées vers des bassins de stockage et éventuellement des bassins de décontamination. Des structures de collecte sont placées le long de l'infrastructure. Ils sont linéaires ou ponctuels, enterrés ou superficiels, permettant L'eau s'écoule sous l'effet de la gravité.

Il existe 5 types de structures de collecte longitudinale :

- L'ouvrage de crête de talus de déblais
- L'ouvrage de pied de talus de déblais
- L'ouvrage de terre-plein central
- L'ouvrage de crête de talus de remblai
- L'ouvrage de pied de talus de remblai

x.4.3. Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordements :

a) Ouvrages transversaux :

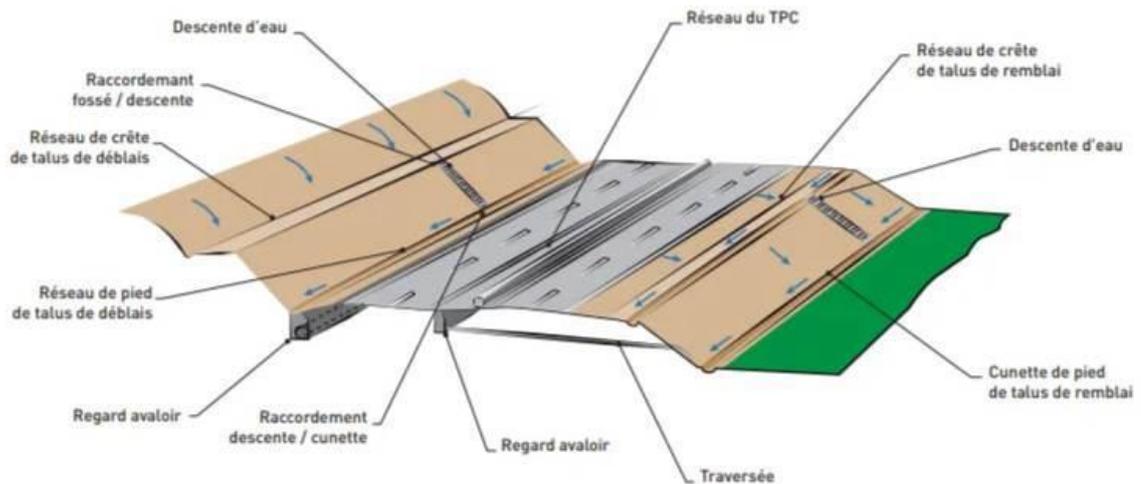
Les ouvrages transversaux permettent d'assurer l'écoulement d'un réseau longitudinal vers un autre. On distingue **2 types** d'ouvrages transversaux :

- Les ouvrages superficiels : descentes d'eau.
- Les traversées sous chaussées : collecteurs enterrés.

b) Ouvrages de raccordement :

Les ouvrages de raccordement permettent d'assurer les liaisons transversales entre les réseaux longitudinaux. **Ils sont constitués :**

- De tuyaux
- De regards de visite nécessaires pour l'entretien et la maintenance des ouvrages



5

Figure 10.3 : Situation des réseaux d'assainissement sur le profil en travers d'une route.

X-4- METHODES THEORIQUE DE CALCUL POUR DIMENSIONNER UN FOSSÉ :

Le débit d'apport est évalué à l'aide de la formule rationnelle suivante :

$$Q_a = K.C.I.A$$

Avec :

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

C : coefficient de ruissellement.

I : l'intensité de l'averse exprimée en **mm/h**

A : superficie du bassin versant.

-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 : la couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain.

Type de chaussée	Coefficient '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	0.20

Tableau 30: Coefficient de ruissellement

-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

$$P_j = \frac{P_{jmoy}}{\sqrt{Cv^2 + 1}} \cdot \exp(u \cdot \sqrt{\ln(Cv^2 + 1)})$$

-P_{jmoy} : pluie journalière moyenne (mm).

-**Cv** : Coefficient de variation.

-**ln**: Log. Népérien.

-**u** : Variable de Gauss. (Fonction de la période de retour) dont les valeurs sont données par le tableau suivant :

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

Tableau 31 : Variable GAUSS

-Remarques

-Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.

-Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.

-Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

-Calcul de fréquence d'averse :

Pour une durée de (t=15mn=0.25h), La fréquence d'averse est donnée par la formule suivante:

$$pt(\%) = pj(\%) \left(\frac{tc}{24}\right)^b$$

Avec :

t=0.25 h, b=0.42.

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, Giandothi, comme suit :

-La formule de VENTURA :

✓ Lorsque : **A < 5 km²**

$$tc = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$$

-La formule de PASSINI

✓ Lorsque : $5\text{km}^2 \leq A < 25 \text{ km}^2$ $tc = 0.108 \frac{\sqrt[3]{AL}}{\sqrt{P}}$

-La formule de GIADOTTI :

✓ Lorsque $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2$ $tc = \frac{4\sqrt{A+1.5L}}{0.8\sqrt{H}}$

-**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).

-L'intensité de l'averse :

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

$$I_t = I \cdot \left(\frac{tc}{24}\right)^b$$

Avec :

• **I** : l'intensité de l'averse pour une durée de 1h.

$$B = b - 1 = 0.42 - 1 = -0.58$$

-Calcul de débit de saturation (Qs)

Le calcul du débit est déterminé par la formule de MANNING STRICKLER

$$Q_s = V \cdot S \quad V = K \cdot I^{1/2} R_h^{2/3}$$

- **K_{st}** : coefficient de rugosité
- **K_{st}** : 30 en terre
- **K_{st}** : 40 en buses métalliques.
- **K_{st}** : 50 en maçonneries.

- **K_{st}** : 70 en bétons (dalots).
- **K_{st}** : 75 en bétons (buses préfabriquées).
- **I** : pente longitudinale de l'ouvrage.
- **R_H** : Rayon hydraulique = (surface mouillée/ périmètre mouillée).
- **S** : surface mouillée (m²).

Chapitre : XI

SIGNALISATION

CHAPITRE XI : SIGNALISATION ET ECLAIRAGE

1. INTRODUCTION :

La signalisation routière permet d'informer les usagers qu'ils soient conducteurs ou piétons, quant aux règles à respecter lors de leurs déplacements. Qu'elle soit verticale ou horizontale, permanente ou temporaire, la signalisation routière a été conçue et intégrée dans le code de la route avec un objectif très précis : limiter les causes d'accident de la route et l'excès de la vitesse.

2. Objectifs de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour rôle de :

- De rendre plus sûre la circulation routière en informant les usagers d'éventuels dangers qu'ils peuvent rencontrer ;
- De faciliter cette circulation en indiquant par exemple les directions à suivre ;
- D'indiquer ou de rappeler diverses prescriptions particulières de police ;
- De donner des informations relatives aux usagers de la route.

3. Règles à respecter de la signalisation routière

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

- Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité) ;
- Cohérence avec les règles de circulation ;
- Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale ;
- Éviter la publicité irrégulière ;
- Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

4. Types de signalisation

En générale, les types de la signalisation de route sont :

la signalisation verticale et la signalisation horizontale.

4.1 Signalisation verticale:



Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'utilisateur à travers leur emplacement, leur couleur et leur forme. Elles peuvent être classées dans quatre classes :

a) Signaux de danger

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



Figure 22 : Les signaux de danger

b) Signaux comportant une prescription absolue :

- Panneaux de forme circulaire, on trouve :
- L'interdiction ;
- L'obligation ;
- La fin de prescription.

c) Signaux à simple indication :

Panneaux en général de forme rectangulaire des fois terminées en pointe de flèche :

Figure 22 : Les signaux de danger

- Signaux d'indication.
- Signaux de direction.

d) Signaux de direction :

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

4.2. Signalisation horizontale:

La signalisation horizontale est représentée par des marques sur les chaussées, à indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation. Elle se divise en trois types :

a) Marquage longitudinal :

a.1) Lignes continue :

Les lignes continues sont annoncées à ceux des conducteurs auxquels il est interdit de les franchir par une ligne discontinue éventuellement complétée par des flèches de rabattement.

Nous avons dans la figure suivante la ligne continue interdisant le franchissement ou le chevauchement.



Figure 23 : Ligne continue interdisant le franchissement ou le chevauchement

a.2) Lignes discontinue :

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

- Lignes axiales ou lignes de délimitation de voie pour lesquelles la longueur du trait est environ égale ou tiers (1/3) 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'urgence dont la longueur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

Elles sont basées sur une longueur nominale de 13m, elles sont définies par rapport à une valeur unité **T**.

Leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant ci-dessous :

Tableau 32 : Modulation des lignes discontinues

Type de marquage	Type de modulation	Longueur du Trait (en m)	Intervalle entre 2 Trait successifs(m)	Rapport plein/vide
Ligne longitudinale axiale	T1	3	10	1/3
	T'1	1.5	5	1/3
	T3	3	1.33	3
Ligne	T2	3	3.5	1

longitudinale de rive	T'3	20	6	3
Ligne transversale	T'2	0.5	0.5	1

Pour les routes, autoroutes et en milieu urbain, il existe 3 modulations différentes (**T1, T'1 et T3**) pour les lignes axiales et 2 modulations (**T2 et T'3**) pour les lignes de rives (lignes séparant l'accotement de la chaussée).

a.3) Marques sur chaussée :

Nous avons dans la figure suivante les types de modulation

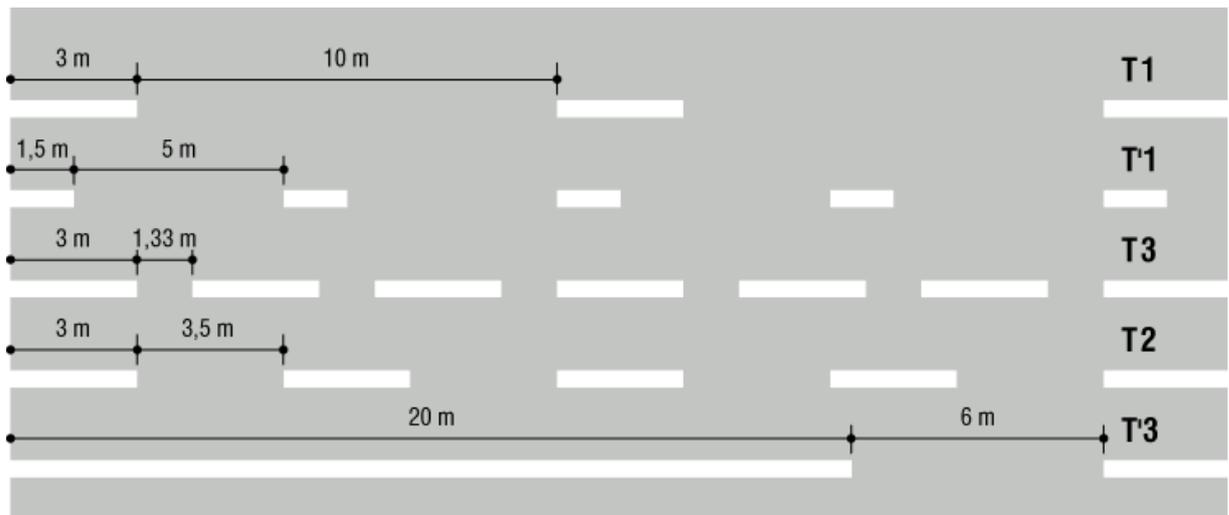


Figure 24 : Types de modulation

Avec :

T1, T'1 et T3 : Pour les lignes axiales ;

T2 et T'3 : Pour les lignes dérivées.

a.4) Les lignes mixtes :

Sont des lignes continues doublées par des lignes discontinues du type T1 dans le cas général.

b) Marques transversales :

Elles sont utilisées pour le marquage on distingue :

b.1) Les lignes transversales :

Pour les lignes transversales, la modulation T'2 comporte alternativement 0,5 mètre de trait et 0,5 mètre de vide.

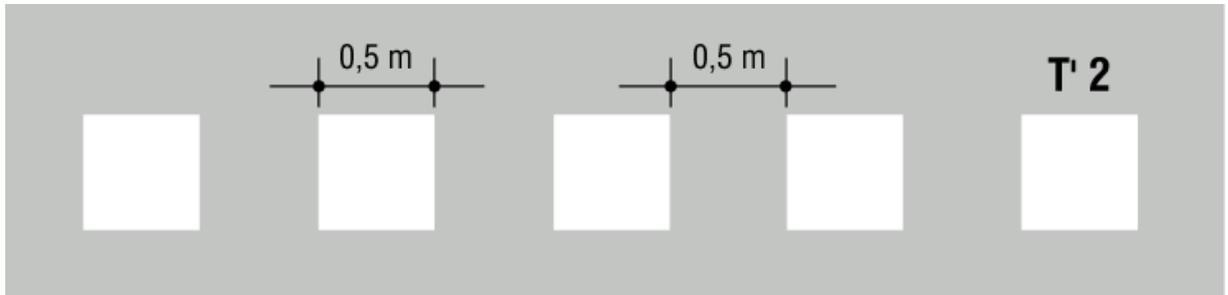


Figure 25 : Les lignes transversales

b.2) Ligne de stop :

C'est une ligne continue qui oblige les usagers à marquer un arrêt.

b.3) Ligne de cédez le passage :

Une marque routière transversale discontinue blanche qui a pour objet d'indiquer aux conducteurs la règle de priorité s'appliquant à l'intersection de deux voies.

b.4) Ligne feux de circulation :

C'est une ligne discontinue qui indique l'emplacement où les véhicules doivent s'arrêter en amont des feux tricolores.

Autres Ces flèches légèrement incurvées signalent aux usagers qu'ils doivent emprunter la voie située du côté qu'elles indiquent.

c) Signalisations :

-Les flèches de rabattement :

-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.

5. La largeur des lignes:

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité "U" différente selon le type de route.

On adopte les valeurs suivantes pour "U" :

-U= 7,5 cm sur les autoroutes, les routes à chaussées séparées, les routes à 4 voies de rase campagne ;

-U= 6 cm sur les routes importantes, notamment sur les routes à grande circulation ;

-U= 5 cm sur toutes les autres routes ;

-U= 3 cm pour les lignes tracées sur les pistes cyclables.

Par exemple, en milieu urbain "2U" représente une ligne de 10 cm de large (2x5cm)

La valeur de "U" doit être homogène sur tout un itinéraire.

En particulier, elle ne doit pas varier au passage d'un département à l'autre.

6. ECLAIRAGE :

6.1. Introduction :

Dans un trafic en augmentation constante, L'éclairage public et la signalisation nocturne des routes jouent un rôle indéniable en matière de sécurité. Leurs buts sont de permettre aux usagers de la voie de circuler la nuit avec une sécurité et confort aussi élevé que possible.

7. Catégories d'éclairage :

-On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

-Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.

-Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.

-Eclairage des voies de cercle, catégorie C.

-Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

8. Paramètres de l'implantation des luminaires :

-L'espacement (e) entre luminaires : qui varie en fonction du type de voie.

-La hauteur (h) du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.

-La largeur (l) de la chaussée.

-Le porte-à-faux (p) du foyer par rapport au support.

-L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

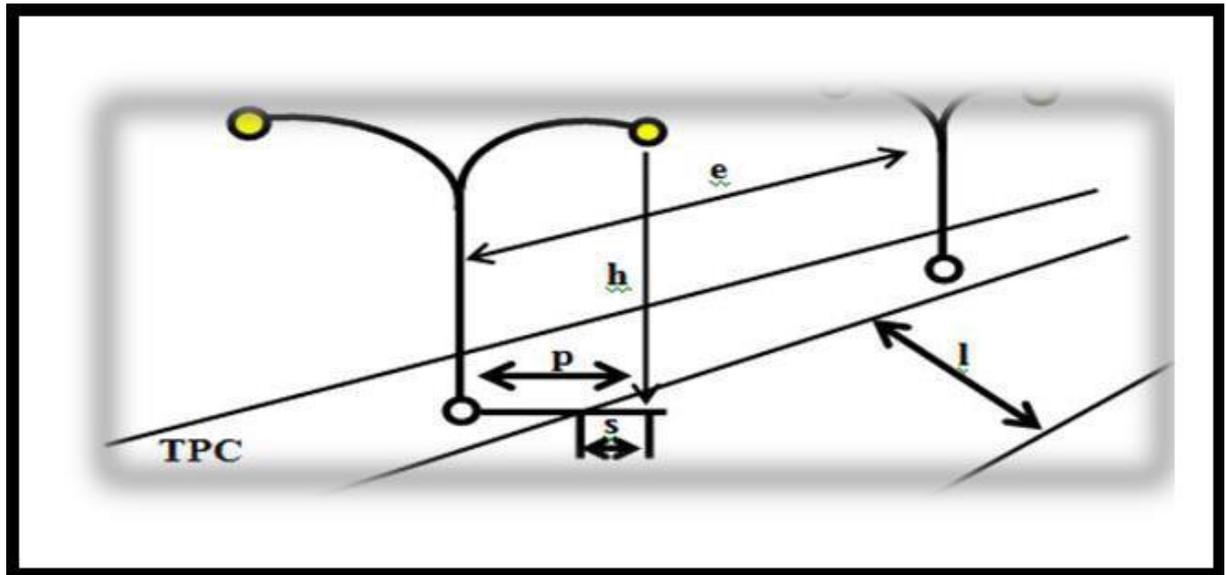


Figure 26 : Paramètre de l'implantation

e: l'espacement entre luminaires qui varie en fonction de type des voies.

h: la hauteur du luminaire : elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et parfois 12m pour les grandes largeurs de chaussées.

l: la largeur (l) de la chaussée.

p: la porte à faux (p) du foyer par rapport au support.

s: l'inclinaison ou non du foyer lumineux et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

Chapitre XVI:

Devis quantitatif et estimatif

Devis Quantitatif et Estimatif

N°	Désignation des tâches	U	QUANTITE	P.U	MONTANT
3	Travaux de scarification de la chaussée existante y compris balayage, soufflage et nettoyage de la plate forme y compris toutes sujétions de mise en œuvre.	M 2	24038.00	100.00	2403800.00
4	Exécution d'une couche de fondation en tuf ép:20cm y compris arrosage ,compactage, essai de compacité et toute sujétions de mise en œuvre .	m 3	2420.00	1000.00	2420000.00
5	Exécution de la couche de base en grave concassé 0/40 sur une ép: 15cm y compris arrosage ,compactage ,imprégnation au cut-back 0/1 et toute sujétions de mise en œuvre .	M 3	4807.60	1600.00	7692160.00
6	F/Mise en œuvre d'une couche de béton bitumineux 0/14 sur une ép:06cm y compris couche d'accrochage,Remise à niveau des regard ,avaloirs et bouches a clés existants , adjuvante d'un accélérateur du durcissement et toutes sujétions de mise en œuvre	T	3870.12	7000.00	27090826.00
7	F/Pose de bordure de trottoirs type T2 bicouche de bonne qualité (1er choix) y compris joint, peinture mataxiale rouge et blanc avec caniveau ep 10cm dosé à 350kg/m3 et toutes sujétions de mise en œuvre.	M L	1500.00	1200.00	1800000.00
1 2	Rechargement des accotements en tuf y compris arrosage, compactage et toutes sujétions de mise en œuvre.	M 3	2884.56	1000.00	2884560.00
1 3	Réalisation des fossés bétonnés trapézoïdale en légèrement armé en treille soudé en dimension 0,80 x 0,50 x 0,50 avec angle 45° y compris fouille en tranché et toutes sujétions de mise en œuvre	M L	2000.00	3500.00	7000000.00
1 4	Réalisation d'un ouvrage busé Ø 800 en béton y/c fouilles en tranchés pose lit de sable mur en tete et bassin de décantation et toute sujétion de bonne exécution	M L	30.00	25000.00	750000.00
présent devis à la somme Arrêté le :			MONTANT EN H.T		52 041 346.00
de			T.V.A 19%		9 887 855.74
Soixante Deux Millions Dinars			MONTANT EN T.T.C		61 929 201.74
			ARRONDI A		62 0000 000.00

BIBLIOGRAPHIE

- Normes techniques d'aménagement des routes « B40 »
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
- Les cours de routes (université de Mostaganem).
- Instruction sur les constructions techniques.
- Signalisation routière.
- Anciennes mémoires de fin d'étude.

<https://www.ornikar.com/code/cours/circulation/vitesse/distance-freinage>

<https://www.ornikar.com/code/cours/securite/prevention-routiere/distance-securite>

2. Etude de la modernisation de la RN90

Mémoire de master Encadré par : M. A.TALIA

-mémoire de fin d'étude thème (**Etude de réhabilitation du chemin de wilaya CW 01 reliant la commune de Tidda à la commune de Meghila (Wilaya de Tiaret) du Pk 17 +400 au PK 21 + 773.**) M. BICHARA Mahamat Ahmat

- mémoire de fin d'étude thème (Etude de modernisation d'un tronçon de la route nationale RN 07 reliant la wilaya de Relizane à la Wilayade Mascara du PK 0+000 au PK 3+815)

MHAMED Nadia et BELBACHIR Abdel Malik

- mémoire de fin d'étude thème **ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON AUTOROUTIER**

SUR 5.0 KM DU PK19+000 AU PK24+000 DE LA PÉNÉTRANTE RELIANT MOSTAGANEM À L'AUTOROUTE EST-OUEST

CHAPITRE XIV CONCLUSION

-Cette l'étude consistait a l'étude de la route existante en APS déterminer tous les paramètres géométriques ,prévoir un nouveau tracé en APD et faire tout les calculs en respectant les normes du B40.

-L'étude de modernisation de ce tronçon m'a permis d'améliorer mes connaissances et de se confronter en monde réel du travail .

-Cette route présentait beaucoup de contraintes rotamment son état (vétuste et dégradée) et sa forme très réduite durant mon etude ,j'ai procede a l'élargissemnt de la chaussée, renouvellement des couches du corps de chaussée et réduction de nombre de virages

(15 réduit à 8) d'apporter plus sécurité et confort pour les usagers.