



N° d'ordre : M/GCA/2021

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTERACADEMIQUE

Filière : Travaux Publics

Spécialité : Voie et Ouvrage d'Art

Thème

**ETUDE DE REHABILITATION DU CW24 DANS LA COMMUNE
KHIER-EDDINE DU PK 27+200 AU PK 30+000 SUR 2,8 KM**

Présenté par :

- Mr BELHOCINE GHALI
- Mr BENYAMINA ABDELHAK

Soutenu le 13/07/2021 devant le jury composé de :

Président: Mr MEBROUKI ABDELKADER

Examineur: Mr TALIA AHMED

Encadrant : Mme ELMASCRI SETTI

Co-Encadrant : Mr BOUARFA ZOUHIR

Année Universitaire : 2020 / 2021



Remerciement

Louange à ALLAH (que son Nom soit glorifié) qui nous a guidés, et sans lui nous n'aurions jamais été sur la bonne voie.

Nous remercions nos très chers parents pour leurs soutiens et leurs patiences.

En second lieu, nous tenons à remercier notre encadrant Mme ELMASCRI SETTI et le co-encadrant BOUARFA ZOHIR pour ses appréciations compétentes, ses précieux conseils et son aide durant toute la période du travail.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt : Mr MEBROUKI ABDELKADER et Mr TALIA AHMED qu'ils ont porté à notre travail. Et de l'enrichir par leurs propositions

Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers tous les Enseignants et le personnel administratif de l'université FST qui ont contribué à notre formation et à l'élaboration de ce présent travail

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

GHALI - ABDELHAK



Dédicaces

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

*A mes chères sœurs pour leurs encouragements permanents,
et leur soutien moral,*

A mes chers frères pour leur appui et leur encouragement,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

GHALI - ABDELHAK

SOMMAIRE

Remerciement

Dédicace

Liste de matière

Liste des tableaux

Liste des figures

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction générale 01

Chapitre I : Présentation et contexte du projet

I-1- Présentation de la wilaya de Mostaganem03

I-2 - Réseau routier03

I-3 - Présentation de site 04

I-4 - Objectifs de l'étude 04

I-5-Donnes de base 04

I-5-1- levé topographique 04

I-5-2-Trafic05

I-5-3-Catégorie de la route 06

I-5-4- Catégorie de notre projet 06

I-5-5- Environnement de travail 06

Chapitre II : Etude des variantes

II-1-Tracé En Plan 08

II-1-1-Définition 08

II-1-2-Règles à respecter dans le tracé en plan 08

II-1-3-Les éléments de tracé en plan 08

II-1-3-1-Alignement droit 09

II-1-3-2- Règles concernant la longueur des alignements 09

II-1-3-3- Arcs en cercle	09
II-1-4- Les variantes	10
II-1-4-1- Calcul de gisement de distance et des angles au centre	10
II-1-4-2- Détermination des éléments des raccordements circulaires	11
II-1-4-3- Environnement de la route	12
II-1-4-4- La vitesse de référence	12
II-1-4-5- Courbes en plan	12
II-1-4-6- Calcul des Cubatures Approchées	13
II-2- Etude des variantes.....	15
II-2-1- Etude de la variante ..	15
II-2-1-1- Introduction	15
II-2-1-2- Les coordonnées des sommets	16
II-2-1-3- Calcul de gisements et des angles au centre	16
II-2-1-4- Environnement de la route	16
II-2-1-5- La vitesse de référence	21
II-2-1-6- Stabilité en courbe	21
II-2-1-7- Détermination des éléments des raccordements circulaire	23
II-2-1-8- Cubatures	24

Chapitre III : Etude du trafic

III -1- Introduction	29
III -2- Analyse de trafic	29
III -3- Mesure des trafics	29
III -4- Différents types de trafic	30
III -4-1- Trafic normal.....	30
III -4-2 Trafic dévie	30
III -4-3 Trafic induit	31
III -4-4- Trafic total	31
III -5- Calcul de la capacité	31
III -5-1- Définition de la capacité	31
III -5-2- Calcul de trafic moyen journalier (TJMA) horizon	31
III -5-3- Calcul de trafic effectif	31
III -5-4- débit de point horaire normal	32
III -5-5- Débit horaire admissible	32

III -5-6- Déterminations du nombre des voies	33
III -6- Application de projet	33
III -6-1- Projection future de trafic	34
III.6.2 Calcul du trafic effectif	34
III -6-3- Débit de pointe horaire normal	34
III -6-4- La capacité admissible	34
III.6.5 : Le nombre des voies	35
III -7- Conclusion	35

Chapitre IV : Les raccords progressifs

IV-1- Introduction	37
IV-2- Définition de la Clothoïde	37
IV-3- Les éléments de la clothoïde	37
IV-4- Propriétés de la clothoïde	38
IV-5- Les conditions de raccordement	38
IV-5-1- Condition de confort optique	38
IV-5-2- Condition de confort dynamique	39
IV-5-3- Condition de gauchissement.....	39
IV-5-4- La Vérification de non chevauchement	39
IV-6- Notion de devers	40
IV-6 -1- Devers en alignement	40
IV-6 -2- Devers en courbe	40
IV-6-3- Rayon de courbure	40
IV-6 -4- Calcul des devers	40
IV-7- Application de projet	41
IV-7-1- Calcul des dévers associés aux rayons de la variante choisie	41
IV-7-2- Calcul de la longueur de Clothoïde et la vérification de non chevauchement	41
IV-7-3 : Calcul des paramètres des deux clothoïde	42

Chapitre V : Paramètres cinématiques

V-1- Définition	45
V-2- Distance de freinage	45

V-2-1 Application	46
V-3- Temps de perception et de réaction	47
V-4- Distance d'arrêt	47
V.4.1 Application	48
V-5- Distance de perception	50
V-5-1- Application	50
V-6- Espacement entre deux véhicules	51
V-7- Distance de visibilité de dépassant et de manœuvre	53

Chapitre VI : Profil en long

VI -1- Définition	55
VI -2- La ligne de projet (ligne rouge)	55
VI -3- Règles à respecter dans le tracé du profil en long	55
VI -4- Les éléments de composition du profil en long	56
VI -5- Coordination entre le tracé en plan et le profil en long	56
VI -6- Déclivité	57
VI -7- Les raccordements en profil en long	58
VI -8- Eléments nécessaires au calcul du profil en long	61
VI -9- Détermination pratique du profil en long	61
VI -10- Application de projet	63

Chapitre VII : Dimensionnement du corps de chaussée

VII-1- Introduction	67
VII-2- La chaussée	67
VII-2-1 Définition	67
VII-2-2 Différents types de chaussées	68
VII-2-2-1- Chaussée souple	68
VII-2-2-2- Chaussée semi-rigide	69
VII-2-2-3 - Chaussée rigide	70
VII-3- Les Différents Facteurs à prendre en compte pour le dimensionnement	70
VII-3-1 - Trafic	71
VII-3-2 – Environnement	71
VII-3-3 - Le Sol Support	71

VII-3-4 – Matériaux	72
VII-4- Méthodes De Dimensionnement	72
VII-4-1- Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio)	72
VII-4-2- Méthode A.A.S.H.O (American Association of State Highway Officials)	74
VII-4-3- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	74
VII-5- Application au Projet	74
VII-5- 1- Données de l'étude	74
VII-5- 2- Répartition de trafic	75
VII-5- 3- Calcul d'épaisseur	75
VII-5- 4- Epaisseur équivalente	75

Chapitre VIII : Profil en travers

VIII-1- Définition	78
VIII-2- Types De Profil En Travers	78
VIII-2-1- profil en travers type	78
VIII-2-2- profil en travers courants	78
VIII-3- Les éléments de composition du profil en travers	78
VIII-4- Application au projet	79

Chapitre IX : Cubatures et mouvements des terres

IX-1- Introduction	81
IX-2- Cubatures terrassements	81
IX-3- Méthode utilisée	81
IX-3-1- Description de la Méthode	81
IX-4- Mouvement des terres	82
IX-4-1- Métré de terrassement	82
IX-4-2- Foisonnement	83
IX-4-3- Moment de transport	83
IX-4-4- Distance moyenne de transport	83
IX-4-5- Epure de LALANNE	83
IX-4-6- Principe de l'épure de LALANNE	84
IX-4-7- Etablissement de l'épure de LALANNE	84
IX-4-8- Ligne de répartition des sens de transport	84
IX-5- Calculs des cubatures	85

Chapitre X : Signalisation routière

X -1- Introduction	88
X-2- L'objectif de la signalisation routière	88
X-3- Règles à respecter pour la signalisation	88
X-4- Types de signalisations	88
X -5- Caractéristiques générales des marques	91
X-6- Application au projet	91
X-7- Eclairage	92
X-7-1- Introduction.....	92
X-7-2- Catégorie d'éclairage.....	92
X-7-3- Paramètre de l'implantation des luminaires.....	93
X-7-4- Application au projet.....	93
X-7- Conclusion	93

Chapitre XI : Estimation du Coût du Projet

Devis	95
Conclusion générale	96
Bibliographie	97

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU II.1: Les coordonnées des sommets de l'axe de "variante 1	16
TABLEAU II.2 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante01".....	16
TABLEAU II.3 : dénivelé de profil "variante 01 ".....	16
TABLEAU II.4 : Classification de terrain et Dénivelée cumulée "variante 01 ".....	20
TABLEAU II.5: Sinuosité "variante 01".....	20
TABLEAU II.6 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité "variante 01".....	21
TABLEAU II.7 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40. "Variante 01 ".....	21
TABLEAU II.8: Devers en fonction de l'environnement	22
TABLEAU II.9 : Valeur du coefficient ft	22
TABLEAU II.10 : Valeur du coefficient « F"»	22
TABLEAU II.11: Paramètres fondamentaux selon B40.....	23
TABLEAU II.11: Les rayons de variante	23
TABLEAU II.12: Eléments des raccordements circulaires "variante 1".....	24
TABLEAU II.13: Cubatures approchées de la 'variante 01'.....	24
TABLEAU III.1 coefficient d'équivalence "p" (selon le B40).....	32
TABLEAU III.2 : Coefficient « K1 ».....	32
TABLEAU III.3: Coefficient « K2».....	32
TABLEAU III.4 : valeurs de Cth capacité théorique du profil en travers en régime stable.....	33
TABLEAU III.5 : résultats du calcul de trafic	35
TABLEAU IV.1 : Devers.....	40
TABLEAU IV.2: Calculs Devers.....	41
TABLEAU IV. 3: Longueur de la clothoïde.....	42
TABLEAU IV.4: Paramètres de clothoïde.....	42
TABLEAU V.1 : coefficient de frottement longitudinal fl en fonction de la vitesse (B40).....	45
TABLEAU V.2 : les différentes distances selon les normes B40	53
TABLEAU VI.1: Valeur de déclivité maximal.....	57
TABLEAU VI.2 : Rayons convexes.....	59
TABLEAU VI.3 : Rayons concaves (angle rentrant). Cat1, V80.....	60
TABLEAU VI.4 : Caractéristique des rayons verticaux.....	63
TABLEAU VI.5 : Tableau récapitulatif de résultats (F.T.L).....	65

TABLEAU VII. 1 : la portance de sol en fonction de l'indice de CBR.....	71
TABLEAU VII. 2 : Les classes de portance des sols.....	72
TABLEAU VII.3 : Coefficient d'équivalence.....	73
TABLEAU VII .4 : épaisseurs du corps de chaussée.....	76
TABLEAU IX.1 : Cubatures approchées de la 'variante 01'	85
TABLEAU XI.1 : Caractéristiques des lignes discontinues	90
TABLEAU X-1 : Devis estimatif et quantitatif	95

Liste des figures

Figure I.1 réseau routier de Mostaganem	3
Figure I.2 Photo satellite illustrant la section du projet	4
Figure I.3 : présentation graphique de notre projet.....	5
Figure II.1 : Les éléments de tracé en plan.....	8
Figure II.2 : Détermination de l'angle au centre	11
Figure II.3 : Les éléments d'un raccordement circulaire.....	11
Figure II.4 : Schéma représentant la surface entre profil.....	14
Figure II.5 : Calcul de surfaces cas de remblai.....	14
Figure II.6 : Calcul de surfaces cas de déblai	15
Figure II.7 : La dénivelée cumulée moyenne H/L.....	19
Figure IV.1 : Les éléments de la clothoïde.....	37
Figure IV.2 : La propriété de clothoïde	38
Figure V.1 .Distance de freinage	45
Figure V.2 : Temps de perception-réaction.....	47
Figure V.3 : Distance de perception	50
Figure V.4 : L'espace entre deux véhicules.....	52
Figure VI.1 : Profile en long.....	55
Figure VI.2 : condition de visibilité	58
Figure VI.3 : Eléments du profil en long.....	61
Figure VI.4 : Pratiques du profil en long.....	61
Figure VII.1 : Structure type d'une chaussée souple	69
Figure VII.2 : Structure type d'une chaussée semi-rigide.....	70
Figure VII.3 : Structure type d'une chaussée rigide.....	70
Figure VII.4 : La structure de chaussée.....	76
Figure VIII.1 : Les éléments d'une route	78
Figure VIII.2 : Le profil en travers	79
Figure IX.1 : Schéma représentant la surface entre profil	82
Figure IX.2 :L'épure de LALANNE.....	84
Figure IX.3 : Sens de transport.....	84
Figure X.1 : Types de modulation	90

Figure X.2 : Flèche de signalisation	91
Figure X.3 : signalisation verticale	91
Figure XI.4 : Signalisation horizontale	92
Figure X.5 Paramètres de l'implantation des luminaires.....	93

RESUME

Pour mettre en application nos connaissances théoriques acquises pendant le cycle de notre formation on a choisi un thème de route et ceci rentrant dans le cadre de la préparation du diplôme de master voie et ouvrage d'art VOA.

C'est un sujet où on doit réhabiliter un tronçon pris du chemin de wilaya CW24 de la wilaya de Mostaganem à la commune de KHEIR-EDDINE.

L'objectif de cette étude est :

- ❖ Amélioration le niveau de service de cette route.
- ❖ Assurer le confort, et la sécurité des usagers.
- ❖ Augmentation de la capacité de la route.
- ❖ Les Rectifications des virages.
- ❖ Le Renforcement de la chaussée
- ❖ L'élargissement de la route en évitant les grands remblais

Pour atteindre ces objectifs on étudiera en premier lieu la route existante en faisant ressortir les caractéristique géométriques de ce tronçon ne respectant pas les normes du B40 ce qui peut se traduire par l'absence de sécurité et confort pour l'utilisateur empruntant ce chemin. Et en second lieu on donnera à cette route les caractéristiques d'un chemin de wilaya en prenant en considération toutes les contraintes existantes. Ainsi que les opérations nécessaires au dimensionnement adéquat de la chaussée, des accotements et d'établir le type de renforcement répondant au trafic actuel afin d'assurer sécurité et confort.

ABSTRACT

To apply our theoretical knowledge acquired during the course of our study, we chose a road theme and this falling within the framework of the preparation of the master degree and VOA master's

This is a subject where we must rehabilitate section taken from the wilaya path CW24 of the wilaya of Mostaganem connecting the commune of KHEIR-EDDINE.

The objective of this study is:

- Improvement of the service level of this route.
- Ensure the comfort and safety of users.
- Increase in road capacity.
- Correction of turns.
- Reinforcement of the roadway
- Widening of the road avoiding large embankments

To achieve these objectives, we will first study the existing road by highlighting the geometric characteristics of this section that does not meet B40 standards, which can result in the lack of safety and comfort for the user taking this path. And secondly we will give this road the characteristics of a wilaya path taking into account all the existing constraints. As well as the operations necessary for the adequate dimensioning of the roadway, shoulders and to establish the type of reinforcement responding to the current traffic in order to ensure safety and comfort

نبذة مختصرة

لتطبيق معرفتنا النظرية المكتسبة خلال فترة تدريبنا ،اخترنا موضوع في مجال الطرقات وهذا يدخل في إطار

إعداد درجة الماجستير في تخصص VOA

هذا موضوع يتطلب منا إعادة تأهيل مقطع طوله 2,9 كيلو متر مأخوذ من المسار الولائي CW24 لولاية مستغانم

لبلدية خير الدين..

الهدف من هذه الدراسة هي:

- تحسين مستوى الخدمة لهذا الطريق.

- ضمان راحة وسلامة المستخدمين.

- زيادة الطاقة الاستيعابية للطريق.

- تصحيح المنعرجات.

-تدعيم الطريق

-اتساع الطريق.

لتحقيق هذه الأهداف سنقوم أولاً بدراسة الطريق الموجودة من خلال تسليط الضوء على الخصائص الهندسية لهذا

الجزء من الطريق الذي لا تلبى معايير B40 ويمكن أن تؤدي إلى نقص الأمان والراحة للمستخدم الذي يسلك هذا المسار .

وثانياً، سنعطي لهذا الطريق خصائص مسار ولائي مع مراعاة وأخذ بالاعتبار جميع القيود القائمة. و كذلك العمليات

اللازمة لتحديد الأبعاد المناسبة للطريق وتحديد نوع التعزيز الذي يستجيب لحركة المرور الحالية من أجل ضمان السلامة

والراحة.

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Actuellement la richesse d'un pays peut se mesurer à la puissance de ses moyens de communication. De ce fait notre pays a fourni, depuis l'aube de l'indépendance, un effort pour le développement du réseau routier. La route reste un moyen de communication très important dans la vie économique, industrielle et même sociale.

Depuis des siècles, l'homme a pensé à ce moyen de communication et les tracés étaient différemment conçus selon les moyens de transports de chaque époque.

Les routes modernes doivent permettre une circulation commode et sûre des véhicules et en même temps une réalisation économique, à bon marché. Les conditions actuelles dans lesquelles se développe aujourd'hui la circulation sont caractérisées par certains facteurs de base (le trafic, la vitesse de circulation...). Ces éléments conditionnent les caractéristiques des véhicules et en même temps la conception et les structures des routes.

La route doit être construite avec beaucoup de soin et de rigueur, de façon à équilibrer entre la bonne conception, la sécurité ainsi que le confort des usagers d'une part et les aspects économique d'une autre part.

Certains tracés ne répondent pas au trafic actuel et sont composés de virages qui n'obéissent pas aux normes assurant confort et sécurité de l'utilisateur.

D'où l'importance de notre étude, qui consiste à faire la réhabilitation d'un tronçon routier de chemin de wilaya CW 24 de Mostaganem à la commune de kheir-eddine.

Ce projet de réhabilitation étant nécessaire, compte tenu de :

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

Nous étudierons dans la première partie de ce présent mémoire la route existante. Une fois l'étude faite, on entamera en second partie l'étude de réhabilitation du tronçon où nous nous proposerons un tracé répondant aux normes du B40 en donnant à la route les caractéristiques d'un chemin de Wilaya.

Chapitre I
Présentation Et Contexte
Du Projet

PRESENTATION ET CONTEXTE DU PROJET

I.1 Présentation de la wilaya de Mostaganem :

Mostaganem est la 27^{ème} wilaya dans l'administration territoriale Algérienne. Elle se trouve au Nord-Ouest de l'Algérie sur la méditerranée (Afrique du Nord), à 350 Kms à l'Ouest d'Alger (La capitale) et à 80 Kms à l'Est d'Oran (2^{ème} ville d'Algérie).

La wilaya de Mostaganem compte plus de 800 000 habitants (statistiques de 2008) et se compose de 32 communes, réparties sur 10 Daïras (sous-préfectures) la wilaya s'étend sur une superficie de 2269km². Les wilayas limitrophes de Mostaganem : A l'Est la Wilaya de Chlef, au Sud-Est la Wilaya de Relizane, à l'Ouest la Wilaya d'Oran, au Sud-ouest la Wilaya de Mascara.

I.2 Réseau routier :

- Routes nationales (332,43 km)
- Chemin de wilaya (653,83 km)
- Chemin communaux et pistes (1147,98 km)



Figure I.1 : réseau routier de Mostaganem

I.3 Présentation de site :

Le projet dans sa globalité porte sur l'étude de réhabilitation du chemin de wilaya CW24 au niveau de la wilaya de Mostaganem sur un linéaire d'environ 5 km à commune KHEIR EDDINE.

Le début de notre tronçon de PK 27+200 et PK 30+000 liaison RN 90 et chemin de wilaya n°24 bis et passage latérale, et la fin de projet au la route CW 7.



Figure I.2 : Photo satellite illustrant la section du projet

I.4 Objectifs de l'étude :

Le but essentiel de notre projet dans le cadre de l'étude CW24 pour objet :

- Renforcer le réseau routier local et régional.
- D'assurer un rôle dans le rééquilibrage du territoire.
- Favoriser la mobilité douce et réduire la congestion ; les temps de déplacement, et les accidents.
- D'accroître la sécurité des usagers.

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

I.5. Données de Base

I.5.1. Levé topographique :

Toute étude est conçue sur un fond topographique définissant l'état du relief.

Pour notre étude on dispose d'un levé topographique numérique établi à l'échelle 1/1000 comportant le détail planimétrique et altimétrique du terrain naturel.

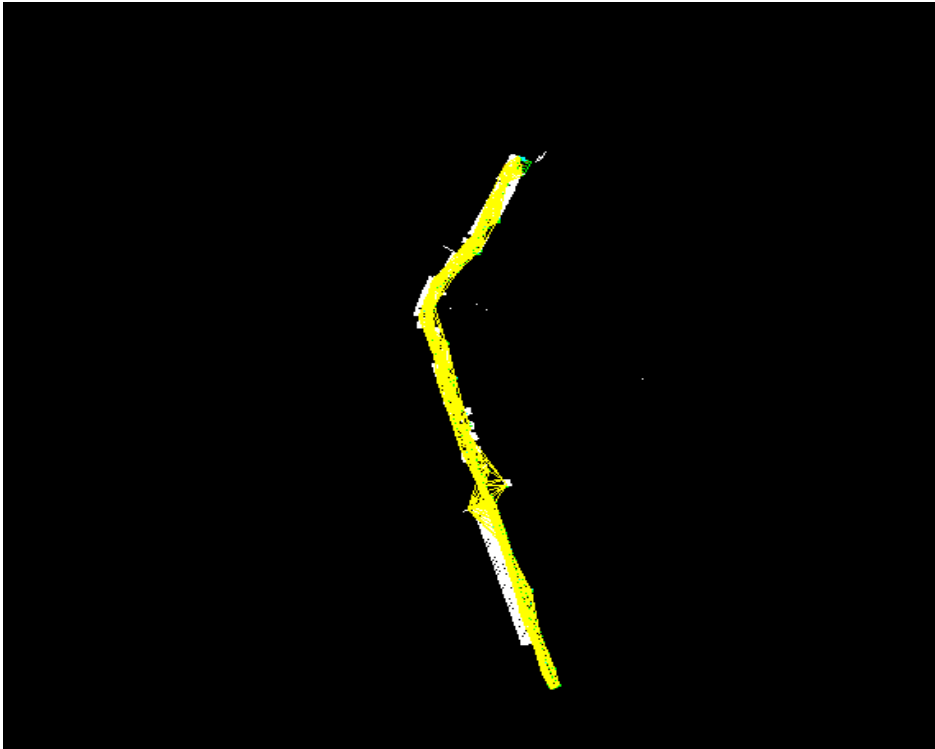


Figure I.3 : présentation graphique de notre projet

I.5.2. Trafic :

- TMJA =1838 V/J (2019)
- Taux d'accroissement : 10%
- Pourcentage des poids lourds : Z=18%
- Année de mise en service : 2021
- Durée d'étude et d'exécution : 2 ans
- Durée de travaux : 2 ans
- Durée de vie : 20 ans
- Indice de CBR : I = 10

I.5.3. Catégorie de la route :

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

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

- **Catégorie 1** : Liaison entre les grands centres économiques et les centres industriels lourdes considérées deux à deux, et liaisons assurant le rabattement des centres d'industries de transformation vers réseau de base ci-dessus.
- **Catégorie 2** : Liaison des pôles d'industries de transformations entre eux, et liaison 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

I.5.4. Catégorie de notre projet :

Le boulevard périphérique reliant les grands centres économiques de la wilaya de Mostaganem et transformation vers le réseau donc catégorie (C1).

I.5.5. Environnement de travail :

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

Chapitre II

Etude Des Variantes

II-1- TRACE EN PLAN :

II-1-1- Définition :

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

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

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

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

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

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

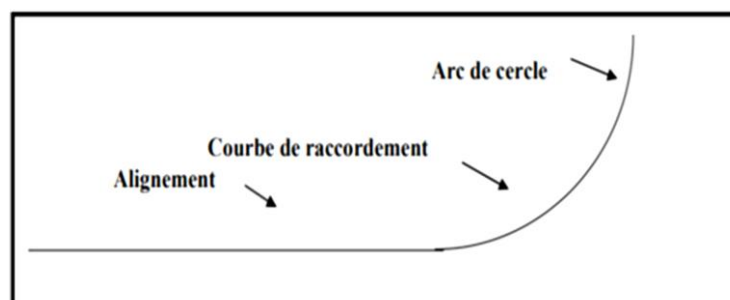


Figure II.1 : Les éléments de tracé en plan.

II-1-3-1- Alignement droit:

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

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

La longueur des alignements dépend de :

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

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

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

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

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

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

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

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

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

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

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

II-1-4- Les variantes :

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

- Détermination des coordonnées définissant l'axe de notre variante ainsi que les angles au centre des parties circulaires.
- L'environnement de la route.
- Dénivelée cumulée.
- Sinuosité.
- Vitesse de référence V_r .
- Les rayons en plan RHm, RHN, Rhd et RHnd.
- Choix des rayons.
- Détermination de tous les éléments des raccordements circulaires.
- Déclivités « profil en long ».
- Cubatures approchées.

II-1-4-1- Calcul de gisement de distance et des angles au centre :

❖ Gisement :

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

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

• Cas exceptionnels pour le calcul de gisement :

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

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

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

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

❖ Distance :

La distance S_1S_2 est donnée par la relation :

$$S_1S_2 = \sqrt{(X_{S_2} - X_{S_1})^2 + (Y_{S_2} - Y_{S_1})^2}$$

❖ L'angle au centre :

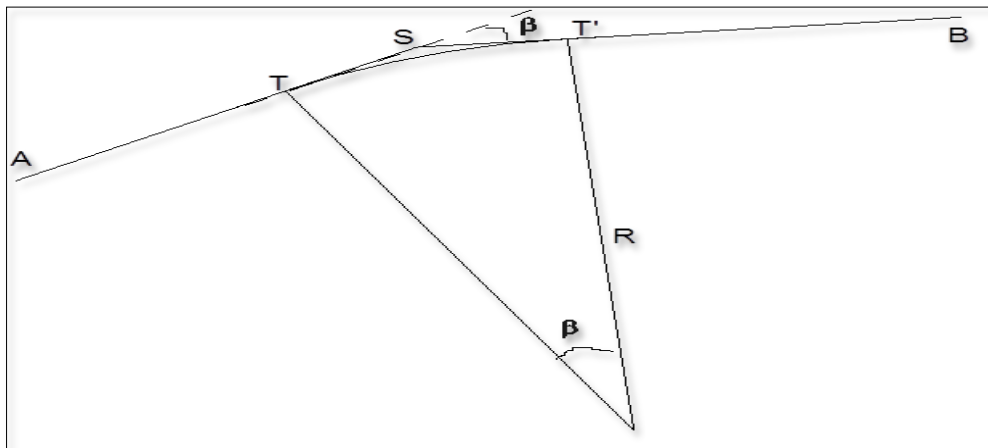


Figure II.2 : Détermination de l'angle au centre.

D'après le cas de Figure. II.1, l'angle au centre β est donné par : $\beta = G_{SB} - G_{AS}$

II-1-4-2- Détermination des éléments des raccordements circulaires :

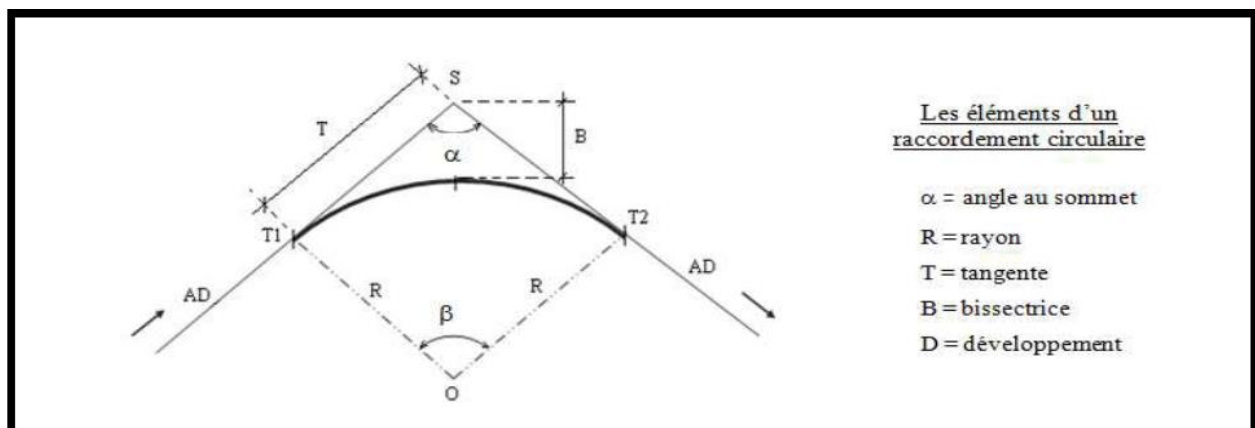


Figure II. 3 : Les éléments d'un raccordement circulaire.

• angles de déviation au sommet α :

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

❖ La tangente

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

❖ Bissectrice :

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

❖ **La développée :**

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

❖ **La flèche :**

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

II-1-4-3- Environnement de la route : « Ei »

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

- La dénivelée cumulée moyenne.
- La sinuosité.

II-1-4-4- La vitesse de référence :

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

- La catégorie.
- L'environnement.

II-1-4-5- Courbes en plan :

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

L'équilibre des forces agissant sur le véhicule nous amène à la conclusion suivante :

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

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

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

❖ **Le rayon minimal normal (RHN) :**

Le rayon minimal normal (RHN) doit permettre à des véhicules dépassant V_r de 20km/h de rouler en sécurité

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

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

RHd est le rayon au deçà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'effet centrifuge résiduel soit équivalent à celui subi par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit (devers : - d min %).

$$RHd = \frac{V_r^2}{127(2 \cdot d_{\min})}$$

$D_{\min} = 2.5\%$ en catégorie 1 – 2

$D_{\min} = 3\%$ en catégorie 3– 4

❖ **Le rayon non déversé RHnd :**

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

$$RHnd = \frac{V_r^2}{127(F'' - d_{\min})}$$

II-1-4-6- Calcul des Cubatures approchés :❖ **Méthode de calcul approximatif :**

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

Par conséquent

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

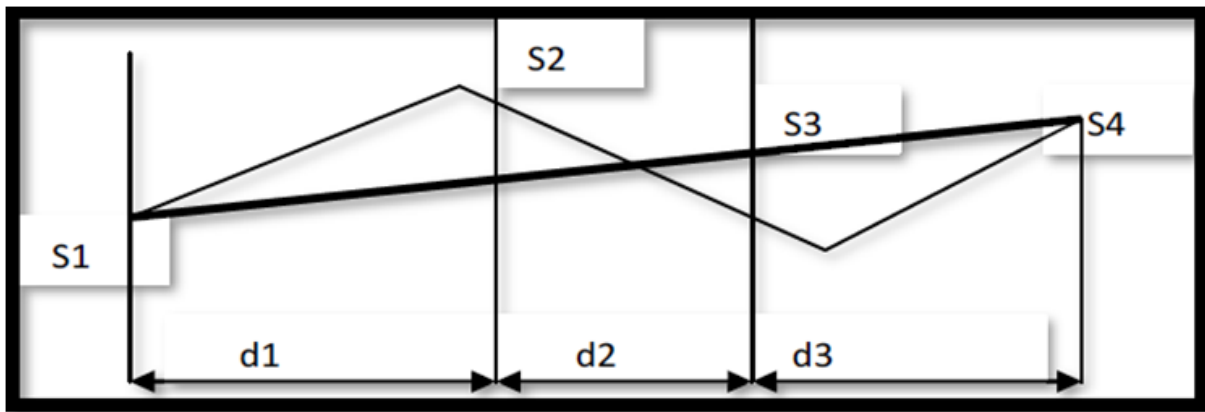


Figure II.4 : Schéma représentant la surface entre profil.

❖ Calcul des surfaces :

• En remblai :

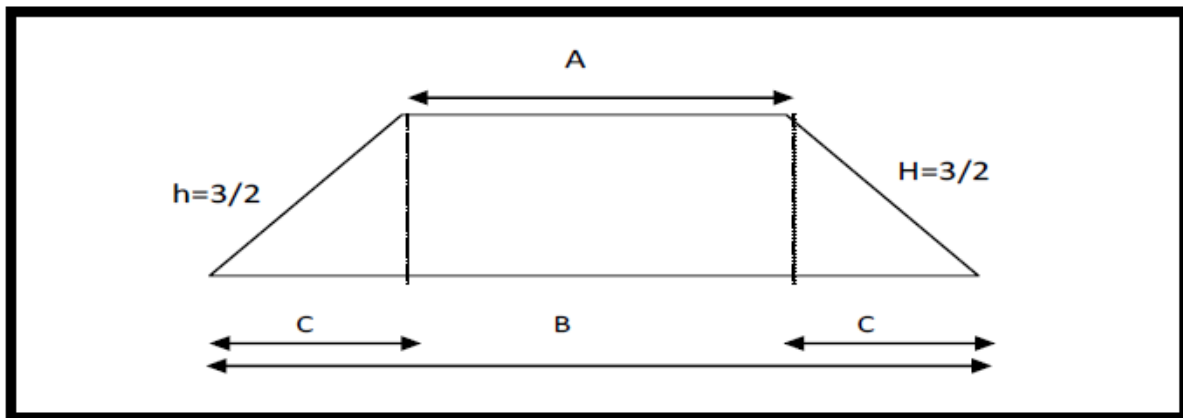


Figure II.5: Calcul de surfaces cas de remblai.

Avec :

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

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

- En déblai :

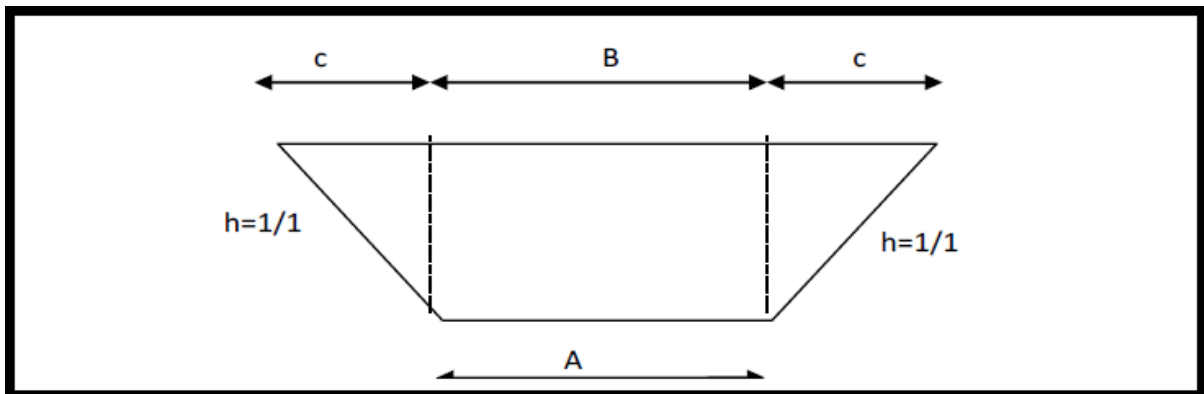


Figure II.6: Calcul de surfaces cas de déblai.

Avec :

- ✓ h : différence entre C.T.N et C.P.
- ✓ A : largeur de la chaussée + 2 accotements
- ✓ $SD = Ah + h^2$

II-2- Etude des variantes :

II-2-1- Etude de la variante :

II-2-1-1- Introduction :

Définir les caractéristique d'une route, c'est conserver les trois éléments géométrique simples qui la composent :

- Le tracé en plan, projection de la route sur u plan horizontal.
 - Le profil en long, développement de l'intersection de la surface de la route avec le Cylindre à génératrice.
 - Le profil en travers, coupe suivant un plan vertical perpendiculaire à l'axe.
 - Les normes fixent les règles relatives à la construction de ces trois éléments.
- L'exigence qui prévalu à l'élaboration des normes sont de deux ordres : sécurité des usagers et capacité des infrastructures a écouler le trafic qu'elles supportent.

Le tracé en plan de la variante est constitué d'alignement droit et de courbes. L'étude consiste à déterminer les angles aux sommets et les longueurs des tangentes, on procède à la mesure à partir de notre plan topographique dans le but de déterminer les rayons en plan.

II-2-1-2- Les coordonnées des sommets :**Tableau II.1:** Les coordonnées des sommets de l'axe de "variante 1".

	X	Y
A	48447.8920	41086.8300
S1	48053.2512	42452.6827
S2	47924.1033	43028.0707
S3	47990.4270	43158.2914
S4	48095.5760	43282.6071
S5	48159.3613	43433.7269
B	48312.6609	43754.1084

II-2-1-3- Calcul de gisements et des angles au centre :**Tableau II.2 :** Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante01".

Points	DX	DY	Gisement (gr)	Distance (m)	Bitas (gr)
A-S1	-394,64	1365,85	382,0940	1421,7225	/
S1S2	-129,14	575,38	385,9437	589,7037	3,8497
S2S3	66,32	130,22	29,9894	146,1378	44,0454
S3S4	105,14	124,31	44,6947	162,8210	14,7053
S4S5	63,78	151,11	25,4264	164,0297	19,2683
S5-B	153,29	320,38	28,4118	355,1690	2,9854

II-2-1-4- Environnement de la route :**A)- Dénivelée moyenne cumulée « H/L » :****Tableau II.3 :** dénivelé de profil "variante 01".

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Point d'axe			DH (m)
			X	Y	Z	
P1	29000,000	12,500	266772,203	3978983,073	233,932	0,000
P2	29025,000	25,000	266796,563	3978988,693	235,855	1,923
P3	29050,000	25,000	266820,923	3978994,313	237,778	1,923
P4	29075,000	25,000	266845,284	3978999,932	239,701	1,923
P5	29100,000	25,000	266869,644	3979005,552	241,624	1,923
P6	29125,000	25,000	266894,004	3979011,172	243,547	1,923

P7	29150,000	25,000	266918,364	3979016,792	245,470	1,923
P8	29175,000	25,000	266942,724	3979022,411	247,393	1,923
P9	29200,000	25,000	266967,085	3979028,031	249,316	1,923
P10	29225,000	25,000	266991,445	3979033,651	251,239	1,923
P11	29250,000	25,000	267015,805	3979039,270	253,161	1,923
P12	29275,000	25,000	267040,165	3979044,890	255,084	1,923
P13	29300,000	25,000	267064,525	3979050,510	257,007	1,923
P14	29325,000	25,000	267088,885	3979056,130	258,930	1,923
P15	29350,000	25,000	267113,246	3979061,749	260,853	1,923
P16	29375,000	25,000	267137,606	3979067,369	262,776	1,923
P17	29400,000	25,000	267161,966	3979072,989	264,699	1,923
P18	29425,000	25,000	267186,326	3979078,609	266,622	1,923
P19	29450,000	25,000	267210,686	3979084,228	268,532	1,910
P20	29475,000	25,000	267235,047	3979089,848	270,334	1,803
P21	29500,000	25,000	267259,407	3979095,468	272,011	1,677
P22	29525,000	25,000	267283,767	3979101,087	273,562	1,551
P23	29550,000	25,000	267308,127	3979106,707	274,987	1,425
P24	29575,000	25,000	267332,487	3979112,327	276,305	1,318
P25	29600,000	25,000	267356,848	3979117,947	277,610	1,305
P26	29625,000	25,000	267381,208	3979123,566	278,915	1,305
P27	29650,000	25,000	267405,568	3979129,186	280,219	1,305
P28	29675,000	25,000	267429,928	3979134,806	281,524	1,305
P29	29700,000	25,000	267454,288	3979140,426	282,829	1,305
P30	29725,000	25,000	267478,648	3979146,045	284,134	1,305
P31	29750,000	25,000	267503,009	3979151,665	285,439	1,305
P32	29775,000	25,000	267527,369	3979157,285	286,743	1,305
P33	29800,000	25,000	267551,729	3979162,904	288,048	1,305
P34	29825,000	25,000	267576,089	3979168,524	289,353	1,305
P35	29850,000	25,000	267600,449	3979174,144	290,658	1,305
P36	29875,000	25,000	267624,810	3979179,764	291,963	1,305
P37	29900,000	25,000	267649,170	3979185,383	293,268	1,305
P38	29925,000	25,000	267673,530	3979191,003	294,572	1,305
P39	29950,000	25,000	267697,890	3979196,623	295,877	1,305

P40	29975,000	25,000	267722,250	3979202,243	297,182	1,305
P41	30000,000	19,951	267746,610	3979207,862	298,487	1,305
P42	30014,902	12,500	267761,131	3979211,212	299,265	0,778
P43	30025,000	17,549	267770,963	3979213,515	299,792	0,527
P44	30050,000	25,000	267795,235	3979219,501	301,096	1,305
P45	30075,000	25,000	267819,405	3979225,891	302,401	1,305
P46	30100,000	25,000	267843,464	3979232,682	303,706	1,305
P47	30125,000	25,000	267867,407	3979239,874	305,011	1,305
P48	30150,000	25,000	267891,227	3979247,464	306,316	1,305
P49	30175,000	25,000	267914,917	3979255,449	307,620	1,305
P50	30200,000	25,000	267938,471	3979263,829	308,925	1,305
P51	30225,000	25,000	267961,881	3979272,599	310,230	1,305
P52	30250,000	25,000	267985,143	3979281,759	311,535	1,305
P53	30275,000	25,000	268008,248	3979291,305	312,840	1,305
P54	30300,000	25,000	268031,191	3979301,235	314,145	1,305
P55	30325,000	25,000	268053,965	3979311,546	315,449	1,305
P56	30350,000	25,000	268076,565	3979322,234	316,754	1,305
P57	30375,000	25,000	268098,983	3979333,298	318,059	1,305
P58	30400,000	25,000	268121,214	3979344,735	319,364	1,305
P59	30425,000	25,000	268143,251	3979356,540	320,669	1,305
P60	30450,000	25,000	268165,088	3979368,710	321,973	1,305
P61	30475,000	25,000	268186,719	3979381,243	323,278	1,305
P62	30500,000	25,000	268208,138	3979394,135	324,583	1,305
P63	30525,000	23,720	268229,340	3979407,382	325,888	1,305
P64	30547,440	12,500	268248,180	3979419,571	327,059	1,171
P65	30550,000	13,780	268250,319	3979420,978	327,193	0,134
P66	30575,000	25,000	268271,207	3979434,715	328,498	1,305
P67	30600,000	25,000	268292,094	3979448,453	329,802	1,305
P68	30625,000	25,000	268312,982	3979462,190	331,107	1,305
P69	30650,000	25,000	268333,869	3979475,927	332,410	1,303
P70	30675,000	25,000	268354,757	3979489,664	333,682	1,272
P71	30700,000	25,000	268375,644	3979503,401	334,912	1,230
P72	30725,000	25,000	268396,532	3979517,139	336,100	1,188

P73	30750,000	25,000	268417,419	3979530,876	337,247	1,146
P74	30775,000	25,000	268438,307	3979544,613	338,351	1,105
P75	30800,000	25,000	268459,194	3979558,350	339,414	1,063
P76	30825,000	25,000	268480,082	3979572,088	340,435	1,021
P77	30850,000	25,000	268500,969	3979585,825	341,415	0,979
P78	30875,000	25,000	268521,857	3979599,562	342,352	0,938
P79	30900,000	25,000	268542,744	3979613,299	343,248	0,896
P80	30925,000	25,000	268563,632	3979627,036	344,102	0,854

C'est la somme en valeur absolue des dénivelées successives rencontrées le long de l'itinéraire. Le rapport de la dénivelée cumulée total H à la longueur total de l'itinéraire L permet de mesurer la variation longitudinale du relief.

$$D_c = \frac{|\sum_{P_i > 0} P_i L_i + \sum_{P_i < 0} P_i L_i|}{L}$$

P : pente du terrain.

L : longueur de l'itinéraire (L=L1+L2+L3+...Ln).

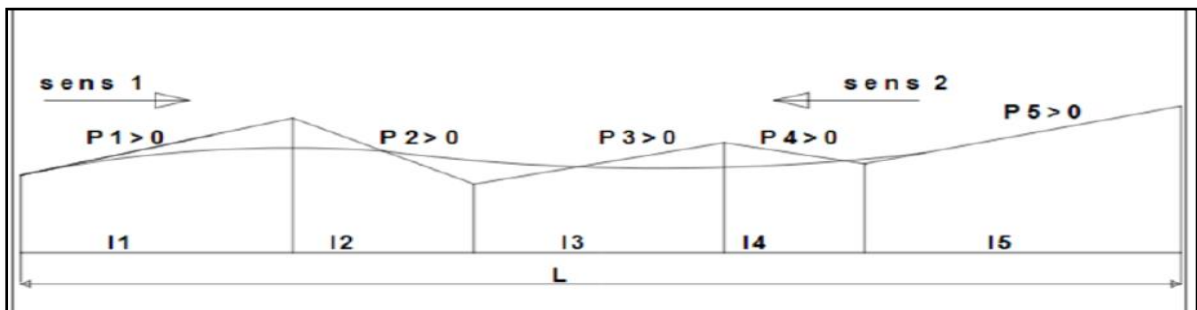


Figure II.7: La dénivelée cumulée moyenne H/L.

❖ **Dénivelée cumulée moyenne :**

Cette dénivelée cumulée moyenne nous permet de connaître la nature du terrain le tableau ci-après nous donne la dénivelé moyen cumulé de chaque profil :

- $\Sigma \Delta H = 24,776 \text{ m ;}$
- $\Sigma \text{ Distance} = 2846,053 \text{ m ;}$

$$D_c = \frac{\Sigma \Delta H}{\Sigma \text{ Distance}} = \frac{24,776}{2846,053} = 0.008705 \quad \Rightarrow \quad D_c = 0,87\%$$

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

Tableau II.4 : Classification de terrain et Dénivelée cumulée "variante 01 ".

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

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

B)-Sinuosité :

La sinuosité σ d'un itinéraire est égale au rapport de la longueur sinueuse L_s sur la longueur totale de l'itinéraire (la longueur sinueuse L_s est la longueur des courbes de rayon en plan inférieur ou égale à 200 m).

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

Avec :

- **L_s**: la somme des développées des rayons inférieurs ou égale a 200m ($R \leq 200m$).
- **L** : la longueur total de la route.

Alors $L_s = 0$ si aucun rayon n'est inférieur a 200m.

Donc $\sigma = 0,103$

Les valeurs seuils, déterminées par l'analyse de nombreux itinéraire en Algérie permettent de caractériser trois domaines de sinuosité (Voir le tableau suivant) :

Tableau II.5: Sinuosité "variante 01".

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

A partir du tableau ci-dessus, nous pouvons conclure que notre variante est de **sinuosité Moyenne**.

C)- Environnement de la route :

Trois types d'environnement sont caractérisés par le croisement des 2 paramètres précédents à partir du tableau suivant :

Tableau II.6 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité "variante 01".

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

Dans notre cas, nous avons :

Terrain Plat  Environnement E2
Sinuosité Moyenne

II-2-1-5- La vitesse de référence :

La vitesse est donc fonction de :

- La catégorie
- L'environnement

La catégorie de notre tronçon est **CAT1** et environnement **E2** (Voir Tableau III.7)

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

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

À partir du **tableau II.7**, La vitesse à considérer selon les normes est : **V_r =80 Km/h.**

II-2-1-6- Stabilité en courbe :

- ✓ **Détermination des dévers d_{\max} et d_{\min} :**

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

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

✓ Détermination du coefficient transversal f_t :Tableau II.9 : Valeur du coefficient f_t .

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

✓ Détermination du coefficient F'' en fonction de la catégorie :Tableau II.10 : Valeur du coefficient « F'' ».

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

✓ Tableau récapitulatif :

Vitesse réf	Dmax	dmin	d=dmax-2%	F_t	f'
80 km/h	7%	.5%	5%	0.13	0.06

▪ Détermination des rayons en plan :

❖ Le rayon horizontal minimal absolu (RHm) :

$$RHm = \frac{80^2}{127 (0,13 + 0,07)} \longrightarrow RHm = 252 \text{ m}$$

❖ Le rayon minimal normal (RHN) :

$$RHN = \frac{(80+20)^2}{127 (0,11 + 0,05)} \longrightarrow RHN = 492 \text{ m}$$

❖ Le rayon au devers minimal RHd :

$$RHd = \frac{80^2}{127 * 2 * 0,025} \longrightarrow RHd = 1008 \text{ m}$$

❖ Le rayon non déversé **RHnd** :

$$\mathbf{RHnd} = \frac{80^2}{127 (0,06 - 0,025)} \longrightarrow \mathbf{RHnd = 1440 \text{ m}}$$

▪ **Paramètres fondamentaux :**

D'après le règlement des normes d'aménagements routiers **B40**, pour un environnement E2 et une catégorie **C1** et une vitesse de base **VB = 80 km/h** on définit les paramètres dans le tableau suivants :

Paramètres	Symboles	Valeurs calculées	Valeurs selon B-40
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7 %)	252	250
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5 %)	492	450
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5 %)	1008	1000
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5 %)	1440	1400

▪ **Choix des rayons:**

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

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

Rayons Choisis (m)	
R1	800

Tableau II.11: Le rayon de variante 01"variante 1".

II-2-1-7- Détermination des éléments des raccords circulaires :

Tableau des résultats :

Tableau II.12: Eléments des raccords circulaires "variante 1".

Virage	Tangente (m)	Bissectrice (m)	Flèche (m)	Développée (m)
1	24,1957	0,3600	1,4622	48,3522
2	36,0420	206,9771	194,0759	69,1868
3	23,2022	1,3413	5,3119	46,1746
4	15,2498	1,1561	1,1428	30,2512
5	2,3451	0,0274	0,0274	4,6870

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

$$Lad = AT1 + T'1T2 + T'2T3 + T'3T4 + T'4T5 + T'5B$$

$$Lad = 1397,5234 \text{ m} + 529,4655 \text{ m} + 86,8958 \text{ m} + 124,3680 \text{ m} + 146,4250 \text{ m} + 352,8239 \text{ m}$$

$$\Rightarrow Lad = 2637,5016 \text{ m}$$

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

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

$$Lc = 48,3522 \text{ m} + 69,1868 \text{ m} + 46,1746 \text{ m} + 30,2512 \text{ m} + 4,6870 \text{ m}$$

$$\Rightarrow Lc = 198,6518 \text{ m}$$

• **Longueur totale du tronçon : LT**

$$LT = Lad + Lc$$

$$LT = 2637,5016 \text{ m} + 198,6518 \text{ m} \Rightarrow LT = 2836,1534 \text{ m}$$

Pourcentage Alignement droit % alig_Droit = 93%

Pourcentage Courbe % courbe = 7%

II-2-1-8- Cubatures :

Tableau II.13: Cubatures approchées de la 'variante 01'.

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Déblais					Remblais				
			Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)	Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)
P1	0.000	25.000	0.00	0.79	0.79	19.778	19.778	0.92	0.51	1.43	35.759	35.759
P2	50.000	50.000	0.05	0.13	0.18	8.800	28.577	1.85	1.43	3.29	164.391	200.150

P3	100.000	50.000	0.00	0.02	0.02	1.010	29.587	4.57	3.23	7.80	390.183	590.334
P4	150.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	29.587	5.37	4.49	9.86	492.972	1083.305
P5	200.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	29.587	5.11	4.72	9.83	491.699	1575.004
P6	250.000	50.000	0.00	0.03	0.03	1.676	31.264	4.29	2.84	7.13	356.497	1931.501
P7	300.000	50.000	0.05	0.08	0.12	6.242	37.506	1.97	1.56	3.52	176.247	2107.748
P8	350.000	50.000	0.10	0.07	0.17	8.397	45.903	0.59	0.76	1.35	67.710	2175.458
P9	400.000	50.000	0.83	0.60	1.43	71.350	117.253	0.01	0.02	0.02	1.184	2176.642
P10	450.000	50.000	0.73	0.23	0.96	47.863	165.116	0.00	0.03	0.03	1.535	2178.176
P11	500.000	50.000	0.16	0.10	0.26	12.829	177.944	0.45	0.36	0.81	40.452	2218.628
P12	550.000	50.000	0.59	0.60	1.19	59.617	237.562	0.20	0.13	0.33	16.468	2235.097
P13	600.000	50.000	0.33	2.97	3.30	165.044	402.605	0.04	0.00	0.04	2.047	2237.144
P14	650.000	50.000	0.27	1.85	2.12	106.103	508.708	0.24	0.00	0.24	12.054	2249.198
P15	700.000	50.000	0.02	0.00	0.02	1.099	509.807	2.17	2.70	4.87	243.349	2492.547
P16	750.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	509.807	6.16	4.60	10.75	537.693	3030.240
P17	800.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.012	509.819	5.22	3.70	8.92	445.779	3476.019
P18	850.000	50.000	0.00	0.02	0.02	1.081	510.900	4.41	3.08	7.48	374.118	3850.137
P19	900.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.042	510.941	4.34	3.35	7.69	384.585	4234.722
P20	950.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	510.941	6.70	7.38	14.08	704.130	4938.852
P21	1000.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	510.941	5.50	4.63	10.13	506.383	5445.235
P22	1050.000	50.000	0.00	0.02	0.02	1.004	511.945	2.63	2.11	4.75	237.327	5682.562
P23	1100.000	50.000	0.02	0.13	0.15	7.688	519.632	1.66	0.74	2.40	119.878	5802.440
P24	1150.000	50.000	0.01	0.10	0.11	5.367	524.999	1.97	1.30	3.27	163.563	5966.002
P25	1200.000	50.000	0.02	0.05	0.08	3.791	528.790	1.90	2.01	3.90	195.065	6161.067
P26	1250.000	50.000	0.02	0.01	0.03	1.455	530.245	2.43	2.27	4.70	234.992	6396.059
P27	1300.000	50.000	0.00	0.02	0.02	1.044	531.290	4.71	2.22	6.93	346.457	6742.516
P28	1350.000	41.650	0.00	0.03	0.03	1.216	532.506	2.79	1.44	4.23	176.361	6918.877
P29	1383.300	22.900	0.02	0.26	0.28	6.451	538.957	1.54	0.36	1.90	43.581	6962.458
P30	1395.800	8.350	0.06	0.45	0.51	4.299	543.256	0.53	0.13	0.66	5.518	6967.976
P31	1400.000	6.715	0.06	0.54	0.60	4.039	547.295	0.54	0.12	0.66	4.414	6972.390
P32	1409.230	10.865	0.25	0.38	0.64	6.909	554.205	0.11	0.00	0.11	1.198	6973.588
P33	1421.730	20.385	0.04	0.13	0.17	3.471	557.675	0.46	0.31	0.77	15.742	6989.330
P34	1450.000	39.135	0.11	0.19	0.30	11.876	569.552	0.26	0.29	0.55	21.399	7010.728
P35	1500.000	50.000	0.06	1.76	1.83	91.398	660.950	0.98	0.27	1.25	62.726	7073.454
P36	1550.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	660.950	4.82	3.63	8.45	422.386	7495.841
P37	1600.000	50.000	0.00	0.01	0.01	0.417	661.367	4.33	3.20	7.53	376.416	7872.256
P38	1650.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	661.367	9.17	10.04	19.21	960.730	8832.986
P39	1700.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	661.367	10.75	10.21	20.96	1048.158	9881.144
P40	1750.000	50.000	0.00	0.08	0.08	4.072	665.439	3.95	2.09	6.03	301.729	10182.872
P41	1800.000	50.000	0.10	0.89	0.99	49.696	715.135	0.34	0.04	0.38	18.948	10201.821
P42	1850.000	50.000	0.00	0.80	0.80	39.993	755.128	2.04	0.42	2.46	122.893	10324.714
P43	1900.000	44.247	0.00	0.05	0.05	2.241	757.369	6.36	3.77	10.13	448.289	10773.003
P44	1938.494	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	757.369	6.38	5.77	12.15	303.810	11076.814
P45	1950.000	18.000	0.00	0.00	0.00	0.000	757.369	8.86	5.95	14.81	266.578	11343.391
P46	1974.494	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	757.369	10.88	7.10	17.98	449.579	11792.970
P47	2000.000	17.942	0.00	0.00	0.00	0.000	757.369	9.43	5.87	15.30	274.554	12067.524
P48	2010.378	7.189	0.00	0.00	0.00	0.000	757.369	6.14	4.64	10.79	77.544	12145.068
P49	2014.378	19.811	0.00	0.00	0.00	0.000	757.369	5.56	4.57	10.12	200.569	12345.637
P50	2050.000	24.295	0.01	0.62	0.63	15.237	772.607	3.22	1.06	4.28	104.026	12449.663
P51	2062.969	8.047	0.00	0.94	0.94	7.594	780.200	2.99	0.50	3.49	28.065	12477.728
P52	2066.094	18.516	0.00	1.05	1.05	19.467	799.667	2.83	0.38	3.21	59.483	12537.211
P53	2100.000	41.953	0.01	3.21	3.22	135.062	934.729	2.37	0.01	2.37	99.593	12636.804
P54	2150.000	29.677	0.00	1.43	1.43	42.533	977.263	3.57	0.81	4.38	130.012	12766.817

P55	2159.353	6.239	0.01	0.73	0.74	4.610	981.873	2.31	1.10	3.41	21.271	12788.088
P56	2162.478	20.323	0.00	0.93	0.93	18.898	1000.771	1.75	0.41	2.15	43.787	12831.875
P57	2200.000	43.761	0.00	0.02	0.02	0.838	1001.608	7.08	4.00	11.08	484.790	13316.665
P58	2250.000	25.788	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	11.70	7.87	19.57	504.758	13821.423
P59	2251.577	18.788	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	11.44	7.78	19.22	361.156	14182.579
P60	2287.577	19.638	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	8.96	7.43	16.39	321.816	14504.396
P61	2290.853	6.212	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	8.99	7.37	16.36	101.650	14606.045
P62	2300.000	18.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	9.22	7.45	16.67	299.995	14906.040
P63	2326.852	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	10.61	9.60	20.21	505.320	15411.361
P64	2350.000	36.574	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	11.98	10.75	22.74	831.585	16242.946
P65	2400.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	9.92	8.70	18.62	931.095	17174.041
P66	2450.000	43.063	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	7.27	7.36	14.63	630.093	17804.134
P67	2486.126	20.442	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	4.09	4.32	8.41	171.972	17976.106
P68	2490.884	6.937	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	3.71	3.96	7.67	53.192	18029.298
P69	2500.000	29.558	0.02	0.00	0.02	0.641	1002.250	3.24	3.08	6.32	186.778	18216.076
P70	2550.000	50.000	0.05	0.08	0.12	6.091	1008.341	1.53	1.45	2.99	149.444	18365.520
P71	2600.000	50.000	0.03	0.09	0.12	6.076	1014.417	2.08	1.60	3.67	183.634	18549.154
P72	2650.000	50.000	0.00	0.01	0.01	0.726	1015.143	3.12	3.01	6.13	306.333	18855.487
P73	2700.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1015.143	3.65	3.58	7.22	361.227	19216.714
P74	2750.000	50.000	0.02	0.13	0.15	7.391	1022.534	1.88	1.05	2.93	146.310	19363.023
P75	2800.000	48.027	0.00	0.07	0.07	3.405	1025.939	2.39	1.62	4.01	192.560	19555.583
P76	2846.053	23.027	0.00	0.00	0.00	0.000	1025.939	0.00	0.00	0.00	0.000	19555.583

- **Volume de déblai total : 1025,939 m³.**
- **Volume de remblai total : 19555,583 m³.**
- **Excès de remblai : 18529.644 m³.**

Chapitre III

Etude Du Trafic

III -1- INTRODUCTION :

Une étude de trafic est une étape très importante qui doit intervenir à l'amont de toute réflexion relative à un projet routier. Elle permet de déterminer l'intensité du trafic, caractérisé par le trafic journalier moyen annuel (TJMA), et d'autre part, l'agressivité des véhicules poids lourds définie par le nombre de poids lourds circulant sur le tronçon de route étudié.

En réponse à ces insuffisances une réhabilitation du tronçon étudié a été envisagée en vue d'améliorer l'offre de transport et assurer une meilleure sécurité et fluidité de trafic.

Le trafic à prendre en compte pour un projet constitue une des données de base pour la définition des caractéristiques géométriques de la route ainsi que pour le dimensionnement de la chaussée.

Il décrit la méthodologie de l'enquête, les comptages du trafic, l'analyse des résultats et leur projection.

- ✓ P1 : Véhicule particulier.
- ✓ P2 : Taxis.
- ✓ P3 : camionnette.
- ✓ P4 : Camion à 2 essieux.
- ✓ P5 : Camion à 3 essieux.
- ✓ P6 : Autobus.
- ✓ P7 : Tracteur.

III -2- ANALYSE DE TRAFIC :

Pour connaître en un point et un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage, ces derniers nécessitent une logistique et une organisation appropriées.

L'analyse de circulation sur les diverses artères des réseaux routiers sont nécessaires pour l'élaboration des plans d'aménagement ou de transformation de l'infrastructure, détermination de dimensions à donner aux routes et appréciation d'utilité des travaux projetés.

III -3- MESURE DES TRAFICS :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires :

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

a) Comptages : (technique n'identifiant pas les véhicules)

- Comptages manuels.
- Comptages automatiques.
- Comptages directionnels.
- Comptage directionnel par numéro de voiture ou film.

b) Compactages manuels :

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

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

❖ Comptages automatiques :

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

❖ Compactages directionnels :

Le comptage directionnel de trafic se fait aux intersections gérées par priorités, aux carrefours à feux et aux giratoires. Il permet de déterminer les flux en fonction de leur direction.

c) Enquêtes simplifiées :

- ❖ Enquêtes par relève minéralogique
- ❖ Enquêtes par cartes
- ❖ Enquêtes papillons

d) Enquêtes complètes :

- ❖ Enquêtes par interview le long de la route
- ❖ Enquête par interview à domicile ou enquêtes ménages

III -4- DIFFERENTS TYPES DE TRAFIC :

III -4-1- Trafic normal :

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

III -4-2 Trafic dévie :

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

différent moyen d'atteindre la même destination.

III -4-3 Trafic induit :

C'est le trafic des nouveaux déplacements de personnes qui s'effectuent et qui en raison de la mauvaise qualité de l'ancien aménagement routier ne s'effectuaient pas antérieurement en tous s'effectuaient vers d'autres destinations.

III -4-4- Trafic total :

C'est la somme du trafic annuel et du trafic dévié.

III -5- CALCUL DE LA CAPACITE :

III -5-1- Définition de la capacité :

La capacité pratique est le débit horaire moyen à saturation. C'est le trafic horaire au-delà duquel le plus petit incident risque d'entraîner la formation de bouchons.

La capacité dépend:

✓ Des distances de sécurité (en milieu urbain ce facteur est favorable, Il est beaucoup moins en rase campagne, ou la densité de véhicules sera beaucoup plus faible).

✓ Des conditions météorologiques.

✓ Des caractéristiques géométriques de la route.

III -5-2- Calcul de trafic moyen journalier (TJMA) horizon :

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

$$TJMA_h = TJMA_0 (1 + \tau)^n$$

avec :

$TJMA_0$: le trafic à l'année zéro.

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

τ : le taux de croissance annuel du trafic.

III -5-3- Calcul de trafic effectif :

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

Le trafic effectif est donné par la relation :

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

T_{eff} : trafic effectif à l'horizon.

Z : pourcentage de poids lourds (%)

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

Tableau III.1 coefficient d'équivalence "p" (selon le B40)

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

III -5-4- débit de point horaire normal :

Le débit de point horaire normal est une fraction du trafic effectif a l'horizon, il est exprimé en (uvp) et donné par formule :

$$Q = \left(\frac{1}{n}\right) \times T_{eff}$$

Avec :

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

$\left(\frac{1}{n}\right)$: Coefficient de pointe prise égale 0.12.

Q : est exprimé en UVP/h

III -5-5- Débit horaire admissible :

Le débit horaire admissible est le nombre de véhicules toléré pouvant passer en un point donné pendant une heure, il est déterminé par la formule suivante :

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

Avec :

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

C_{th} : capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

- **Valeur de K1 :**

Tableau III.2 : Coefficient « K1 ».

Environnement	E1	E2	E3
K ₁	0.75	0.85	0.90-0.95

- **Valeurs de K2:**

Tableau III.3: Coefficient « K2».

Env et CAT	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5

E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

Tableau III.4 : valeurs de **C_{th}** capacité théorique du profil en travers en régime stable.

	Capacité théorique
Route à 2 voies de 3,5 m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3,5 m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées.	1500 à 1800 uvp/h

III -5-6- Déterminations du nombre des voies :

Le nombre de voies de circulation est variable selon le volume de circulation projeté à terme et les niveaux de services attendus.

- **Cas d'une chaussée bidirectionnelle :**

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

$$Q \leq Q_{adm}$$

- **Cas d'une chaussée unidirectionnelle :**

On nombre de voie par chaussée est le nombre entier le plus proche du rapport :

$$N = S \cdot Q / Q_{adm}$$

Avec :

n: le nombre de voie.

Q_{adm} : Débit admissible par voie.

S : coefficient dissymétrie, en général=2/3.

III -6- APPLICATION DE PROJET :

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

- Le trafic à l'année de compactage 2019 **TJMA₂₀₁₉ = 1838** v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté **τ = 10 %**
- La vitesse de base sur le tracé **V_b = 80** km/h
- Le pourcentage moyen de poids lourds **Z = 18 %**
- n= 2 ans (étude + réalisation)
- L'année de mise en service sera en **2021**
- Environnement E2 – Catégorie **C1**

- La durée de vie estimée de **20 ans**
- Coefficient d'équivalence pour le poids lourd : **p=6**
- **CBR : I = 10**

III -6-1- Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2021)

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

Avec :

T_n: trafic à l'horizon (année de mise en service 2021)

T₀ : trafic à l'année zéro (origine 2019)

$$TMJA_{2021} = 1838(1+0.1)^2 = 2224 \text{ v/j}$$

Donc :

$$T_1 = 2224 \text{ v/j}$$

Trafic à l'année horizon (2041) pour une durée de vie de 20 Ans :

$$TMJA_{2041} = 2224 (1+0.1)^{20} = 14962 \text{ v/j}$$

Donc :

$$T_{2041} = 14962 \text{ v/j}$$

V.6.2 Calcul du trafic effectif :

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

Avec :

- P : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds pour une route à deux voies et un environnement E2 on a P=6.
- Z: le pourcentage de poids lourds est égal à 18 %.

$$T_{\text{eff}} = [(1-0.18) + (6 \times 0.18)] \times 14962 = 13250 \text{ uvp/j}$$

Donc :

$$T_{\text{eff}} = 13250 \text{ v/j}$$

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

➤ Année de mise en service :

$$Q (\text{uvp/h}) = 0,12 \times 13250 = 1590 \text{ uvp/j}$$

III -6-4- La capacité admissible :

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

Avec :

K1 : coefficient correcteur pris égale à 0.85 pour E2 et Cat 1.

K2 : coefficient correcteur pris égale à 0,99 pour E2.

Cth : capacité théorique pris égale à 2000 uvp/h pour route à 2 voies de 3,5 m

$$Q_{adm} = 0,85 \times 0,99 \times 2000$$

Donc :

$$Q_{adm} = 1683 \text{ uvp/j}$$

III.6.5 : Le nombre des voies :

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

$$N = \left(\frac{2}{3} \right) \times \left(\frac{1590}{1683} \right) = 0,94 \text{ Donc : } N = 1 \text{ voies /sens}$$

Les résultats de calculs sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau III.5 : résultats du calcul de trafic

<i>TJMA</i> 2019 (v/j)	<i>TJMA</i> 2021 (v/j)	<i>TJMA</i> ₂₀₄₁ (v/j) <i>Teff</i>	<i>Teff</i> 2041 (uvp/j)	Q (uvp/j)	N
1838	2224	14962	13250	1590	1

III -7- CONCLUSION :

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

Deux Chaussée bidirectionnelle à deux voies de 3,50 m et des accotements de 1,50 m.

Chapitre IV
Les Raccordements
Progressif

IV-1- INTRODUCTION :

Le raccordement d'un alignement droit à une courbe circulaire doit être fait par des courbures progressives permettant l'introduction du devers et la condition du confort et de sécurité.

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

IV-2- DEFINITION DE LA CLOTHOÏDE :

La Clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbe décroît d'une façon continue de l'origine ou il est infini jusqu'au point asymptotique ou il est nul.

La courbure de la Clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc. Parcourue à vitesse constante, la Clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

IV-3- Les éléments de la clothoïde :

- A** : Paramètre de la clothoïde.
- M** : Centre de cercle.
- R** : Rayon de cercle.
- K_A** : Origine de la clothoïde.
- K_E** : Extrémité de la clothoïde.
- L** : longueur de la branche de la clothoïde.
- ΔR** : Mesure de décalage entre l'élément droit de l'arc du cercle (le ripage).
- X_m** : Abscisse du centre du cercle.
- τ** : Angle des tangentes.
- X** : Abscisse de K_E.
- Y** : Origine de K_E.
- T_K** : tangente courte.
- T_L** : tangente longue.

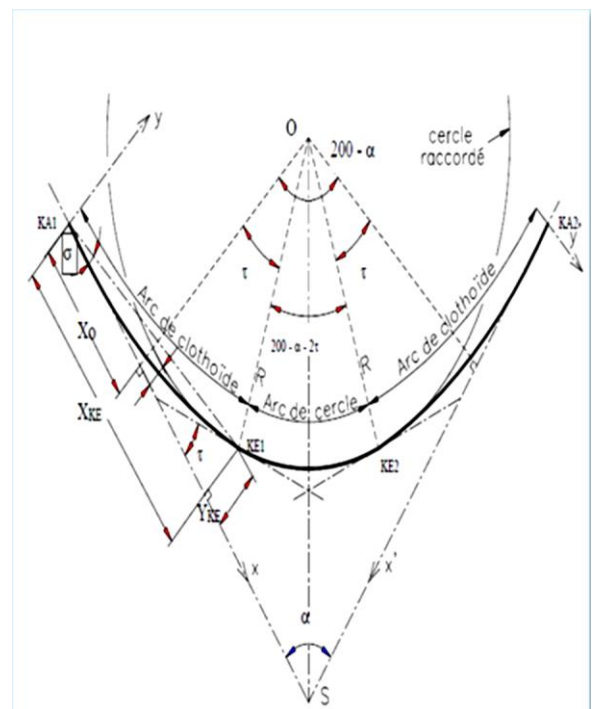


Figure IV.1 : Les éléments de la clothoïde.

S_L : Corde ($K_A - K_E$).

σ : Angle polaire.

IV-4- PROPRIETES DE LA CLOTHOÏDE :

Le rayon de courbure d'une Clothoïde varie progressivement d'une valeur infinie en O, point de tangence avec l'alignement Ox, à une valeur finie r , en un point donné P de la courbe.

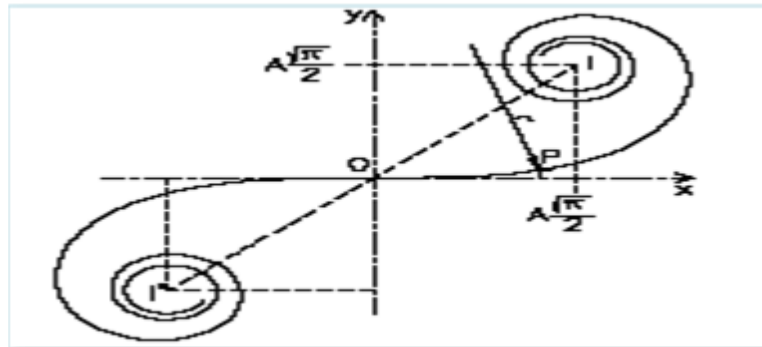


Figure IV.2 : La propriété de clothoïde.

Le rayon de courbure d'une clothoïde varie progressivement d'une valeur infinie en O, point de tangence avec l'alignement Ox, à une valeur finie, r , en un point donné P de la courbe. Un véhicule qui parcourt cette courbe voit donc le rayon de braquage de ses roues diminuer progressivement en passant par toutes les valeurs comprises entre l'infini et r . L'équation caractéristique est donnée par : $A^2 = R.L$

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

IV-5- LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT :

IV-5-1- Condition de confort optique :

Elle permet d'assurer à l'utilisateur une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels et pour cela la rotation de la tangente doit être supérieure à 3° .

$$\tau \geq 3^\circ \quad \text{soit} \quad \tau \geq 1/18 \text{ rad.}$$

$$\tau = L/2R > 1/18 \text{ rad} \Rightarrow L \geq R/9 \text{ soit } A \geq R/3.$$

$$R/3 \leq A \leq R$$

- Pour $R \leq 1500 \Rightarrow \Delta R = 1\text{m}$ (éventuellement 0.5m) d'où $L = (24.R.\Delta R)^{1/2}$
- Pour $1500 < R \leq 5000\text{m}$, $\tau = 3^\circ$ c'est-à-dire $L = R/9$

- Pour $R > 5000m \Rightarrow \Delta R$ limité à 2.5m soit $L=7,75 (R)^{1/2}$

IV-5-2- Condition de confort dynamique :

Cette condition consiste à éviter la variation trop brutale de l'accélération transversale, est imposé à une variation limitée.

$$L \geq \frac{V_B^2}{18} \left(\frac{V_B^2}{127.R} - \Delta d \right)$$

V_B : vitesse de base (Km/h).

R : le rayon (m).

Δd : la variation de divers ($\Delta d = d_{final} - d_{init}$)

IV-5-3- Condition de gauchissement :

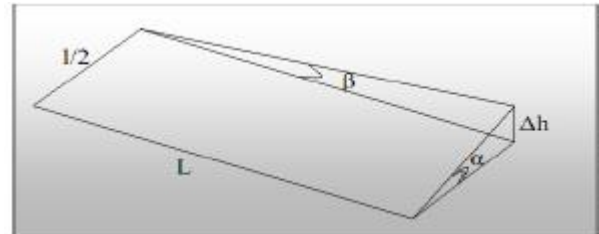
Elle se traduit par la limitation de la pente relative en profil en long du bord de la chaussée déversée.

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

L : Longueur de raccordement.

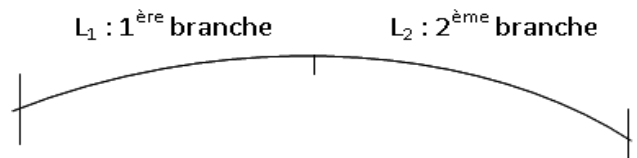
l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.



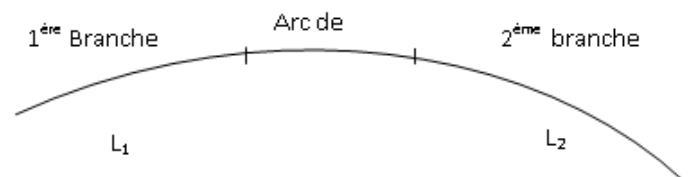
IV-5-4- La Vérification de non chevauchement :

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



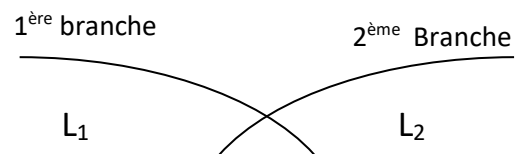
Clothoïde sans arc de cercle.

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



Clothoïde avec arc de cercle.

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



Clothoïde impossible.

IV-6- NOTION DE DEVERS :

Le devers est par définition la pente transversale de la chaussée, il permet l'évacuation des eaux pluviales pour les alignements droits et assure la stabilité des véhicules en courbe.

La pente transversale choisie résulte d'un compromis entre la limitation de l'instabilité des véhicules lorsqu'ils passent d'un versant à l'autre et la recherche d'un écoulement rapide des eaux de pluies.

IV-6 -1- Devers en alignement :

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

IV-6 -2- Devers en courbe :

En courbe permet de :

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

IV-6-3- Rayon de courbure :

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

Les valeurs préconisées pour les normes algériennes sont les suivantes :

Tableau IV.1 : Devers.

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

IV-6 -4- Calcul des devers :

1er cas :

Le rayon choisi : $R \geq R_{HNd}$ → Le dévers associé « d » est celui de l'alignement droit.

2ème cas :

Le rayon choisi : $R_{Hd} \leq R \leq R_{HNd}$ → Le dévers associé est le dévers minimal de l'alignement droit.

3ème cas :

Si $RHN \leq R \leq RHd$, le dévers associé « d » est calculé par interpolation entre le dévers associé à RHN et celui associé à RHd.

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

4ème cas :

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

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

Les rayons compris entre **RHd** et **RHnd** sont au devers minimal mais des rayons supérieur à **RHnd** peuvent être déversés s'il n'en résulte aucune dépense notable et notamment aucune perturbation sur le plan de drainage.

IV-7- APPLICATION DE PROJET :

IV-7-1- Calcul des dévers associés aux rayons de la variante choisie :

Symboles	Valeurs calculées	Valeurs selon B-40
RHm (7 %)	252	250
RHN (5 %)	492	450
RHd (2.5 %)	1008	1000
RHnd (-2.5 %)	1440	1400

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

Exemple pour R1=800 m :

a- Condition d'optique :

$$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \text{ Comme } R = 800 \text{ m} \leq 1500\text{m} \quad \Delta R = 1\text{m}$$

$$L \geq \sqrt{24 \times 800 \times 1} \quad L1 \geq 138,56$$

b- Condition de gauchissement :

$L2 \geq L \cdot \Delta d \cdot Vr$ Avec : $\Delta d = df - di \Delta d = 7 - (-2,5) \Delta d = 9.5 \%$

- $L = 7 \text{ m}$

- $Vr = 80 \text{ Km/ h}$

$L2 \geq 7 \times 0.095 \times 80 \quad L2 \geq 53,2m$

c- Condition dynamique :

$L3 \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127.800} - 0.095 \right) \quad L3 \geq 11,38m$

$L = \text{Max} (L1, L2, L3) = 138,56m.$

Tableau IV.2: Longueur de la clothoïde.

N° Virages	Conditions					Lmax (m)	L choisie (m)	Remarques
	Optique	gauchissement	dynamique	Non Chevauchement				
	L1	L2	L3	τ (g)	$\beta/2$ (gr)			
1	138,56	53,2	11,38	0,0866	1,9248	138,56	139,00	P.de che

IV-7-3 : Calcul des paramètres des deux clothoïde :

Tableau IV.3: Paramètres de clothoïde.

Paramètre de la clothoïde		Virage 1
R	Rayon (m)	800
L	Longueur de la clothoïde (m)	139
$A = \sqrt{R \cdot L}$	Paramètre de la clothoïde (m)	333,46663
$\alpha = 200 - \beta$	Angle au sommet (gr)	96,1503
$\beta = 200 - \alpha$	Angle au centre (gr)	3,8497
$\tau = L/2 \cdot R$	Angle des tangentes (gr)	0,0868
$\gamma = 200 - \alpha - 2 \tau$	Angle au centre Partie circulaire (gr)	103,6761
$XKE = L - (L^3/40 \cdot R^2)$	Abscisse de l'extrémité de la clothoïde.	138,8950

$Y_{KE} = L^2 / 6.R$	Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde.	4,0252
$\Theta = \arctg(Y_{KE}/X_{KE})$	Angle Polaire (gr)	1,8444
$D_{cercle} = \pi.R.\gamma/200$	Long. de la partie circulaire(m)	1302,8322
$SL = \sqrt{(X_{KE}^2 + Y_{KE}^2)}$	Longueur de la corde KA-KE (m)	138,9533
$X_o = X_{KE} - R.\sin \tau$	Abscisse du centre (m)	137,8042
$Y_o = Y_{KE} + R.\cos \tau$	Ordonnées du centre (m)	804,0244
$KA-O = \sqrt{X_o^2 + Y_o^2}$	Distance Ka-centre (m)	815,7482
$\Delta R = L^2 / 24.R$	Ripage (m)	1,006
$DT = 2L + D_{cercle}$	Développée totale (m)	1580,8322
$TK = Y_{KE} / \sin \tau$	Tangente longue (m)	2952,2150
$TL = X_{KE} - (Y_{KE} / \cos \tau)$	Tangente courte (m)	134,8697
Bissectrice	Bissectrice (m)	0,36

Chapitre V
Paramètres Cinématiques

V-1- DEFINITION :

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

V-2- DISTANCE DE FREINAGE :

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

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

$$d_0 = 0.04 \times \frac{V_r^2}{g(f_{rl} \pm i)}$$

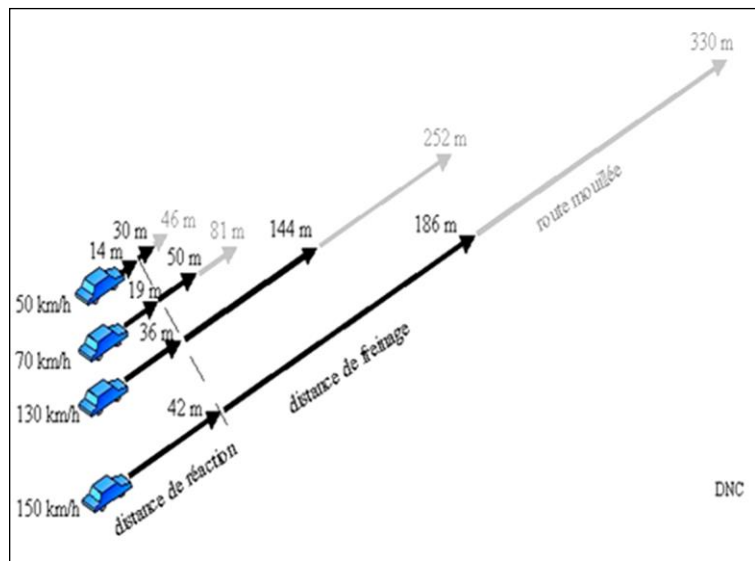


Figure V.1.Distance de freinage.

Avec :

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

i : déclivité.

f_{rl} : coefficient de frottement longitudinal qui dépend de la vitesse V_r .

Tableau V.1 : coefficient de frottement longitudinal f_l en fonction de la vitesse (B40).

	V(Km/h)	40	60	80	100	120	140
CAT 1-2	f_l	0.45	0.42	0.39	0.36	0.33	0.30
	d_0	14	34	65	111	175	269
CAT 3-4-5	f_{l2}	0.49	0.46	0.43	0.40	0.36	/
	d_0	13	31	59	100	160	/

Pour notre projet on a :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Catégorie 1} \\ V_r=80 \text{ km/} \end{array} \right. \quad fl=0,39$$

❖ En alignement droit :

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

❖ En rampe :

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

❖ En pente :

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

V-2-1 Application :

❖ En Rampe avec $i=0,255 \%$

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0,39 + 0,00255)} \implies d_0 = 65,21 \text{ m}$$

❖ En Pente avec : $i = -3,111 \%$

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0,39 - 0,0311)} \implies d_0 = 71,33 \text{ m}$$

❖ En Rampe avec : $i = 2,653\%$ $\implies d_0 = 61,46\text{m}$

En Rampe avec : $i = 0,097 \%$ $\implies d_0 = 65,47 \text{ m}$

En Rampe avec : $i = 0,410\%$ $\implies d_0 = 64,95 \text{ m}$

En Pente avec : $i = -1,952$ $\implies d_0 = 69,09\text{m}$

En Pente avec : $i = -0,160$ $\implies d_0 = 65,91 \text{ m}$

En Pente avec : $i = -1,170$ $\implies d_0 = 67,67\text{m}$

En Pente avec : $i = -2,636$ $\implies d_0 = 70,38\text{m}$

En Pente avec : $i = -1,337$ $\implies d_0 = 67,95\text{m}$

V-3- TEMPS DE PERCEPTION ET DE REACTION :

Souvent l'obstacle est imprévisible et le conducteur a besoin d'un temps pour réaliser la nature de l'obstacle ou du danger qui lui apparaît.

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

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

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

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

- Dans une attention concentrée :

- $t = 1.2 \text{ s}$ pour un obstacle imprévisible.
- $t = 0.6 \text{ s}$ pour un obstacle prévisible.

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

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

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

$$d_1 = v \times t \text{ Avec } V = 80 \text{ Km/h } t = 2 \text{ s}$$

V-4- DISTANCE D'ARRÊT :

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

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

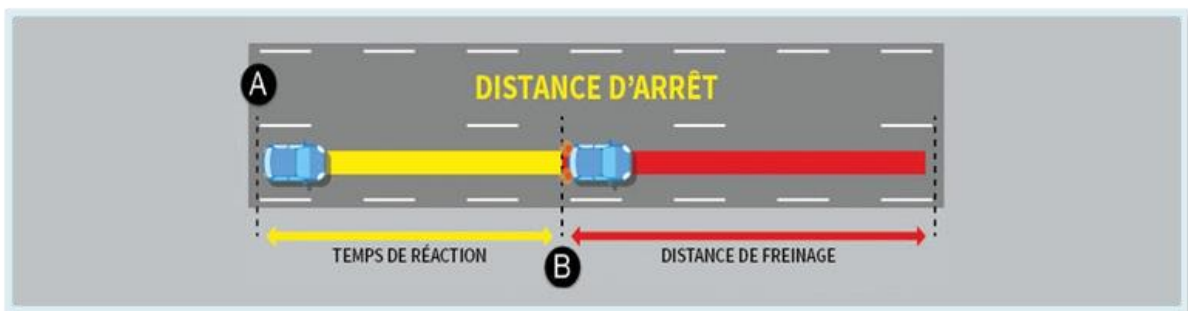


Figure V.2: Temps de perception-réaction.

a- En alignement droit :

$$\text{Si } \begin{cases} t = 1.8 \text{ s} : & d = d_0 + 0.50 \times Vr \\ t = 2 \text{ s} : & d = d_0 + 0.55 \times Vr \end{cases}$$

b- En courbe :

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

$$\text{Si } \begin{cases} t = 1.8 \text{ s} : & d = 1.25 \times d_0 + 0.50 \times Vr \\ t = 2 \text{ s} : & d = 1.25 \times d_0 + 0.55 \times Vr \end{cases}$$

V.4.1 Application**a-En alignement droit :**

$$Vr = 80 \text{ Km/h} \quad t = 2 \text{ s} \Rightarrow d = d_0 + 0.55Vr$$

❖ En palier :

$$d = 65,64 + (0.55 \times 80) = 109,64 \text{ m}$$

❖ En rampe avec $i = 0,255\%$:

$$d = 65,21 + (0.55 \times 80) = 109,21 \text{ m}$$

❖ En Rampe avec : $i = 2,653\%$:

$$d = 61,46 + (0.55 \times 80) = 105,46 \text{ m}$$

❖ En Rampe avec $i = 0,097\%$:

$$d = 65,47 + (0.55 \times 80) = 109,47 \text{ m}$$

❖ En Rampe avec $i = 0,410\%$:

$$d = 64,95 + (0.55 \times 80) = 108,95 \text{ m}$$

❖ En pente avec : $i = -1,952\%$

$$d = 69,09 + (0.55 \times 80) = 113,09 \text{ m}$$

❖ En pente avec : $i = -0,160\%$

$$d = 65,91 + (0.55 \times 80) = 109,91 \text{ m}$$

❖ En pente avec : $i = -1,170\%$

$$d = 67,67 + (0.55 \times 80) = 111,67 \text{ m}$$

❖ **En pente avec : $i = -3,111\%$**

$$d = 71,33 + (0,55 \times 80) = 115,33\text{m}$$

❖ **En pente avec : $i = -2,636\%$**

$$d = 70,38 + (0,55 \times 80) = 114,38\text{m}$$

❖ **En pente avec : $i = -1,337\%$**

$$d = 64,95 + (0,55 \times 80) = 111,95\text{m}$$

b- En courbe:

$$V_r = 80 \text{ Km/h} \quad t = 2 \text{ s} \Rightarrow d = 1,25 \times d_0 + 0,55 \times V_r$$

❖ **En palier :**

$$d = (1,25 \times 65,64) + (0,55 \times 80) = 126,05 \text{ m}$$

❖ **En Rampe avec $i = 0,255\%$:**

$$d = (1,25 \times 65,21) + (0,55 \times 80) = 125,51 \text{ m}$$

❖ **En Rampe avec : $i = 2,653\%$:**

$$d = (1,25 \times 61,46) + (0,55 \times 80) = 120,82 \text{ m}$$

❖ **En Rampe avec $i = 0,410\%$:**

$$d = (1,25 \times 64,95) + (0,55 \times 80) = 125,18\text{m}$$

En Rampe avec $i = 0,097\%$

$$d = (1,25 \times 65,47) + (0,55 \times 80) = 125,83\text{m}$$

❖ **En Pente avec : $i = -1,952\%$:**

$$d = (1,25 \times 69,09) + (0,55 \times 80) = 130,36\text{m}$$

❖ **En Pente avec : $i = -0,160\%$**

$$d = (1,25 \times 65,91) + (0,55 \times 80) = 126,38\text{m}$$

❖ **En Pente avec : $i = -1,170\%$**

$$d = (1,25 \times 67,67) + (0,55 \times 80) = 128,58\text{m}$$

❖ **En Pente avec : $i = -3,111\%$**

$$d = (1,25 \times 71,33) + (0,55 \times 80) = 133,16\text{m}$$

❖ **En Pente avec : $i = -2,636\%$**

$$d = (1,25 \times 70,38) + (0,55 \times 80) = 131,97\text{m}$$

❖ **En Pente avec : $i = -1,337\%$**

$$d = (1,25 \times 67,95) + (0,55 \times 80) = 128,93\text{m}$$

V-5- DISTANCE DE PERCEPTION :

Le temps nécessaire pour effectuer une manœuvre d'arrêt, une manœuvre de changement de file ou une manœuvre d'insertion est de 6 s.

On appelle distance de perception d_p , la somme de la distance d'arrêt d et la distance parcourue en 6s.

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

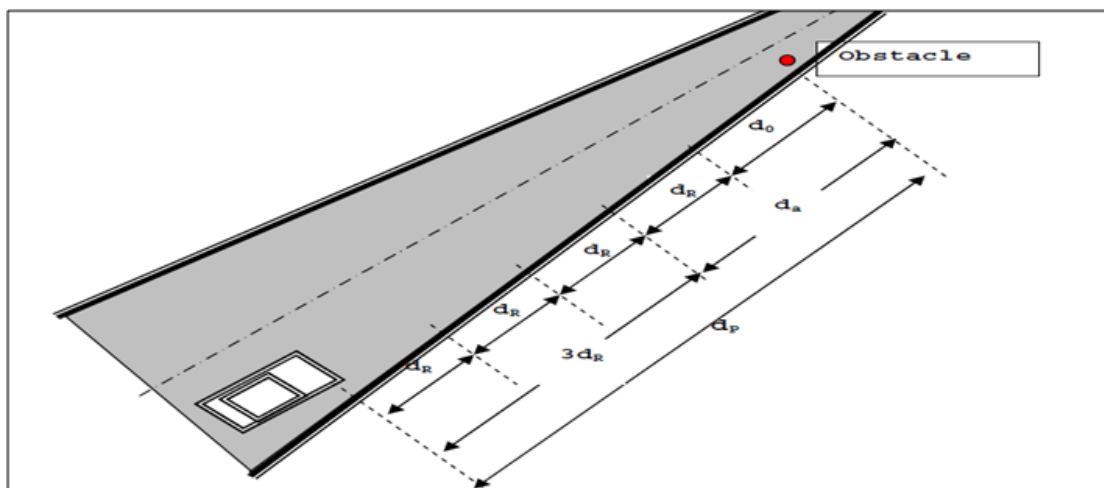


Figure V.3 : Distance de perception.

V-5-1- Application :

a- En alignement droit :

En palier: $d_p = 109,64 + (6/3,6) \times 80 = 242,97\text{m}$

En rampe: $d_p = 105,46 + (6/3,6) \times 80 = 238,79\text{m}$

En rampe: $d_p = 109,47 + (6/3,6) \times 80 = 242,80\text{m}$

En rampe: $d_p = 111,95 + (6/3,6) \times 80 = 242,28\text{m}$

En rampe: $d_p = 109,21 + (6/3,6) \times 80 = 242,54\text{ m}$

En pente: $d_p = 113,09 + (6/3,6) \times 80 = 246,42\text{m}$

En pente: $d_p = 109,91 + (6/3,6) \times 80 = 243,24\text{m}$

En pente: $d_p = 111,67 + (6/3,6) \times 80 = 245,00\text{m}$

En pente: $d_p = 115,33 + (6/3,6) \times 80 = 248,66\text{m}$

En pente: $d_p = 114,38 + (6/3,6) \times 80 = 247,71\text{m}$

b- En courbe :

En palier : $dp = 126,05 + (6/3,6) \times 80 = 259,38 \text{ m}$

En rampe $i=0,255\%$: $dp = 258,84\text{m}$

En rampe $i=2,653\%$: $dp = 254,15\text{m}$

En rampe $i=0,410\%$: $dp = 258,51\text{m}$

En rampe $i=0,097\%$: $dp = 259,16\text{m}$

En pente $i= -1,952\%$: $dp= 236,69\text{m}$

En pente $i= -0,160\%$: $dp= 259,71\text{m}$

En pente $i= -1,170\%$: $dp= 261,91\text{m}$

En pente $i= -3,111\%$: $dp= 266,49\text{m}$

En pente $i= -2,636\%$: $dp= 265,30\text{m}$

En pente $i= -1,337\%$: $dp= 262,26\text{m}$

V-6- ESPACEMENT ENTRE DEUX VEHICULES :

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

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

L'espacement sera donc théoriquement :

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

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

L : longueur moyenne d'un véhicule

En général, on prend $t' = 0.75 \text{ s}$

En pratique, on prend $t = 3 \text{ s}$

Distance de sécurité sera donc :

$$d'_2 = d_2 + v \times (t + t') + l \quad (t \text{ en s et } v \text{ en m/s})$$

Soit E l'espacement supplémentaire de sécurité :

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

Sachons que $V = \frac{v \text{ (km/h)}}{3.6}$ et $t' = 0.75 \text{ s}$ $\Rightarrow Es = \frac{V}{5} + 1$

Avec :

V : la vitesse en km/h

L : la longueur de véhicule on prend généralement 5m.

Pour plus de sécurité on est souvent amené à augmenter la distance « Es », en prenant un créneau temps de sécurité entre deux véhicules T_s égale à 1,2 secondes.

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

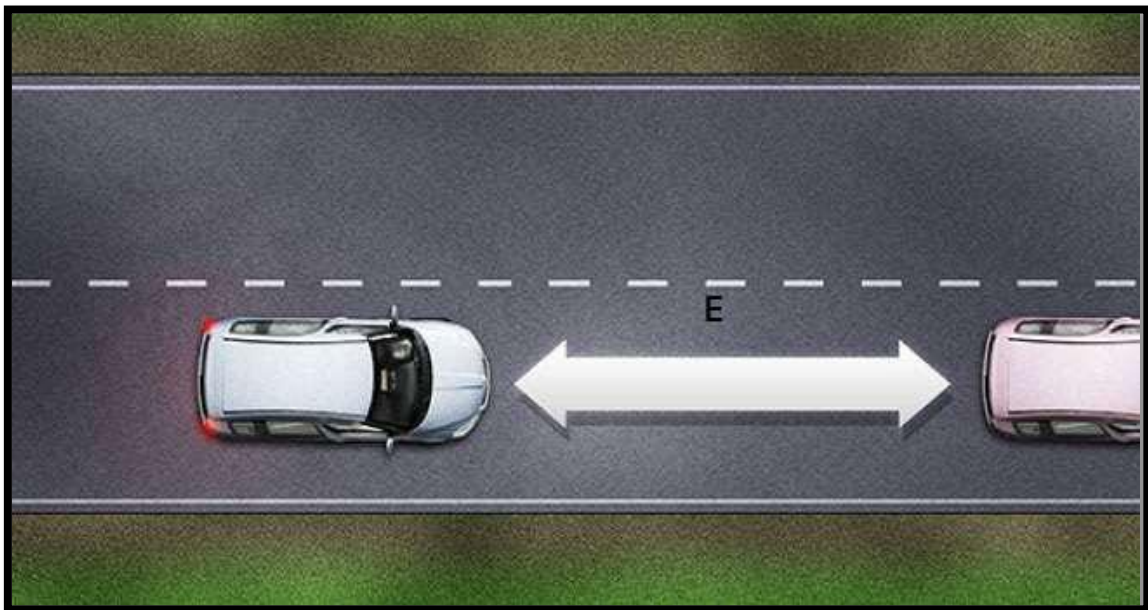


Figure V.4 : L'espace entre deux véhicules.

Exemple : si deux véhicules se suivent à une vitesse de $V = 80 \text{ Km/h}$.La distance de sécurité sera

➤ **1^{er} Cas :** $Es = \frac{V}{5} + 1 = \frac{80}{5} + 5 = 21 \text{ m}$

➤ **2^{ème} Cas :** $Es = \frac{V}{3} = \frac{80}{3} = 26,67 \text{ m}$

V-7- DISTANCE DE VISIBILITES DE DEPASSANT ET DE MANŒUVRE:

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

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

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

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

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

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

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

$$\mathbf{dvdm} = 320\text{m}$$

$$\mathbf{dvdn} = 480 \text{ m}$$

$$\mathbf{dmd} = 200\text{m}$$

Chapitre VI
Profil En Long

VI -1- DEFINITION :

C'est une coupe longitudinale de terrain suivant un plan vertical passant par l'axe de la route. Il se compose de segments de droite de déclivité en rampe et en pente et de raccordements circulaires, ou parabolique. Ces pentes et rampes peuvent être raccordées entre elles soit par des angles saillants ou par des angles rentrants.

La courbe de raccordement les plus courants utilisés est le parabolique qui facilite l'implantation des points du projet.

Les principes paramètres du choix d'un profil en long sont :

- Un bon écoulement des eaux pluviales
- Une limitation des déclivités suivant norme
- Un rayon de courbure minimum (condition de confort pour les angles rentrants et condition de visibilité pour les angles saillants).

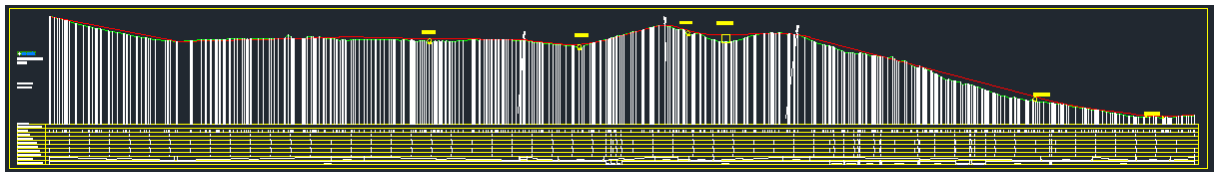


Figure VI.1 : Profil en long

VI-2- LA LINGE DE PROJET (LIGNE ROUGE) :

Le profil en long donne une idée sur la forme du terrain naturel qui nous permet de choisir la ligne du projet de façon à tenir en compte :

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

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

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

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

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

✓ Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des devers nuls dans Une pente du profil en long.

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

✓ Eviter une hauteur excessive en remblai.

✓ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la

✓ Combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règle notamment.

✓ Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.

✓ Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.

✓ Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

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

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

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

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

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

➤ Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition :

$R_{\text{vertical}} > 6 \times R_{\text{horizontal}}$, pour éviter un défaut d'inflexion.

➤ Supprimer les pertes de tracé dans la mesure où une telle disposition n'entraîne pas de coût sensible.

VI-6- DECLIVITE :

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

A) Déclivité minimum :

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

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

B) Déclivité maximum :

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

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

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

Tableau VI.1: Valeur de déclivité maximal.

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

Pour notre cas la vitesse **Vr = 80km/h** donc la pente maximale **Imax =6%**.

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

- ✓ Effort de traction est considérable.
- ✓ Consommation excessive de carburant
- ✓ Faibles vitesses.

✓ Gène des véhicules.

VI-7- LES RACCORDEMENTS EN PROFIL EN LONG :

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

On distingue deux types de raccordements :

A)-Raccordements convexes (angle saillant) :

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

❖ **Condition de confort :**

Lorsque le profil en long comporte une forte courbure de raccordement, les véhicules sont soumis à une accélération verticale insupportable, qu'elle est limitée à « g /40(cat 1-2) et g / 30 (Cat 3-4-5) », Le rayon de raccordement à retenir sera donc égal à :

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

D'OU :

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

Dans notre cas **Rv min = 0.3 V²**

Tel que :

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

❖ **Condition de visibilité**

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

Il faut deux véhicules circule en sens opposes puissent s'apercevoir a une distance double de la distance d'arrêt minimum.

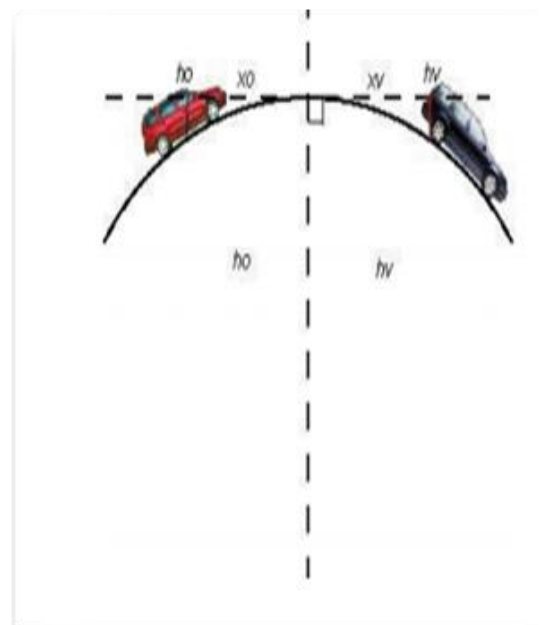


Figure VI.2 : condition de visibilité

Le rayon de raccordement est donné par la formule suivante :

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

- **d** : Distance d'arrêt (m).
- **h₀** : Hauteur de l'œil (m).
- **h₁** : Hauteur de l'obstacle (m).

Dans le cas d'une route unidirectionnelle :

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

On trouve:

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

Les rayons assurant ces deux conditions sont données par les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix unidirectionnelle et pour une vitesse de base $Vb=80$ (Km/h) et pour la catégorie **1-2** on a :

Tableau VI.2 : Rayons convexes.

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	RVm1	4500
Min- normal	RVN1	10000
Dépassement	RVD	11000

B)-Raccordements concaves (angle rentrant) :

Dans un raccordement concave, les conditions de visibilité du jour ne sont pas déterminantes, lorsque la route n'est pas éclairée la visibilité de nuit doit par contre être prise en compte.

Cette condition s'exprime par la relation :

$$R_v' = \frac{d_1^2}{(1.5 + 0.035d_1)}$$

Avec :

Rv' : rayon minimum du cercle de raccordement.

d1 : distance d'arrêt.

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

❖ **Rayon minimal absolu :**

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

$$R_{vm} (V_r) = (0.3 \times V_r)^2 = (0.3 \times 80)^2 = 2400 \text{ m}$$

❖ **Rayon minimal normal :**

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

$$R_{VN'} = R_{VM'}(v_r + 20).$$

$$R_{vn} = 0.3 (V_r + 20)^2$$

$$R_{vn} = 0.3 \times 10000 = 3000 \text{ m}$$

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

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

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R' V _m	2400
Min -normal	R'VN	3000

Condition esthétique :

Il faut éviter de donner au profil en long une allure sinusoïdale en changeant le sens de déclivités sur des distances courtes, pour éviter cet effet on imposera une longueur de raccordement minimale et **(b > 50)** pour des devers **d < 10%** (spécial échangeur).

$$R_{v_{\min}} = 100 \times \frac{50}{\Delta d (\%)}$$

Avec :

d : changement des devers.

R_{vmin} : rayon vertical minimal.

VI-8- ELEMENTS NECESSAIRE AU CALCUL DU PROFIL EN LONG :

Après la projection des pentes du profil en long on procède au calcul des coordonnées des points de tangence en coordonnées rectangulaires.

Avec :

A et B : extrémité du raccordement

G : milieu de raccordement situé sur la variante

B : bissectrice.

P, Q : deux points connus sur i_1, i_2

Q : centre du cercle de rayon R

T : tangente de part et l'autre du sommet

X : distance entre le sommet et un point P sur i_1

S : sommet ou point de changement de déclivité

L : distance entre les deux points

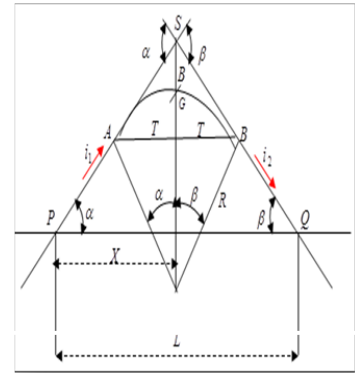


Figure VI.3 : Eléments du profil en long

VI-9- DETERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG :

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

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

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

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points A.D.
- Donnée La pente P_1 de la droite (AS).
- Donnée la pente P_2 de la droite (DS).
- Donnée le rayon R.

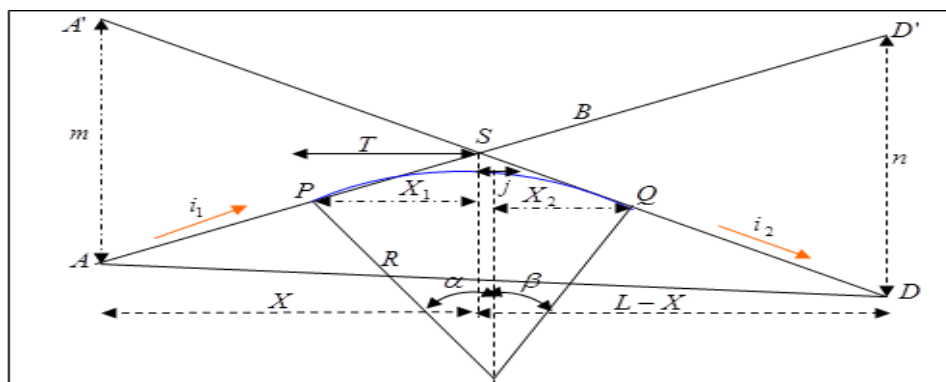


Figure VI.4 : Pratiques du profil en long.

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

On a :

$$Z_A = Z_{D'} + L p_2 m = Z_{A'} - Z_A$$

$$Z_D = Z_{A'} + L p_1 n = Z_D - Z_{D'}$$

Les deux triangles $A'SA$ et SDD' sont semblables donc :

$$m/n = x/(L-x) \Rightarrow x = m \cdot 3 \cdot L / (n+m)$$

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

❖ **Calculs De La Tangente :**

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

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

L'équation de la parabole est :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$LR = 2T$$

❖ **Calcul De La Flèche :**



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

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

$$M \begin{cases} HX = x^2/2R \\ ZM=ZB+X p1-X^2/2R \end{cases}$$

VI-10- APPLICATION DE PROJET :

Tableau VI.4 : Caractéristique des rayons verticaux.

Catégorie	C1	
Environnement	E2	
Vitesse (km/h)	80	
Rayon en angle saillant RV 	Route unidirectionnelle :	(2×2 voies)
	RVm1 (minimal absolu) en m	4500
	RVn1 (minimal normal) en m	10000
Rayon en angle rentrant RV 	Route unidirectionnelle :	(2×2 voies)
	RVm1 (minimal absolu) en m	2400
	RVn1 (minimal normal) en m	3000
Déclivité maximale I_{max} (%)	6	

1. Calcul des coordonnées du sommet de la parabole

$$X1 = R \times P \quad \Rightarrow \quad X1 = 2400 * (-0,01952)$$

$$X1 = -46,48$$

$$Y1 = \frac{P^2 * R}{2} \quad \Rightarrow \quad Y1 = (-0,01952^2 * 2400 / 2)$$

$$Y1 = -0,45$$

$$X2 = R \times P' \quad \Rightarrow \quad X2 = 2400 * 0,00255$$

$$X2 = 6,12$$

$$Y2 = \frac{P'^2 * R}{2} \quad \Rightarrow \quad Y2 = (0,00255^2 * 2400 / 2)$$

$$Y2 = 0,0078$$

2. Calcul des tangentes :

Les positions de T et T' sont données par rapport à l'intersection des pentes :

$$T = T' = \frac{R}{2} |\Delta P|$$

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

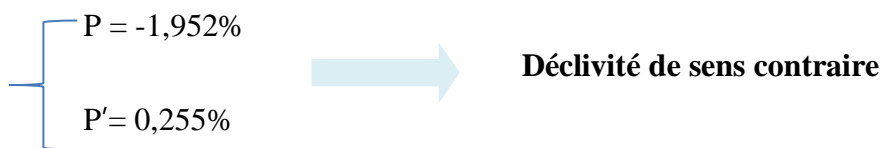
$$T = T' = \frac{Rv}{2} |P1 + P2|$$

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

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

Exemple 1 :

Pour R = 2400m



$$T = T' = T = T' = \frac{2400}{2} |-0,01952 + 0,00255|$$

$$T = 20,3640 \text{ m}$$

3. Calcul de la flèche :

$$F = \frac{T^2}{2RV} = \frac{20,3640 * 20,3640}{2 * 2400}$$

$$F = 0,0863 \text{ m}$$

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

Tableau VI.5 : Tableau récapitulatif de résultats (F.T.L)

P % P%	Type angle	Rayon	X1(m) X2 (m)	Y1 (m) Y2 (m)	Tangente (m)	Flèche (m)																																																																												
-1,952	Rentrant	2400	-46,84	-0,45	20,3640	0,0863																																																																												
0,255			6,12	-0,07			0,255	Saillant	4500	11,47	0,0146	2,1375	0,0005	-0,160	-7,2	-0,0057	-0,160	Rentrant	2400	-3,84	-0,003	18,4800	0,0711	-1,170	-28,08	-0,164	-1,170	Rentrant	2400	-28,08	-0,164	11,4360	0,0227	2,653	63,67	0,844	2,653	Saillant	4500	119,38	1,583	10,3050	0,0011	-3,111	-139,99	-2,177	-3,111	Rentrant	2400	-74,66	-1,161	36,1680	0,0272	0,097	2,32	0,0011	0,097	Saillant	4500	4,36	0,0021	57,1275	0,3626	-2,636	118,62	-1,563	-2,636	Rentrant	2400	-63,26	-0,833	12,8800	0,0345	-1,337	-32,08	-0,214	-1,337	Rentrant	2400	-32,08	-0,214	20,9600
0,255	Saillant	4500	11,47	0,0146	2,1375	0,0005																																																																												
-0,160			-7,2	-0,0057			-0,160	Rentrant	2400	-3,84	-0,003	18,4800	0,0711	-1,170	-28,08	-0,164	-1,170	Rentrant	2400	-28,08	-0,164	11,4360	0,0227	2,653	63,67	0,844	2,653	Saillant	4500	119,38	1,583	10,3050	0,0011	-3,111	-139,99	-2,177	-3,111	Rentrant	2400	-74,66	-1,161	36,1680	0,0272	0,097	2,32	0,0011	0,097	Saillant	4500	4,36	0,0021	57,1275	0,3626	-2,636	118,62	-1,563	-2,636	Rentrant	2400	-63,26	-0,833	12,8800	0,0345	-1,337	-32,08	-0,214	-1,337	Rentrant	2400	-32,08	-0,214	20,9600	0,0915	0,410	9,84	0,02						
-0,160	Rentrant	2400	-3,84	-0,003	18,4800	0,0711																																																																												
-1,170			-28,08	-0,164			-1,170	Rentrant	2400	-28,08	-0,164	11,4360	0,0227	2,653	63,67	0,844	2,653	Saillant	4500	119,38	1,583	10,3050	0,0011	-3,111	-139,99	-2,177	-3,111	Rentrant	2400	-74,66	-1,161	36,1680	0,0272	0,097	2,32	0,0011	0,097	Saillant	4500	4,36	0,0021	57,1275	0,3626	-2,636	118,62	-1,563	-2,636	Rentrant	2400	-63,26	-0,833	12,8800	0,0345	-1,337	-32,08	-0,214	-1,337	Rentrant	2400	-32,08	-0,214	20,9600	0,0915	0,410	9,84	0,02																
-1,170	Rentrant	2400	-28,08	-0,164	11,4360	0,0227																																																																												
2,653			63,67	0,844			2,653	Saillant	4500	119,38	1,583	10,3050	0,0011	-3,111	-139,99	-2,177	-3,111	Rentrant	2400	-74,66	-1,161	36,1680	0,0272	0,097	2,32	0,0011	0,097	Saillant	4500	4,36	0,0021	57,1275	0,3626	-2,636	118,62	-1,563	-2,636	Rentrant	2400	-63,26	-0,833	12,8800	0,0345	-1,337	-32,08	-0,214	-1,337	Rentrant	2400	-32,08	-0,214	20,9600	0,0915	0,410	9,84	0,02																										
2,653	Saillant	4500	119,38	1,583	10,3050	0,0011																																																																												
-3,111			-139,99	-2,177			-3,111	Rentrant	2400	-74,66	-1,161	36,1680	0,0272	0,097	2,32	0,0011	0,097	Saillant	4500	4,36	0,0021	57,1275	0,3626	-2,636	118,62	-1,563	-2,636	Rentrant	2400	-63,26	-0,833	12,8800	0,0345	-1,337	-32,08	-0,214	-1,337	Rentrant	2400	-32,08	-0,214	20,9600	0,0915	0,410	9,84	0,02																																				
-3,111	Rentrant	2400	-74,66	-1,161	36,1680	0,0272																																																																												
0,097			2,32	0,0011			0,097	Saillant	4500	4,36	0,0021	57,1275	0,3626	-2,636	118,62	-1,563	-2,636	Rentrant	2400	-63,26	-0,833	12,8800	0,0345	-1,337	-32,08	-0,214	-1,337	Rentrant	2400	-32,08	-0,214	20,9600	0,0915	0,410	9,84	0,02																																														
0,097	Saillant	4500	4,36	0,0021	57,1275	0,3626																																																																												
-2,636			118,62	-1,563			-2,636	Rentrant	2400	-63,26	-0,833	12,8800	0,0345	-1,337	-32,08	-0,214	-1,337	Rentrant	2400	-32,08	-0,214	20,9600	0,0915	0,410	9,84	0,02																																																								
-2,636	Rentrant	2400	-63,26	-0,833	12,8800	0,0345																																																																												
-1,337			-32,08	-0,214			-1,337	Rentrant	2400	-32,08	-0,214	20,9600	0,0915	0,410	9,84	0,02																																																																		
-1,337	Rentrant	2400	-32,08	-0,214	20,9600	0,0915																																																																												
0,410			9,84	0,02																																																																														

Chapitre VII
Dimensionnement du
corps de chaussée

VII-1- INTRODUCTION :

La qualité d'un projet routier ne se limite pas à l'obtention d'un bon tracé en plan et d'un bon profil en long. En effet une fois réalisée, la route devra résister aux agressions des agents extérieurs et aux surcharges d'exploitation : action des essieux des véhicules et notamment les poids lourds.

Et aussi des gradients thermiques, pluie, neige, verglasetc. Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes les charges pendant toute sa durée de vie.

La qualité de la construction des chaussées joue un rôle primordial. Celle-ci passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser.

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

Tout cela en fonction de paramètres très fondamentaux suivants :

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

VII-2- LA CHAUSSEE :

VII-2-1 Définition :

D'après l'exécution des terrassements, y compris la forme ; la route commence à se profiler sur le terrain comme une plate-forme dont les déclivités sont semblables à celles du projet.

A la suite, la chaussée est appelée à :

- Supporter la circulation des véhicules de toute nature.
- reporter le poids sur le terrain de fondation.

Pour accomplir son devoir, c'est-à-dire assurer une circulation rapide et confortable, la chaussée doit avoir une résistance correspondante et une surface constamment régulière.

Au sens structurel, la chaussée est définie comme un ensemble des couches de matériaux superposées de façon à permettre la reprise des charges appliquées par le trafic.

VII-2-2 Différents types de chaussées:

Du point de vue constructif les chaussées peuvent être groupées en trois grandes catégories :

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

VII-2-2-1- Chaussée souple :

Les chaussées souples constituées par des couches superposées des matériaux non susceptibles de résistance notable à la traction.

Les couches supérieures sont généralement plus résistantes et moins déformable que les couches inférieures.

Pour une assurance parfaite et un confort idéal, la chaussée exige généralement pour sa construction, plusieurs couches exécutées en matériaux différents, d'une épaisseur bien déterminée, ayant chacune un rôle aussi bien défini.

En principe une chaussée peut avoir en ordre les 03 couches suivantes :

a)- Couche de roulement (surface):

La couche de surface constituant la chape (couche de surface) de protection de la couche de base par sa dureté et son imperméabilité et devant assurer en même temps la rugosité, la sécurité et le confort des usagés.

La couche de roulement est en contact direct avec les pneumatiques des véhicules et les charges extérieures. Elle encaisse les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.

La couche de liaison joue un rôle transitoire avec les couches inférieures les plus rigides.

L'épaisseur de la couche de roulement en général varie entre 6 et 8 cm.

b)- Couche de base:

La couche de base joue un rôle essentiel, elle existe dans toutes les chaussées, elle résiste aux déformations permanentes sous l'effet de trafic, elle reprend les efforts verticaux et repartit les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

L'épaisseur de la couche de base varie entre 10 et 25 cm.

c)- Couche de fondation:

Complètement en matériaux non traités (en Algérie), elle substitue en partie le rôle du sol support, en permettant l'homogénéisation des contraintes transmises par le trafic.

Assurer un bon uni et bonne portance de la chaussée finie, et aussi, elle a le même rôle que celui de la couche de base.

d)- Couche de forme:

La couche de forme est une structure plus ou moins complexe qui sert à adapter les caractéristiques aléatoires et dispersées des matériaux de remblai ou de terrain naturel aux caractéristiques mécaniques, géométriques et thermiques requises pour optimiser les couches de chaussée.

L'épaisseur de la couche de forme est en général entre 40 et 70 cm.

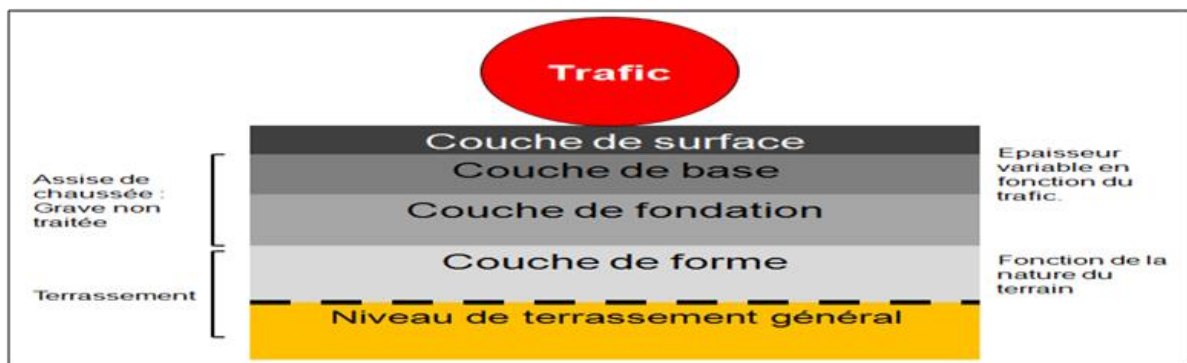


Figure VII.1 : Structure type d'une chaussée souple.

VII-2-2-2- Chaussée semi-rigide :

On distingue :

- Les chaussées comportant une couche de base (quelques fois une couche de fondation) traitée au liant hydraulique (ciment, granulat,..).
- La couche de roulement est en enrobé hydrocarboné et repose quelque fois par l'intermédiaire d'une couche de liaison également en enrobé strictement minimale doit être de 15 mm.
- Ce type de chaussée n'existe à l'heure actuelle qu'à titre expérimental en Algérie.
- Les chaussées comportant une couche de base ou une couche de fondation en sable gypseux.

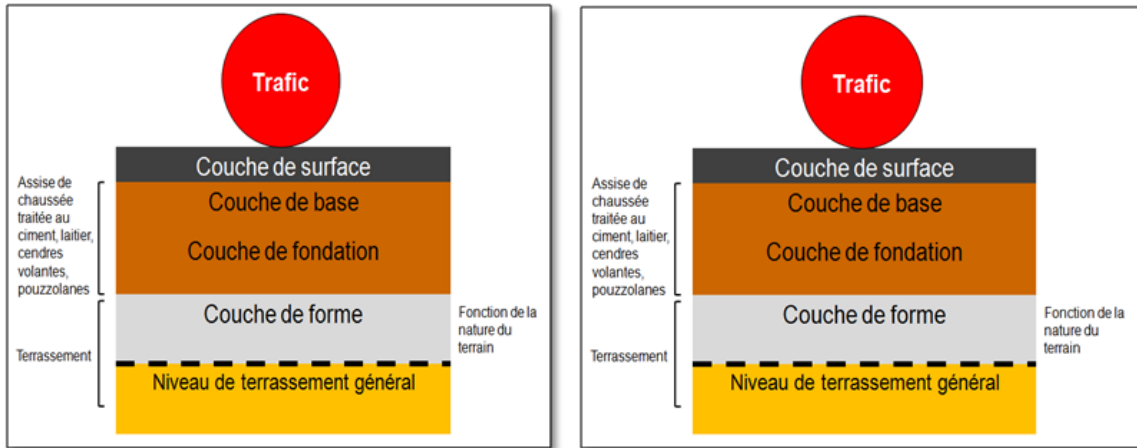


Figure VII.2 : Structure type d'une chaussée semi-rigide.

VII-2-2-3 - Chaussée rigide :

Comportant des dalles en béton (correspondant à la couche de surface de la chaussée souple) qui, en fléchissant élastiquement sous les charges, transmettent les efforts à distance et les répartissent ainsi sur une couche de fondation qui peut être une grave stabilisée mécaniquement : elle peut être traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.

Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie (sauf pour les chaussées aéronautiques).



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

VII-3-LES DIFFERENTS FACTEURS A PRENDRE EN COMPTE POUR LE DIMENSIONNEMENT:

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

VII-3-1 - Trafic :

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur a 3.5tonnes) .il intervient comme paramètre d'entrée dans le dimensionnement des structures de chaussées et le choix des caractéristiques intrinsèques des matériaux pour la fabrication des matériaux de chaussée.

Il est apparu nécessaire de caractériser le trafic à partir de deux paramètres :
De trafic poids lourds « T » à la mise en service, résultat d'une étude de trafic et de comptage sur les voies existantes.

VII-3-2 - Environnement:

Le climat et l'environnement influent considérablement sur la bonne tenue de la chaussée en termes de résistance aux contraintes et aux déformations, ainsi :

La variation de la température intervient dans le choix du liant hydrocarboné, et aussi les précipitations liées aux conditions de drainage conditionnent la teneur en eau du sol support. Donc, l'un des paramètres d'importance essentielle dans le dimensionnement ; la teneur en eau des sols détermine leurs propriétés, propriétés des matériaux bitumineux et conditionne.

VII-3-3 - Le Sol Support:

Les structures de chaussées reposent sur un ensemble dénommé « plate – forme support de chaussée » constitué du sol naturel terrassé, éventuellement traité, surmonté en cas de besoin d'une couche de forme.

Les plates formes sont définies à partir :

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

Les sols support sont, en général, classés selon leur portance, elle même fonction de l'indice CBR.

Tableau VII. 1 : la portance de sol en fonction de l'indice de CBR.

Portance	1	2	3	4
CBR	<3	3 à 6	6 à 10	10 à 20

Détermination de la classe du sol:

Le classement des sols se fait en fonction de l'indice CBR mesuré sur éprouvette compactée à la teneur en eau optimale de Proctor modifié et à la densité maximale correspondante.

Après immersion de quatre jours, le classement sera fait en respectant les seuils suivants:

Tableau VII. 2 : Les classes de portance des sols.

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

VII-3-4 - Matériaux:

Les matériaux utilisés doivent résister à des sollicitations répétées un très grand nombre de fois (le passage répété des véhicules lourds).

VII-4- METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

Nous avons deux grandes familles de méthodes :

- Celle qui utilise la structure de la chaussée à travers un modèle mécanique pour la détermination des contraintes et déformations, cette méthode est dite rationnelle.
- L'autre qui consiste à observer le comportement sous trafic des chaussées (réelles ou expérimentales) et d'en déduire les règles pratiques du dimensionnement, et c'est la méthode empirique.

Cette dernière contient elle-même les méthodes suivantes :

VII-4-1- Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio):

C'est une méthode semi empirique qui se base sur un essai de poinçonnement sur un échantillon du sol support en compactant les éprouvettes de (90° à 100°) de l'optimum Proctor modifié sur une épaisseur d'eau moins de 15cm.

La détermination de l'épaisseur totale du corps de chaussée à mettre en œuvre s'obtient par l'application de la formule présentée ci-après:

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

Avec:

e: épaisseur équivalente

I: indice CBR (sol support)

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

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

Log: logarithme décimal

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

$$e_{eq} = a1 \times e1 + a2 \times e2 + a3 \times e3$$

a1×e1 : couche de roulement

a2×e2 : couche de base

a3× e3 : couche de fondation

Où:c1, c2, c3 : coefficients d'équivalence.

e1, e2, e3 : épaisseurs réelles des couches.

Coefficient d'équivalence :

Tableau VII.3:Coefficient d'équivalence.

Matériauxutilises	Coefficientd'équivalence
Bétonbitumineuxou enrobedense	2.0
Graveciment –gravelaitier	1.50.
Gravebitume	1.20à 1.70
Graveconcasséeou gravier	1.00
Graveroulée–gravesableuseT.V.O	0.75
Sableciment	1.00à1.20
Sable	0.50
Tuf	0.5 à 0.75

VII-4-2-Méthode A.A.S.H.O (American Association of State Highway Officials):

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

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

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

VII-4-3-Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

Le dimensionnement par la méthode du catalogue de dimensionnement (méthode rationnelle) passe par la détermination des contraintes et déformations admissibles des matériaux sous l'effet du trafic considéré et la durée de vie escomptée.

Les sollicitations subies par les matériaux sous l'effet du trafic seront ensuite calculées et comparées aux sollicitations admissibles. Le développement de l'outil informatique a fait que les méthodes de dimensionnement rationnelles sont devenues plus accessibles. Avec la facilité de résolution des équations multiples à dérivées partielles, des logiciels comme Alizé.

C'est un logiciel qui modélise les structures multicouches et calcule les contraintes transversales et radiales ainsi que les déformations à travers les couches de chaussées. Pour cela, il faut :

- Le type de poids lourd et la charge standard.
- Le nombre de couches composant la chaussée, leur épaisseur et le mode de liaison entre ces différentes couches.
- Les caractéristiques pour chaque matériau composant la chaussée : le module de Young E et le coefficient de Poisson.

VII-5-APPLICATION AU PROJET :

VII-5-1- Données de l'étude :

Chaussée unidirectionnelle à trois voies,

✚ Le trafic à l'année 2019 : $TJMA_{2019} = 1838 \text{ v/j}$.

- ✚ Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 10\%$
- ✚ Le pourcentage moyen de poids lourds $Z = 18\%$
- ✚ La durée de vie estimée de 20ans
- ✚ ICBR = 10 (ce sol appartient à la classe (S3))

VII-5-2- Répartition de trafic :

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

$$TPL_{2019} = TMJA\ 2019 * \%PL$$

$$TPL_{2019} = 1838 \times 0.18 = 331\ V/j$$

$$TPL_{2021} = TPL_{2019} \times (1 + \tau)^2$$

$$TPL_{2021} = 331 \times (1 + 0.1)^2$$

$$TPL_{2021} = 401\ VPL/j$$

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

$$TPL_{2041} = TPL_{2021} \times (1 + \tau)^{20}$$

$$TPL_{2041} = 401 \times (1 + 0.1)^{20}$$

$$TPL_{2041} = 2698\ VPL/j$$

VII-5-3- Calcul d'épaisseur:

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log \frac{2698}{10})}{10 + 5}$$

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

VII-5-4- Epaisseur équivalente :

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

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

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche :

- ✓ Couche de roulement en béton bitumineux à module élevé (BB) : $a_1 \times e_1 = 2 \times 6 = 12$ **cm**
- ✓ Couche de base en Grave bitumineux (GB) : $a_2 \times e_2 = 9 \times 1,5 = 13,5$ **cm**
- ✓ Couche de fondation en TUF: $a_3 \times e_3 = 25 \times 0,6 = 15$ **cm**

Après la vérification, la structure proposée est comme suit :

Tableau VII.4: épaisseurs du corps de chaussée

Les couches	Matériaux utilisés	Epaisseur réelle (cm)	Epaisseuréquivalente (cm)
Couche de roulement	BB	6	12
Couche de base	GB	9	13,5
Couche de fondation	TUF	25	15
	Somme	40	40,5

Notre structure comporte : **6BB + 9GB ++ 25TUF**

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

Couche de roulement	8BB
Couche de base	13GB
Couche de fondation	20TUF

Figure VII.4 : La structure de chaussée.

Chapitre VIII
Profile En Travers

VIII-1- DEFINITION:

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

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

VIII-2- TYPES DE PROFIL EN TRAVERS:

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

VIII-2-1- profil en travers type :

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

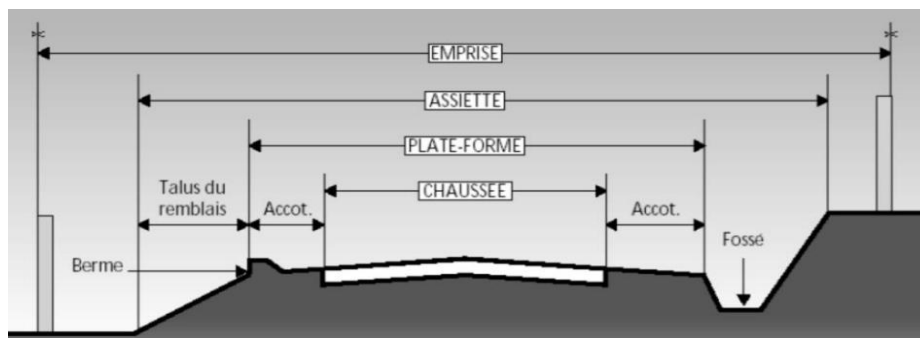


Figure VIII.1: Les éléments d'une route

VIII-2-2- profil en travers courants :

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

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

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

a) - La chaussée :

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

b) - La largeur roulable:

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

c) - La plate forme :

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

d) - Assiette :

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

e) - L'emprise :

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

f) - Les accotements :

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

Ils comportent généralement les éléments suivants :

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

g) - Le terre-plein central :

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

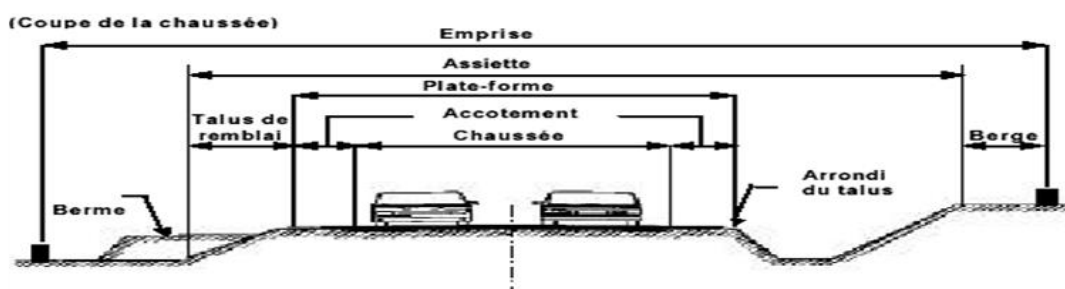
h) - Le fossé :

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

VIII-4- Application au projet :

Après l'étude du trafic, le profil en travers type retenu pour notre route sera composé d'un Chaussée bidirectionnelle à deux voies.

Figure VIII.2: Le profil en travers



Chapitre IX
Cubatures Et Mouvements
Des Terres

IX-1- INTRODUCTION:

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

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

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

IX-2- CUBATURES TERRASSEMENTS :

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

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

IX-3- Méthode utilisée :

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

IX-3-1- Description de la Méthode:

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

Où h , S_1 , S_2 et S_0 désignant respectivement :

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

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

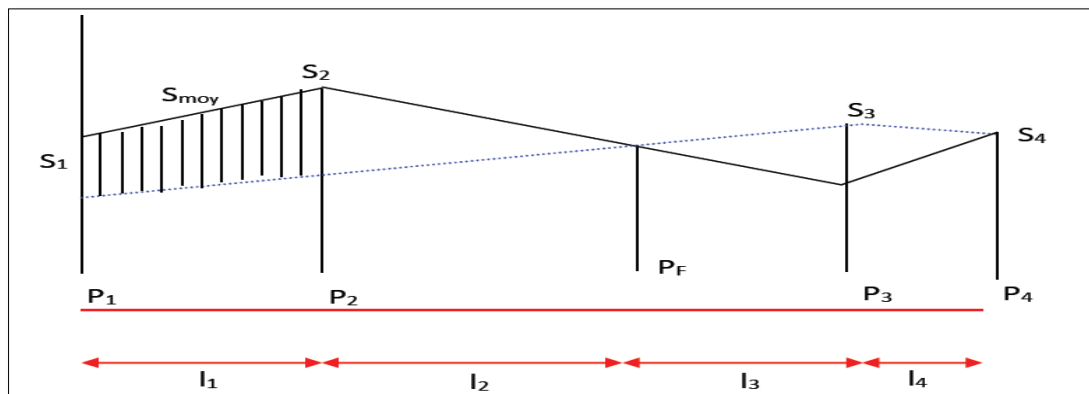


Figure IX.1: Schéma représentant la surface entre profil.

Le volume compris entre les deux profils en travers P1 et P2 de section S1 et S2 sera

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

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

$$\text{Ceci donne : } V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$$

Donc les volumes seront :

$$\text{❖ Entre P1 et P2} \quad V_1 = \frac{l_1}{2} \times (S_1 + S_2)$$

$$\text{❖ Entre P2 et PF} \quad V_2 = \frac{l_2}{2} \times (S_2 + 0)$$

$$\text{❖ Entre PF et P3} \quad V_3 = \frac{l_3}{2} \times (0 + S_3)$$

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

$$V = \frac{l_1}{2} S_1 + \frac{l_1 + l_2}{2} S_2 + \frac{l_2 + l_3}{2} 0 + \frac{l_3 + l_4}{2} S_3 + \frac{l_4}{2} S_4$$

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

IX-4- MOUVEMENT DES TERRES :

IX-4-1- Métré de terrassement :

C'est une méthode quantitative qui consisté à évaluer les cubes du déblai et du remblai existant dans un projet, l'opération qui consiste à transporter les terres de déblais ou d'emprunt en remblai ou en dépôt dite mouvement des terres.

A cette opération deux facteurs interviennent :

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

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

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

IX-4-2- Foisonnement :

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

Lorsqu' on remet en place les sols remaniés, ils ne représentent par le volume qu'ils occupaient précédemment dans la majorité des cas.

Le foisonnement des matériaux est très variable Suivant la nature du sol, on a pris le coefficient de foisonnement pour les terres qui seront transportées égale à 20%.

IX-4-3- Moment de transport :

C'est le produit du volume transporté par la distance de transport $M = v \times d$

Avec :

v : volume transporté

d : distance de transport

Le but de l'étude des mouvements des terres est de trouver la distance moyenne minimale de transport pour minimiser le prix de ce dernier.

IX-4-4- Distance moyenne de transport :

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n v_i \cdot d_i}{\sum_{i=1}^n v_i}$$

IX-4-5- Epure de LALANNE :

Elle consiste à rechercher les transports des terres des plus économiques entre les déblais réutilisables, les dépôts, le remblai et les emprunts.

Dans le cas de profil mixtes (remblai et déblai), on ne prendra en compte que la cube de terre restant après compensation dans les profils.

Le but de l'épure consiste à obtenir la somme minimum des moments de transports qui dépend de la ligne horizontale dite de répartition choisie.

IX-4-6- Principe de l'épure de LALANNE :

Il s'agit maintenant de déterminer le détail des transports des terres d'un profil à un autre et d'un ou plusieurs lieux d'emprunts à des profils ou depuis des profil vers des emprunts dans le cas d'un excès de remblai.

C'est pour cela qu'on établit l'épure de LALANNE.

IX-4-7- Etablissement de l'épure de LALANNE :

L'épure de LALANNE est un moyen de représentation graphique des terrassements effectués, et s'établit de la façon suivante :

- On représente les volumes par des lignes verticales dont la longueur est proportionnelle aux cubes représentés
- On trace une ligne horizontale initiale appelé ligne des terres sur laquelle on porte l'échelle choisie l'emplacement des profile en travers.
- On porte les déblais de bas en haut et les remblais de haut en bas sautant d'un profil à un autre par un échelon horizontal en cumulant les cubes à chaque profil et comptant les déblais comme positif et les remblais comme négatif.

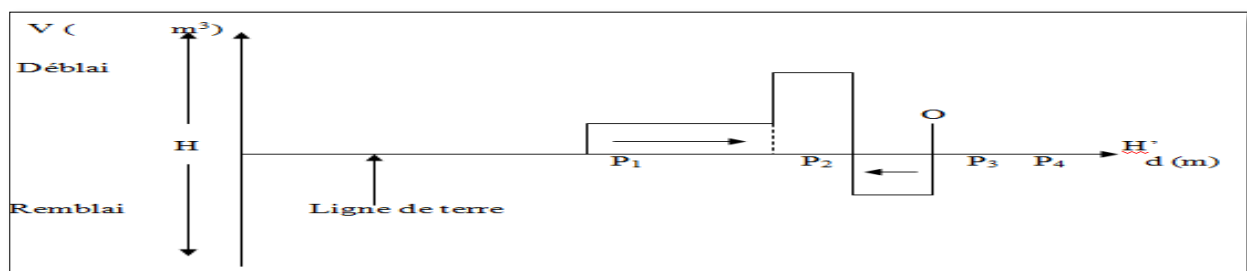


Figure IX.2 :L'épure de LALANNE.

IX-4-8- Ligne de répartition des sens de transport:

On cherche à partager cette épure dans sa hauteur par une ligne horizontale qui pourra être différente ou non de l'horizontal (H , H'), et qui suivra la ligne de répartition, (LR) de la direction des transports ; ce ci devra se faire de gauche à droite pour les volumes situés au-dessus de cette ligne et de droite à gauche pour les volumes situés au-dessous de cette ligne.

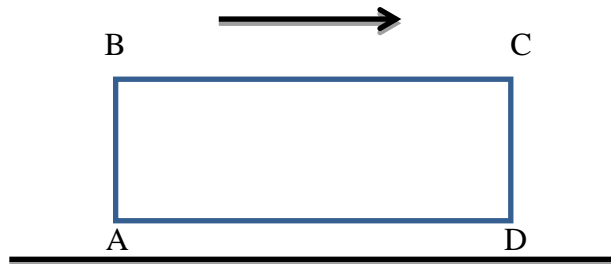


Figure IX.3 : Sens de transport.

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

IX-5- Calculs des cubatures :

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

Tableau IX.1: cubatures détaillées

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Déblais (dans l'emprise de la ligne Projet)					Remblais (dans l'emprise de la ligne Projet)				
			Surf. G (m ²)	Surf. D (m ²)	Surf. Tot (m ²)	Volume (m ³)	Cumul Vol. (m ³)	Surf. G (m ²)	Surf. D (m ²)	Surf. Tot (m ²)	Volume (m ³)	Cumul Vol. (m ³)
P1	0.000	25.000	0.00	0.79	0.79	19.778	19.778	0.92	0.51	1.43	35.759	35.759
P2	50.000	50.000	0.05	0.13	0.18	8.800	28.577	1.85	1.43	3.29	164.391	200.150
P3	100.000	50.000	0.00	0.02	0.02	1.010	29.587	4.57	3.23	7.80	390.183	590.334
P4	150.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	29.587	5.37	4.49	9.86	492.972	1083.305
P5	200.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	29.587	5.11	4.72	9.83	491.699	1575.004
P6	250.000	50.000	0.00	0.03	0.03	1.676	31.264	4.29	2.84	7.13	356.497	1931.501
P7	300.000	50.000	0.05	0.08	0.12	6.242	37.506	1.97	1.56	3.52	176.247	2107.748
P8	350.000	50.000	0.10	0.07	0.17	8.397	45.903	0.59	0.76	1.35	67.710	2175.458
P9	400.000	50.000	0.83	0.60	1.43	71.350	117.253	0.01	0.02	0.02	1.184	2176.642
P10	450.000	50.000	0.73	0.23	0.96	47.863	165.116	0.00	0.03	0.03	1.535	2178.176
P11	500.000	50.000	0.16	0.10	0.26	12.829	177.944	0.45	0.36	0.81	40.452	2218.628
P12	550.000	50.000	0.59	0.60	1.19	59.617	237.562	0.20	0.13	0.33	16.468	2235.097
P13	600.000	50.000	0.33	2.97	3.30	165.044	402.605	0.04	0.00	0.04	2.047	2237.144
P14	650.000	50.000	0.27	1.85	2.12	106.103	508.708	0.24	0.00	0.24	12.054	2249.198
P15	700.000	50.000	0.02	0.00	0.02	1.099	509.807	2.17	2.70	4.87	243.349	2492.547
P16	750.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	509.807	6.16	4.60	10.75	537.693	3030.240
P17	800.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.012	509.819	5.22	3.70	8.92	445.779	3476.019
P18	850.000	50.000	0.00	0.02	0.02	1.081	510.900	4.41	3.08	7.48	374.118	3850.137
P19	900.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.042	510.941	4.34	3.35	7.69	384.585	4234.722
P20	950.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	510.941	6.70	7.38	14.08	704.130	4938.852
P21	1000.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	510.941	5.50	4.63	10.13	506.383	5445.235
P22	1050.000	50.000	0.00	0.02	0.02	1.004	511.945	2.63	2.11	4.75	237.327	5682.562
P23	1100.000	50.000	0.02	0.13	0.15	7.688	519.632	1.66	0.74	2.40	119.878	5802.440
P24	1150.000	50.000	0.01	0.10	0.11	5.367	524.999	1.97	1.30	3.27	163.563	5966.002
P25	1200.000	50.000	0.02	0.05	0.08	3.791	528.790	1.90	2.01	3.90	195.065	6161.067
P26	1250.000	50.000	0.02	0.01	0.03	1.455	530.245	2.43	2.27	4.70	234.992	6396.059
P27	1300.000	50.000	0.00	0.02	0.02	1.044	531.290	4.71	2.22	6.93	346.457	6742.516
P28	1350.000	41.650	0.00	0.03	0.03	1.216	532.506	2.79	1.44	4.23	176.361	6918.877
P29	1383.300	22.900	0.02	0.26	0.28	6.451	538.957	1.54	0.36	1.90	43.581	6962.458
P30	1395.800	8.350	0.06	0.45	0.51	4.299	543.256	0.53	0.13	0.66	5.518	6967.976

P31	1400.000	6.715	0.06	0.54	0.60	4.039	547.295	0.54	0.12	0.66	4.414	6972.390
P32	1409.230	10.865	0.25	0.38	0.64	6.909	554.205	0.11	0.00	0.11	1.198	6973.588
P33	1421.730	20.385	0.04	0.13	0.17	3.471	557.675	0.46	0.31	0.77	15.742	6989.330
P34	1450.000	39.135	0.11	0.19	0.30	11.876	569.552	0.26	0.29	0.55	21.399	7010.728
P35	1500.000	50.000	0.06	1.76	1.83	91.398	660.950	0.98	0.27	1.25	62.726	7073.454
P36	1550.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	660.950	4.82	3.63	8.45	422.386	7495.841
P37	1600.000	50.000	0.00	0.01	0.01	0.417	661.367	4.33	3.20	7.53	376.416	7872.256
P38	1650.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	661.367	9.17	10.04	19.21	960.730	8832.986
P39	1700.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	661.367	10.75	10.21	20.96	1048.158	9881.144
P40	1750.000	50.000	0.00	0.08	0.08	4.072	665.439	3.95	2.09	6.03	301.729	10182.872
P41	1800.000	50.000	0.10	0.89	0.99	49.696	715.135	0.34	0.04	0.38	18.948	10201.821
P42	1850.000	50.000	0.00	0.80	0.80	39.993	755.128	2.04	0.42	2.46	122.893	10324.714
P43	1900.000	44.247	0.00	0.05	0.05	2.241	757.369	6.36	3.77	10.13	448.289	10773.003
P44	1938.494	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	757.369	6.38	5.77	12.15	303.810	11076.814
P45	1950.000	18.000	0.00	0.00	0.00	0.000	757.369	8.86	5.95	14.81	266.578	11343.391
P46	1974.494	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	757.369	10.88	7.10	17.98	449.579	11792.970
P47	2000.000	17.942	0.00	0.00	0.00	0.000	757.369	9.43	5.87	15.30	274.554	12067.524
P48	2010.378	7.189	0.00	0.00	0.00	0.000	757.369	6.14	4.64	10.79	77.544	12145.068
P49	2014.378	19.811	0.00	0.00	0.00	0.000	757.369	5.56	4.57	10.12	200.569	12345.637
P50	2050.000	24.295	0.01	0.62	0.63	15.237	772.607	3.22	1.06	4.28	104.026	12449.663
P51	2062.969	8.047	0.00	0.94	0.94	7.594	780.200	2.99	0.50	3.49	28.065	12477.728
P52	2066.094	18.516	0.00	1.05	1.05	19.467	799.667	2.83	0.38	3.21	59.483	12537.211
P53	2100.000	41.953	0.01	3.21	3.22	135.062	934.729	2.37	0.01	2.37	99.593	12636.804
P54	2150.000	29.677	0.00	1.43	1.43	42.533	977.263	3.57	0.81	4.38	130.012	12766.817
P55	2159.353	6.239	0.01	0.73	0.74	4.610	981.873	2.31	1.10	3.41	21.271	12788.088
P56	2162.478	20.323	0.00	0.93	0.93	18.898	1000.771	1.75	0.41	2.15	43.787	12831.875
P57	2200.000	43.761	0.00	0.02	0.02	0.838	1001.608	7.08	4.00	11.08	484.790	13316.665
P58	2250.000	25.788	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	11.70	7.87	19.57	504.758	13821.423
P59	2251.577	18.788	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	11.44	7.78	19.22	361.156	14182.579
P60	2287.577	19.638	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	8.96	7.43	16.39	321.816	14504.396
P61	2290.853	6.212	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	8.99	7.37	16.36	101.650	14606.045
P62	2300.000	18.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	9.22	7.45	16.67	299.995	14906.040
P63	2326.852	25.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	10.61	9.60	20.21	505.320	15411.361
P64	2350.000	36.574	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	11.98	10.75	22.74	831.585	16242.946
P65	2400.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	9.92	8.70	18.62	931.095	17174.041
P66	2450.000	43.063	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	7.27	7.36	14.63	630.093	17804.134
P67	2486.126	20.442	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	4.09	4.32	8.41	171.972	17976.106
P68	2490.884	6.937	0.00	0.00	0.00	0.000	1001.608	3.71	3.96	7.67	53.192	18029.298
P69	2500.000	29.558	0.02	0.00	0.02	0.641	1002.250	3.24	3.08	6.32	186.778	18216.076
P70	2550.000	50.000	0.05	0.08	0.12	6.091	1008.341	1.53	1.45	2.99	149.444	18365.520
P71	2600.000	50.000	0.03	0.09	0.12	6.076	1014.417	2.08	1.60	3.67	183.634	18549.154
P72	2650.000	50.000	0.00	0.01	0.01	0.726	1015.143	3.12	3.01	6.13	306.333	18855.487
P73	2700.000	50.000	0.00	0.00	0.00	0.000	1015.143	3.65	3.58	7.22	361.227	19216.714
P74	2750.000	50.000	0.02	0.13	0.15	7.391	1022.534	1.88	1.05	2.93	146.310	19363.023
P75	2800.000	48.027	0.00	0.07	0.07	3.405	1025.939	2.39	1.62	4.01	192.560	19555.583
P76	2846.053	23.027	0.00	0.00	0.00	0.000	1025.939	0.00	0.00	0.00	0.000	19555.583

Volume de déblai total : 1025,939 m³

Volume de remblai : 19555,583 m³

Excès de remblai : 18529,644 m³

Chapitre X

Signalisation Routière

X -1- INTRODUCTION :

La signalisation routière désigne l'ensemble des signaux conventionnels implantés sur le domaine routier et destinés à assurer la sécurité des usagers de la route, soit en les informant des dangers et des prescriptions relatifs à la circulation ainsi que des éléments utiles à la prise de décisions, soit en leur indiquant les repères et équipements utiles à leurs déplacements. Elle comprend deux grands ensembles :

La signalisation routière verticale, qui comprend les panneaux, et la signalisation routière horizontale, constituée des marquages.

X-2- L'OBJECTIF DE LA SIGNALISATION ROUTIERE :

La signalisation routière a pour objet :

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

X-3- REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION :

Il est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes:

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

X-4- TYPES DE SIGNALISATIONS :

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

a- Signalisation Verticale :

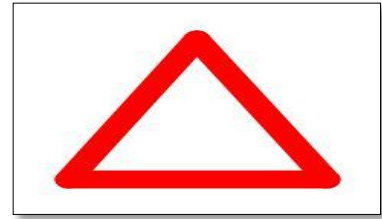
Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

- Signalisation avancée.
- Signalisation de position.
- Signalisation de direction.

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

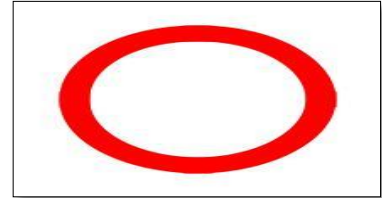
❖ **Signaux de danger :**

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

❖ **Signaux comportant une prescription absolue :**

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

- L'interdiction.
- L'obligation.
- La fin de prescription.

❖ **Signaux à simple indication :**

Panneaux en général de forme rectangulaire, des fois terminés en pointe de flèche :

- Signaux d'indication.
- Signaux de direction.
- Signaux de localisation.
- aux divers.

❖ **Signaux de position des dangers :**

Toujours implantés en pré signalisation, ils sont un emploi peu fréquent en milieu urbain.

b- Signalisation Horizontale :

Ces signaux horizontaux sont représentés par des marques sur chaussées, afin d'indiquer clairement les parties de la chaussée réservées aux différents sens de circulation. Elle se divise en trois types :

✚ **Marquage longitudinal :**• **Lignes continue :**

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

• **Lignes discontinue :**

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

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

Lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour les quelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leur intervalles.

Ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont la largeur des traits est le triple de celle de leurs intervalles.

• **Modulation des lignes discontinues :**

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

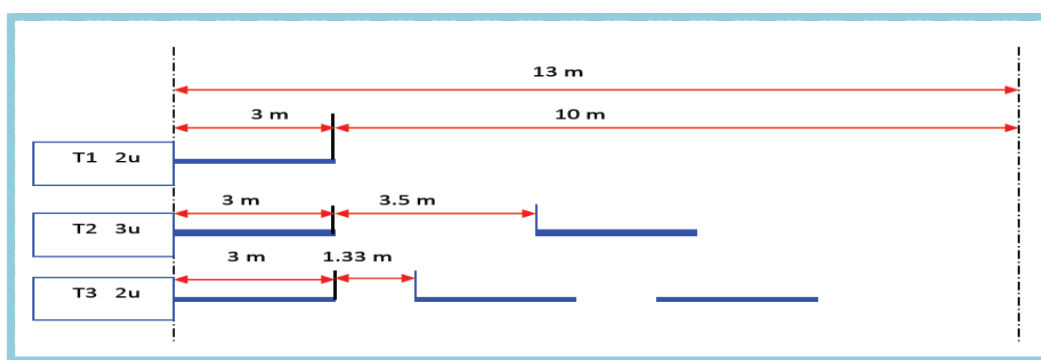


Figure X.1 : Types de modulation.

Les modulations des lignes discontinues sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau. X.1 : Caractéristiques des lignes discontinues.

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre trait (m)	Rapport Plein/ vide
T1	3.00	10.00	~ 1/3
T2	3.00	3.5	~1
T3	3.00	1.33	~3

✚ **Marquage transversal :**

• **Lignes transversales continue :**

Éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.

• **Lignes transversales discontinue :**

Éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

➤ **Autre mmarquage :**

- **Flèche de rabattement :** Une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers

qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.

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



Figure X.2 : Flèche de signalisation.

X -5- CARACTERISTIQUES GENERALES DES MARQUES :

- Le blanc est la couleur utilisée pour les marquages sur chaussée définitive et l'orange pour les marques provisoires.
- La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route, à savoir :

U = 7.5cm sur les autoroutes et voies rapides urbaines.

U = 6cm sur les routes et voies urbaines.

U = 5cm pour les autres routes.

X-6 - APPLICATION AU PROJET :





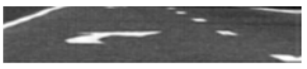



Les différents types de panneaux de signalisation utilisés pour notre étude sont les suivants :

+ Signalisation Verticale :

A1b Virage à gauche	A1a Virage à droite	A83a Céder le passage à l'intersection. Signal de position	
AB6 Indication du caractère prioritaire d'une route	Passage piéton	AB25 Carrefour à sens giratoire	B6d Arrêt et stationnement interdits

Figure X.3 : signalisation verticale.

✚ Signalisation horizontale :

	Ligne continue : Infranchissable, dépassement et changement de voie interdits. Il est également interdit de la traverser perpendiculairement (pour sortir ou rentrer dans une rue, une cour, un garage).
	Ligne discontinue : Dépassement et changement de voie autorisés.
	Ligne de dissuasion : Sur des routes étroites ou sinueuses, la ligne de dissuasion remplace une ligne continue, seul le dépassement de véhicules roulant très lentement est autorisé (tracteur agricole, voiturette, cycle...).
	Ligne d'avertissement : Annonce une ligne continue. Des flèches de rabattement avertissent le conducteur qu'il va rencontrer une ligne continue.
	Flèches de rabattement : Indiquent la voie dans laquelle il faut se rabattre.
	Ligne mixte : Peut être franchie par le conducteur situé du côté de la ligne discontinue.
	Ligne de rive trait : Sépare la chaussée et l'accotement, peut être franchi pour s'arrêter ou stationner. Dans les sens uniques, la ligne de rive à gauche est continue.
	Hachurage : Sur le nez d'îlot.

X-7- ECLAIRAGE:

X-7-1 INTRODUCTION :

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

X-7-2 CATEGORIES D'ECLAIRAGE:

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

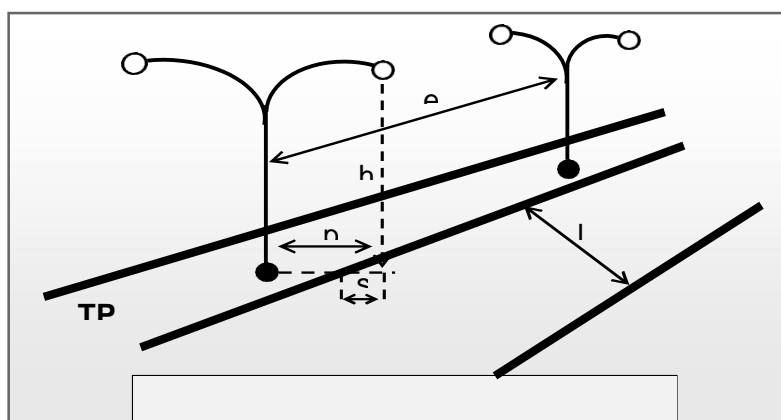
- Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.
- Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- Eclairage des voies de cercle, catégorie C.

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

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

- L'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 X.4 : Paramètres de l'implantation des luminaires



X-7-4 APPLICATION AU PROJET:

Eclairage de la voie (le long de la Pénétrante) :

La bordure du TPC doit être parfaitement visible, on adopte à cet effet des dispositifs lumineux on place. Ensuite, les foyers doivent être suffisamment rapprochés pour que les plages d'éclairage se raccordent sans discontinuité. La hauteur des foyers est en général de 8 à 12m, ainsi l'espacement des supports varie de 20 à 30 m de façon à avoir un niveau d'éclairage équilibré.

X-8- CONCLUSION :

La signalisation routière acquiert une grande importance dans un notre projet suivant tous le long de l'itinéraire qui rend la circulation plus faciles sure aux usagers.

L'éclairage serve à garantir aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible car la situation de projet.

Chapitre XI
Estimation Du Coût
Du Projet

XI. ESTIMATION DU COUT DU PROJET

Selon les prix mis à notre disposition le calcul du devis estimatif du projet portera essentiellement sur :

- Décapage de la plate-forme.
- Déblai et Remblai.
- Corps de chaussée.
- Séparateurs.

XI-1 : Calcul du cout du projet :

Tableau XI-1 : Devis estimatif et quantitatif.

N°	Désignation	Unité	Quantité	PU (DA)	MONTANT
1	Déblais	m ³	1025,939	325	333430,175
2	Remblais	m ³	19555,583	500	9777791,5
Corps de chaussée					
3	F/mise en œuvre de la couche en béton bitumineux 0/10 sur une ép : de 06 cm y compris couche d'imprégnation 0/1 et toute sujétions de mise en œuvre.	T	3961,65	9400	37239510
4	F/mise en œuvre de la couche en Grave Bitumineux 0/14 sur une ép : de 9 cm	T	6095,28	9400	57295632
5	Rechargement de la plate-forme en TUF sur une ép : de 25 cm y compris arrosage, compactage et toutes sujétions de mise en œuvre	m ³	41580,00	1350	56133000
Signalisation					
7	Ligne axiale de séparation de voies	ML	3850,00	170	654500
8	Ligne de rive de chaussée (Limite BAU)	ML	7700,00	170	1309000
9	Ligne continue (Rive DBA)	ML	3850,00	170	654500
MONTANT EN H T					162807363,7
TVA 19%					30933399,1
MONTANT EN TTC					193740762,8

Le coût du projet est estimé à cent quatre-vingt treize million sept cent quarante mille sept-cent soixante deux dinar algérienne, et quatre-vingt centimes

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce présent travail de fin d'étude nous a permis de mettre en pratique nos connaissances acquises au cours de notre cursus de formation et d'approfondir nos connaissances dans le domaine routier il nous a permis entre autres de tirer profit des expériences des personnes qualifiées dans le domaine.

C'est un travail de base qu'on vient de réaliser, il est d'une utilité incontestable parce qu'il nous a confrontés à certains problèmes et nous a permis entre autre de tirer profit des expériences des personnes qualifiées dans le domaine.

Dans notre projet, nous avons certes essayé de suivre au maximum le tracé de la route existante mais tout en éliminant un grand nombre de virage et donnant aux rayons des virages des valeurs respectant les normes du B40 pour assurer le confort et la sécurité de l'utilisateur car toute négligence peut être fatale. D'autre part nous avons évité au maximum les détails y existantes à savoir la fibre optique, les arbres, les propriétés privées..... Ceci en tenant compte de l'aspect économique du projet.

Cette étude nous a poussé d'appliquer les connaissances théoriques acquises à l'université pendant notre étude de cerner les problèmes réels existants concernant l'étude d'exécution des projets routiers de même Il nous a permis de nous perfectionner dans l'utilisation des logiciels informatiques notamment COVADIS et AUTOCAD.

Finalement, grâce à ce projet, on s'immerge dans le milieu professionnel dans lequel nous serons appelés à édifier notre pays et de contribuer à son développement.

BIBLIOGRAPHIE

- B40 (Normes techniques d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).
- Documentation (DTP de Mostaganem).
- Signalisation routière.
- Anciennes thèses de fin d'études.

SITE INTERNET :

www.autoroutes.fr

www.setra.fr

www.ana.org.dz

www.mtp-dz.com

www.almohandiss.com

www.fr.scribd.com