



N° d'ordre : M/GCA/2021

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTERACADEMIQUE

Filière : Travaux Publics

Spécialité : VOA

Thème

**ETUDE DE TRONÇON T4 DE LA PENETRANTE EST-OUEST COTE DE
RELIZANE SUR 4,0 KM**

Présenté par :

- AMMOUR Samir
- KHELLAF Rafiq

Soutenu le 14/07/2021 devant le jury composé de :

Président: Mr BENSOUA Mohamed
Examineur: Mr BOUHALOUFA Ahmed
Invité : Mr CHERIF Mourad
Encadrant : Mr ZELMAT Yassine
Co-Encadrant: Mme GUERZOU Tourkia

Année Universitaire : 2020 / 2021

Dédicaces

Je dédis ce modeste travail, qui est le fruit récolté après tant d'années d'efforts :

A nos très chers parents qui nous ont soutenues & encouragés durant mes études, Eux qui nous ont toujours apporté leur soutien moral et matériel depuis nos premiers jours à l'université.

A nos très chers frères Aucune dédicace ne serait exprimer assez, nous vous diront tout simplement un grand merci.

A nos très chers amis en témoignage de l'amitié sincère qui nous ont liées et des bons moments passés ensemble.

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah, le clément et le miséricordieux de nous avoir donné la santé et le courage de mener à bien ce modeste travail.

Nous remercions nos très chers parents pour leurs aides matérielle et morale durant toute la période de notre formation.

Nous voudrions exprimer nos vifs remerciements à nos encadrant **MR ZELMAT YASSINE** et **Mme TOURKIA GUERZOU** pour nous avoir guidés dans la réalisation de cette étude et le soutien scientifique et moral qu'il nous a apporté.

Nous tenons également à remercier les membres du jury

- **Mr BENSOUA MOHAMED**
- **Mr BOUHALOUFA AHMED**
- **Mr CHERIF MOURAD**

Pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail et qui nous feront le plaisir d'apprécier

Nos plus grands remerciements vont:

- **Au D.T.P de Mostaganem.**

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail, trouvent ici notre profonde gratitude.

SOMMAIRE

Dédicace

Remerciement

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction générale 01

Chapitre I : Présentation et contexte du projet

I-1- Contexte de projet 03

I-2 - Découpage administratif04

I-3 - Infrastructures routières 04

I-4 -Infrastructures portuaires 04

I-5-Donnes de base 04

I-5-1- levé topographique 04

I-5-2-Catégorie de la route 05

I-5-3-Trafic 05

Chapitre II : Etude des variantes

II-1-Tracé En Plan 07

II-1-1-Définition 07

II-1-2-Règles à respecter dans le tracé en plan 07

II-1-3-Les éléments de tracé en plan 07

II-1-3-1-Alignement droit 08

II-1-3-2- Règles concernant la longueur des alignements 08

II-1-3-3- Arcs en cercle 08

II-1-4- Les variantes 09

II-1-4-1- Calcul de gisement de distance et des angles au centre 09

II-1-4-2- Détermination des éléments des raccordements circulaires	10
II-1-4-3- Environnement de la route	11
II-1-4-4- La vitesse de référence	11
II-1-4-5- Courbes en plan	11
II-1-4-6- Calcul des Cubatures Approchées	12
II-2- Etude des variantes.....	14
II-2-1- Etude de la variante 1	14
II-2-1-1- Introduction	14
II-2-1-2- Les coordonnées des sommets	15
II-2-1-3- Calcul de gisements et des angles au centre	15
II-2-1-4- Environnement de la route	15
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 Approchées	24
II-2-2-Etude de la variante 2	27
II-2-2-1- les coordonnées des sommets	27
II-2-2-2- Calcul de gisements et des angles au centre	27
II-2-2-3- Environnement de la route	79
II-2-2-4- La vitesse de référence	32
II-2-2-5- Stabilité en courbe	32
II-2-2-6- Détermination des éléments des raccordements circulaire	34
II-2-2-7- Cubatures Approchées	34
II-2-3- Le choix de la variante	37
II-3- Conclusion	37

Chapitre III : Profil en long

III-1- Définition	39
III-2- La linge de projet (ligne rouge)	39
III-3- Règles à respecter dans le tracé du profil en long	39
III-4- Les éléments de composition du profil en long	40
III-5- Coordination entre le tracé en plan et le profil en long	40
III-6- Déclivité	40
III-7- Les raccordements en profil en long	41

III-8- Eléments nécessaire au calcul du profil en long	44
III-9- Détermination pratique du profil en long	45
III-10- Application de projet	47

Chapitre IV : Les raccordements progressif

IV-1- Introduction	51
IV-2- Définition de la Clothoïde	51
IV-3- Les éléments de la clothoïde	51
IV-4- Propriétés de la clothoïde	52
IV-5- Les conditions de raccordement	52
IV-5-1- Condition de confort optique	53
IV-5-2- Condition de confort dynamique	53
IV-5-3- Condition de gauchissement.....	53
IV-5-4- La Vérification de non chevauchement	53
IV-6- Notion de devers	54
IV-6 -1- Devers en alignement	54
IV-6 -2- Devers en courbe	54
IV-6-3- Rayon de courbure	54
IV-6 -4- Calcul des devers	54
IV-7- Application de projet	55
IV-7-1- Calcul des dévers associés aux rayons de la variante choisie	55
IV-7-2- Calcul de la longueur de Clothoïde et la vérification de non chevauchement	56
IV-7-3 : Calcul des paramètres des deux clothoïde	57

Chapitre V : Etude du trafic

V-1- Introduction	60
V-2- Analyse de trafic	60
V-3- Mesure des trafics	60
V-4- Différents types de trafic	61
V-4-1- Trafic normal.....	61
V-4-2 Trafic dévie	61
V-4-3 Trafic induit	62
V-4-4- Trafic total	62
V-5- Calcul de la capacité	62

V-5-1- Définition de la capacité	62
V-5-2- Calcul de trafic moyen journalier (TJMA) horizon	62
V-5-3- Calcul de trafic effectif	62
V-5-4- débit de point horaire normal	63
V-5-5- Débit horaire admissible	63
V-5-6- Déterminations du nombre des voies	64
V-6- Application de projet	64
V-6-1- Projection future de trafic	64
V.6.2 Calcul du trafic effectif	65
V-6-3- Débit de pointe horaire normal	65
V-6-4- La capacité admissible	65
V.6.5 : Le nombre des voies	66
V-7- Conclusion	66

Chapitre VI : Paramètres cinématiques

VI-1- Définition	68
VI-2- Distance de freinage	68
VI-2-1 Application	69
VI-3- Temps de perception et de réaction	70
VI-4- Distance d'arrêt	71
VI.4.1 Application	71
VI-5- Distance de perception	72
VI-5-1- Application	73
VI-6- Espacement entre deux véhicules	74
VI-7- Distance de visibilité de dépassant et de manœuvre	76

Chapitre VII : Dimensionnement du corps de chaussée

VII-1- Introduction	78
VII-2- La chaussée	78
VII-2-1 Définition	78
VII-2-2 Différents types de chaussées	79
VII-2-2-1- Chaussée souple	79
VIII-2-2-2- Chaussée semi-rigide	80
VII-2-2-3 - Chaussée rigide	81

VII-3- Les Différents Facteurs à prendre en compte pour le dimensionnement	81
VII-3-1 - Trafic	82
VII-3-2 – Environnement	82
VII-3-3 - Le Sol Support	82
VII-3-4 – Matériaux	83
VII-4- Méthodes De Dimensionnement	83
VII-4-1- Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio)	83
VII-4-2- Méthode A.A.S.H.O (American Association of State Highway Officials)	84
VII-4-3- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	85
VII-5- Application au Projet	85
VII-5- 1- Données de l'étude	85
VII-5- 2- Répartition de trafic	86
VII-5- 3- Calcul d'épaisseur	86
VII-5- 4- Epaisseur équivalente	86

Chapitre VIII : Profil en travers

VIII-1- Définition	89
VIII-2- Types De Profil En Travers	89
VIII-2-1- profil en travers type	89
VIII-2-2- profil en travers courants	89
VIII-3- Les éléments de composition du profil en travers	89
VIII-4- Application au projet	91

Chapitre IX : Cubatures et mouvements des terres

IX-1- Introduction	93
IX-2- Cubatures terrassements	93
IX-3- Méthode utilisée	93
IX-3-1- Description de la Méthode	93
IX-4- Mouvement des terres	94
IX-4-1- Métré de terrassement	94
IX-4-2- Foisonnement	95
IX-4-3- Moment de transport	95
IX-4-4- Distance moyenne de transport	95
IX-4-5- Epure de LALANNE	95

IX-4-6- Principe de l'épure de LALANNE	96
IX-4-7- Etablissement de l'épure de LALANNE	96
IX-4-8- Ligne de répartition des sens de transport	96
IX-5- Calculs des cubatures	97

Chapitre XI : Signalisation routière

XI -1- Introduction	101
XI-2- L'objectif de la signalisation routière	101
XI-3- Règles à respecter pour la signalisation	101
XI-4- Types de signalisations	101
XI -5- Caractéristiques générales des marques	104
XI-6- Application au projet	104
XI-7- Eclairage	106
XI-7-1- Introduction.....	106
XI-7-2- Catégorie d'éclairage.....	106
XI-7-3- Paramètre de l'implantation des luminaires.....	106
XI-7-4- Application au projet.....	107
XI-7- Conclusion	107
Devis	109
Conclusion générale	110

ANNEXE

Liste des figures

Figure I.1 Tronçon de notre projet	01
Figure I.2 levé topographique	03
Figure II.1 Les éléments de tracé en plan	07
Figure II.2 Détermination de l'angle au centre	10
Figure II.3 Les éléments d'un raccordement circulaire	10
Figure II.4 Schéma représentant la surface entre profil	13
Figure II.5 Calcul de surfaces cas de remblai	13
Figure II.6 Calcul de surfaces cas de déblai	14
Figure II.7 La dénivelée cumulée moyenne H/L	19
Figure III.1 Eléments du profil en long	41
Figure III.2 Pratiques du profil en long	43
Figure IV.1 Les éléments de la clothoïde	51
Figure IV.2 La propriété de clothoïde	52
Figure VI.1 Distance de freinage	68
Figure VI.2 Temps de perception-réaction	71
Figure VI.3 Distance de perception	73
Figure VI.4 L'espacement entre deux véhicules	75
Figure VII.1 Structure type d'une chaussée souple	80
Figure VII.2 Structure type d'une chaussée semi-rigide	81
Figure VII.3 Structure type d'une chaussée rigide	81
Figure VII.4 La structure de chaussée	87
Figure VIII.1 Les éléments constitutifs du profil en travers	90
Figure VIII.2 Le profil en travers	91
Figure VIII.3 Dimensions du fossé	91
Figure IX.1 Schéma représentant la surface entre profil	94
Figure IX.2 L'épure de LALANNE	96
Figure IX.3 Sens de transport	96
Figure X.1 Types de modulation	103
Figure X.2 Flèche de signalisations.....	104
Figure X.3 Signalisations Verticales.....	105
Figure X.4 Paramètres de l'implantation des luminaires.....	106

Liste des tableaux

Tableau II.1: Les coordonnées des sommets de l'axe de "variante 1	15
Tableau II.2 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante01"	15
Tableau II.3 : dénivelé de profil "variante 01 "	15
Tableau II.4 : Classification de terrain et Dénivelée cumulée "variante 01 "	19
Tableau II.5: Sinuosité "variante 01 "	20
Tableau II.6 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité "variante 01"	20
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	21
Tableau II.9 : Valeur du coefficient ft	21
Tableau II.10 : Valeur du coefficient « F"»	22
Tableau II.11: Eléments des raccordements circulaires "variante 1"	23
Tableau II.12: Cubatures approchées de la 'variante 01'	24
Tableau II.13 : les coordonnées des sommets de l'axe de "variante 2"	27
Tableau II.14 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante 02 "	27
Tableau II.15 : dénivelé de profil 'variante 02'	27
Tableau II.16: Classification de terrain et Dénivelée cumulée 'variante 02'	31
Tableau II.17 : Sinuosité 'variante 02'	31
Tableau II.18 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité 'variante 02'	32
Tableau II.19 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40' variante 02'	32
Tableau II.20 : Eléments des raccordements circulaires "variante 2 "	34
Tableau II.21 : Cubatures approchées de la 'variante 02 '	34
Tableau II.22 : Comparaison entre les deux variantes	37
Tableau III.1: Valeur de déclivité maximal	41
Tableau III.2 : Rayons convexes	43
Tableau- III.3 : Rayons concaves (angle rentrant). Cat1, V80	44
Tableau III.4 : Caractéristique des rayons verticaux	47
Tableau III.5: les valeurs de tangente et la flèche	49
Tableau IV.1 : Devers	54
Tableau IV.2: Longueur de la clothoïde	57
Tableau IV.3: Paramètres de clothoïde	57

Tableau V.1 coefficient d'équivalence "p" (selon le B40)	63
Tableau V.2 : Coefficient « K1 »	63
Tableau V.3: Coefficient « K2»	63
Tableau V.4 : valeurs de C_{th} capacité théorique du profil en travers en régime stable	64
Tableau V.5 : résultats du calcul de trafic	66
Tableau VI.1 : coefficient de frottement longitudinal fl en fonction de la vitesse (B40)	68
Tableau VI.2 : les différentes distances selon les normes B40	76
Tableau VII. 1 : la portance de sol en fonction de l'indice de CBR	82
Tableau VII. 2 : Les classes de portance des sols	83
Tableau VII.3: Coefficient d'équivalence	84
Tableau VII.4: épaisseurs du corps de chaussée	87
Tableau IX.1: cubatures détaillées	97
Tableau. X.1 : Caractéristiques des lignes discontinues	103

PRESENTATION ET CONTEXTE DU PROJET

Suite à la demande du ministère des travaux publics de la république algérienne démocratique et populaire et Algérienne des autoroutes désignée par le terme « client », il a été confié au bureau d'étude SETOR pour l'étude et le laboratoire national d'habitat et de construction (LNHC) et le bureau d'étude APPLUS N CONTROLE pour le suivi de projet. L'exécution de projet est faite par le groupement GCSSE (COSIDER TP et OA –SMTRA-SIFM- ESSAKHRA)

Le projet concernant l'étude préliminaire, avant-projet sommaire et avant-projet détaillé de la pénétrante autoroutière reliant la ville de Mostaganem à l'autoroute Est / Ouest sur 60 Km.

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



Figure N° 01 : tronçon de notre projet.

II-1 Contexte de projet :

Mostaganem est une ville de très grande importance par sa situation géographique. La zone d'étude est comprise dans la région Nord-Ouest du schéma national d'aménagement du territoire constituée des wilayas d'Oran, Tlemcen, Ain T'émouchent, Relizane, Mascara, Mostaganem, et au Nord centre, Chleff, Khemis Méliana, Blida et Alger.

Situé dans la zone de plaine littorale les plus riches, la vocation principale de la région reste agricole.

L'industrie dans l'ensemble de la région s'est développée grâce à la disponibilité de nombreux ports et d'infrastructures routières et ferroviaires. Les ressources humaines qualifiées ont été des facteurs favorables au développement industriels.

La ville de Mostaganem est reliée au reste du pays par les routes nationales RN 11, RN 90, RN 90A, RN 23 et RN 17.

La wilaya de MOSTAGANEM situé dans l'ouest nord de l'Algérie, elle a une superficie de 2269 km² et une population de 723000 habitants.

II-2 : Découpage administratif :

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

II-3 : Infrastructures routières :

- RN : 332 km
- CW : 654 km
- CC : 840 Km
- Les ouvrages d'art sur RN : 36.
- Les ouvrages d'art sur CW : 24.

II-4 : Infrastructures portuaires :

- 1 Phare.
- 1 port commercial.
- 3 ports de pêche.

L'objet de l'étude dans sa globalité est de chercher de nouvelles variantes de tracé plus proches des routes actuelles telles que la RN 90A et la RN 23. Et de s'approcher des grandes agglomérations de la région capables d'attirer des volumes de trafic plus importants assurant ainsi une meilleure liaison entre Mostaganem et l'autoroute Est-Ouest.

III. DONNEES DE BASE

III- levé topographique :

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



Figure N° 02 : levé topographique

III-2 : 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 cinq catégorie fonctionnelles et sont comme suit :

- **Catégorie 1** : Liaison entre les grands centres économique et les centres industriels lourdes considérés deux a deux, et liaisons assurant le rabattement des centres d'industries de transformation vers réseau de base ci-dessus.
- **Catégorie 2** : Liaison des pôles d'industries de transformation entre eux, et liaisons de raccordement des pôles d'industries légers diversifiées avec le réseau précédent.

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

La catégorie de notre route est la catégorie 01. !

III-3 : Trafic :

- Trafic Moyen Journalier Annuel TJMA (2012) = 12500V/j
- Le pourcentage (%) des poids lourds $Z = 25\%$
- Taux de croissance annuel du trafic $\tau = 7\%$
- Durée d'étude et d'exécution : $n = 4$ ans
- Durée de vie : 20 ans

Chapitre 2

Etude Des Variantes

II.1 : Tracé 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 horizontale. Le tracé en plan d'une route 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 :

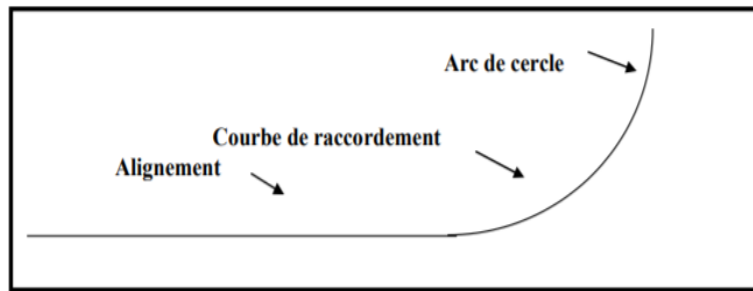
Pour faire un bon tracé en plan, suivant les normes, on doit respecter certaines recommandations :

- Respecter les normes de l'ARP (l'aménagement des routes principales) ;
- Eviter 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.
- Eviter 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 ;
- Eviter 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).III.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.1.3.3 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 × $\frac{V_B}{3.6}$** **V_B**: vitesse de base en **km/h**

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

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

II.1.3.2 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 RH_m , RH_N , RH_d et RH_{nd} .
- Choix des rayons.
- Détermination de tous les éléments des raccordements circulaires.
- Déclivités « profil en long ».
- Cubatures approchées.
- Conclusion.

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.

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

- **Cas exceptionnels pour le calcul de gisement :**

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

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

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

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

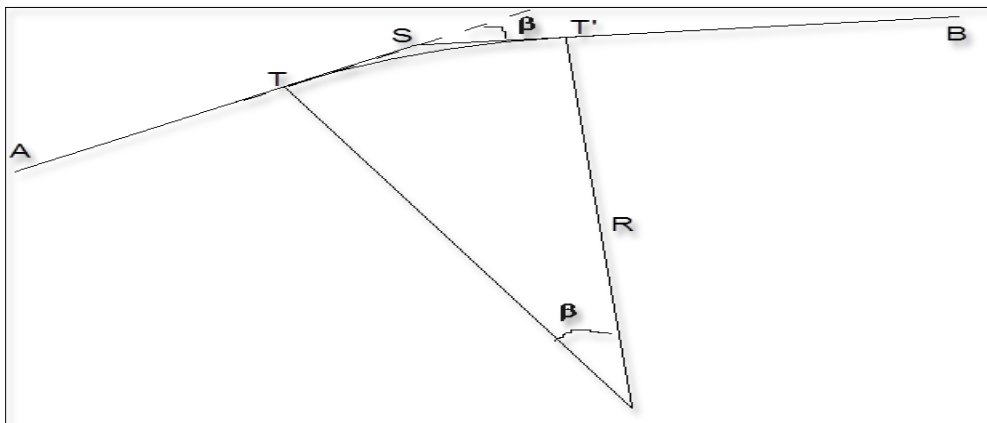


Figure. II).III.2 : Détermination de l'angle au centre.

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

II.1.4.2 Détermination des éléments des raccordements circulaire :

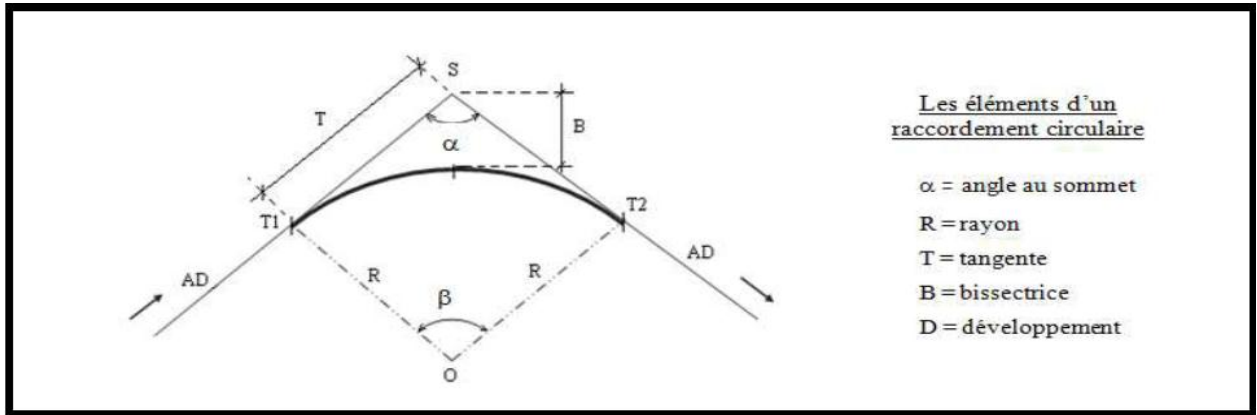


Figure II.III.3 : les éléments d'un raccordement circulaire.

• **angles de déviation au sommet α :**

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

❖ **La tangente**

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

❖ **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.

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

❖ Le rayon minimal normal (RHN) :

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

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

❖ **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 %).

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

Dmin = 2.5% en catégorie 1 – 2

Dmin = 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 $V = Vr$ et présente un dévers vers l'extérieur.

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

II.1.4.6 Calcul des Cubatures Approchées :

❖ **Méthode de calcul approximatif :**

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

Par conséquent

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

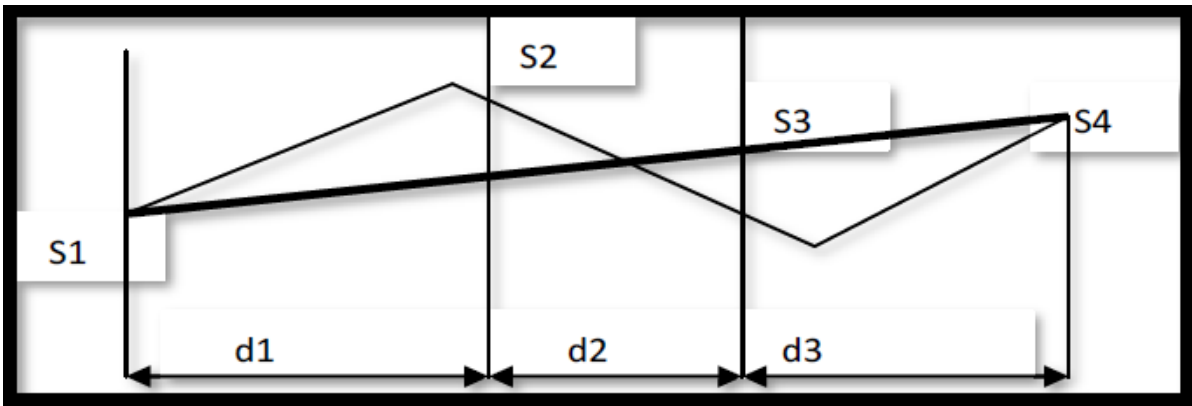


Figure II) .II.4 : Schéma représentant la surface entre profil.

❖ Calcul des surfaces :

• En remblai :

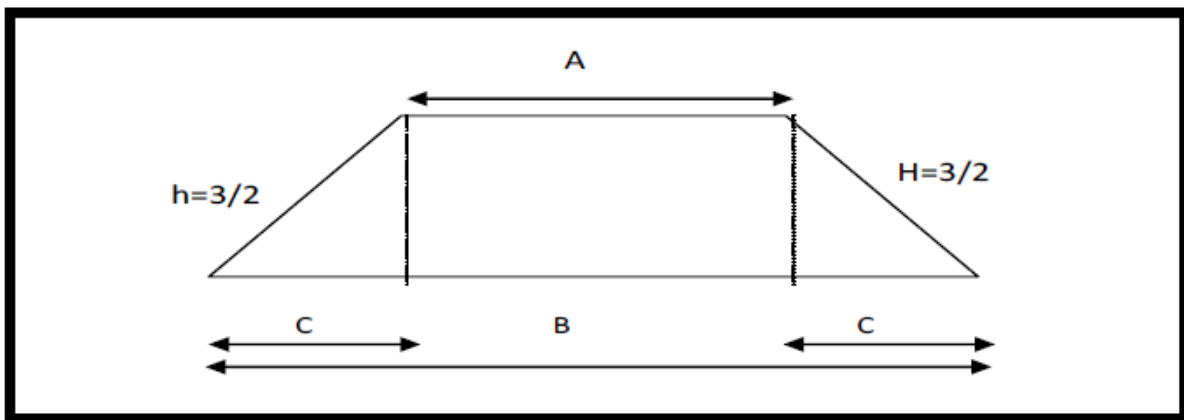


Figure II. II.1.5:calcul de surfaces cas de remblai.

Avec :

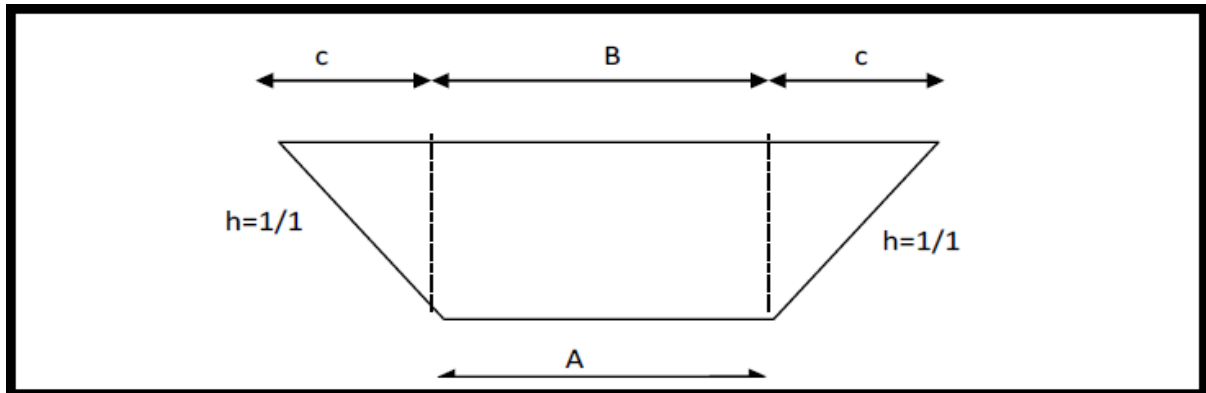
- A : largeur de la chaussée les 2 Accotements.
- $Tg \alpha = P = 2/3 = h/c$
- $c = 3h / 2$
- h : différence de niveau entre la côte de projet et la côte terrain naturel

- $B = A + 2c = A + 3h$

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

- **En déblai :**

Figure II II.1.6: 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 + h²**

II-2-Etude des variantes :

II.2.1.Etude de la variante 1 :

II.2.1.1Introduction :

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 a 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 :

	X	Y
A	266772,20	3978983,07
S1	268023,35	3979271,70
S2	269085,76	3979970,43
B	269536,98	3980574,80

Tableau II.II.1 : les coordonnées des sommets de l'axe de "variante 1"

II.2.1.3 Calcul de gisements et des angles au centre :

Points	dx	dy	gisement	Distance	Bitam
A-S1	1251,15	288,63	77,01	1284,01075	/
S1S2	1062,41	698,73	56.67	1271,58901	20.34
S2-B	451,22	604,37	36.74	754,229796	19.93

Tableau II.II.2 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante01".

II.2.1.4 Environnement de la route :

A)- Dénivelée moyenne cumulée « H/L » :

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
P81	30950,000	25,000	268584,520	3979640,774	344,914	0,812
P82	30975,000	25,000	268605,407	3979654,511	345,685	0,771
P83	31000,000	25,000	268626,295	3979668,248	346,414	0,729
P84	31025,000	25,000	268647,182	3979681,985	347,101	0,687
P85	31050,000	25,000	268668,070	3979695,723	347,746	0,645
P86	31075,000	25,000	268688,957	3979709,460	348,350	0,604
P87	31100,000	25,000	268709,845	3979723,197	348,912	0,562
P88	31125,000	25,000	268730,732	3979736,934	349,432	0,520
P89	31150,000	25,000	268751,620	3979750,671	349,911	0,479
P90	31175,000	25,000	268772,507	3979764,409	350,348	0,437
P91	31200,000	25,000	268793,395	3979778,146	350,743	0,395
P92	31225,000	25,000	268814,282	3979791,883	351,097	0,354
P93	31250,000	25,000	268835,170	3979805,620	351,409	0,312
P94	31275,000	25,000	268856,057	3979819,358	351,679	0,270
P95	31300,000	25,000	268876,945	3979833,095	351,907	0,229
P96	31325,000	25,000	268897,832	3979846,832	352,095	0,187
P97	31350,000	24,647	268918,720	3979860,569	352,265	0,170
P98	31374,294	12,500	268939,017	3979873,918	352,430	0,165
P99	31375,000	12,853	268939,607	3979874,307	352,435	0,005
P100	31400,000	25,000	268960,311	3979888,318	352,605	0,170
P101	31425,000	25,000	268980,658	3979902,843	352,776	0,170
P102	31450,000	25,000	269000,636	3979917,871	352,946	0,170
P103	31475,000	25,000	269020,231	3979933,395	353,116	0,170
P104	31500,000	25,000	269039,433	3979949,403	353,286	0,170
P105	31525,000	25,000	269058,228	3979965,887	353,457	0,170
P106	31550,000	25,000	269076,606	3979982,835	353,627	0,170
P107	31575,000	25,000	269094,554	3980000,237	353,797	0,170
P108	31600,000	25,000	269112,061	3980018,082	353,967	0,170
P109	31625,000	25,000	269129,117	3980036,360	354,138	0,170
P110	31650,000	25,000	269145,711	3980055,058	354,308	0,170
P111	31675,000	25,000	269161,832	3980074,165	354,478	0,170
P112	31700,000	23,510	269177,470	3980093,669	354,648	0,170

P113	31722,020	12,500	269190,837	3980111,168	354,798	0,150
P114	31725,000	13,990	269192,619	3980113,555	354,819	0,020
P115	31750,000	25,000	269207,576	3980133,588	354,989	0,170
P116	31775,000	25,000	269222,532	3980153,621	355,159	0,170
P117	31800,000	25,000	269237,488	3980173,653	355,329	0,170
P118	31825,000	25,000	269252,445	3980193,686	355,500	0,170
P119	31850,000	25,000	269267,401	3980213,719	355,670	0,170
P120	31875,000	25,000	269282,357	3980233,752	355,840	0,170
P121	31900,000	25,000	269297,314	3980253,784	356,010	0,170
P122	31925,000	25,000	269312,270	3980273,817	356,181	0,170
P123	31950,000	25,000	269327,226	3980293,850	356,351	0,170
P124	31975,000	25,000	269342,182	3980313,882	356,521	0,170
P125	32000,000	25,000	269357,139	3980333,915	356,691	0,170
P126	32025,000	25,000	269372,095	3980353,948	356,862	0,170
P127	32050,000	25,000	269387,051	3980373,981	357,032	0,170
P128	32075,000	25,000	269402,008	3980394,013	357,202	0,170
P129	32100,000	25,000	269416,964	3980414,046	357,372	0,170
P130	32125,000	25,000	269431,920	3980434,079	357,543	0,170
P131	32150,000	25,000	269446,876	3980454,111	357,713	0,170
P132	32175,000	25,000	269461,833	3980474,144	357,883	0,170
P133	32200,000	25,000	269476,789	3980494,177	358,053	0,170
P134	32225,000	25,000	269491,745	3980514,209	358,224	0,170
P135	32250,000	25,000	269506,702	3980534,242	358,394	0,170
P136	32275,000	25,000	269521,658	3980554,275	358,564	0,170
P137	32300,000	12,808	269536,614	3980574,308	358,734	0,170
P138	32300,615	0,308	269536,982	3980574,801	358,739	0,004
Somme		3300,615				124,806

Tableau II .II.3 : dénivelé de profil "variante 01 ".

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).

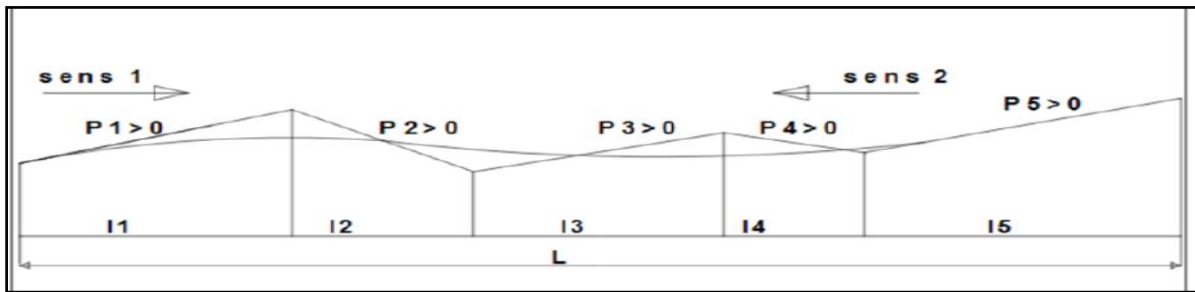


Figure II. III.1.7: La dénivelée cumulée moyenne H/L

❖ 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 :

- $\Sigma \Delta H = 124,806 \text{ m}$;
- $\Sigma \text{ Distance} = 3300,615 \text{ m}$;

$$D_c = \frac{\Sigma \Delta H}{\Sigma \text{ Distance}} = \frac{124,806}{3300,615} = 0.037812953 \Rightarrow D_c = 3,781\%$$

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

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
1	plat	$D_c < 1.5\%$
2	Plat mais inondable	$D_c = 1.5\%$
3	Terrain vallonné	$1.5\% < D_c \leq 4\%$
4	Terrain montagneux	$D_c > 4\%$

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

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

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 $\sigma=0$;

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

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

Tableau II .III.5: Sinuosité "variante 01".

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

Environnement de la route :

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

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

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

Dans notre cas, nous avons :

Terrain Vallonné
 Sinuosité faible  Environnement **E2**

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)

Environnement Catégorie	E1	E2	E2
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

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

à partir du **tableau III.5**

La vitesse à considérer selon les normes est : **Vr =80 Km/h.**

II.2.1.6 Stabilité en courbe :

✓ Détermination des dévers d_{max} et d_{min} :

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

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

✓ Détermination du coefficient transversal 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	/

Tableau II.III.9 : Valeur du coefficient f_t .

✓ Détermination du coefficient F'' en fonction de la catégorie :

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

Tableau II.III.10 : Valeur du coefficient « F'' ».

✓ Tableau récapitulatif :

Vitesse réf	d_{\max}	d_{\min}	$d=d_{\max}-2\%$	F_t	f''
80 km/h	7%	2.5%	5%	0.13	0.06

▪ Détermination des rayons en plan :

❖ Le rayon horizontal minimal absolu (RHm) :

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

❖ Le rayon minimal normal (RHN) :

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

❖ Le rayon au devers minimal RHd :

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

❖ Le rayon non déversé RHnd :

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

1 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

2 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	1500
R2	1000

II.2.1.7 Détermination des éléments des raccordements circulaire:

Tableau des résultats :

Virage	Tangente (m)	Bissectrice (m)	Flèche (m)	Développée (m)
1	241,6844	19,3457	19,0993	479,2499
2	157,8209	12,3771	12,2580	313,0597

Tableau II.III.11: Eléments des raccordements circulaires "variante 1".

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

$$Lad = AT1 + T'1T2 + T'2B$$

$$Lad = 1014,902 \text{ m} + 826,854 \text{ m} + 578,595 \text{ m} \Rightarrow Lad = 2420,351 \text{ m.}$$

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

$$Lc = D1 + D2$$

$$Lc = 479,2499 \text{ m} + 313,0597 \text{ m} \Rightarrow Lc = 792,3096 \text{ m}$$

- **Longueur totale du tronçon : LT**

$$LT = Lad + Lc$$

$$LT = 2420,351 \text{ m} + 792,3096 \text{ m} \Rightarrow LT = 3212,6606 \text{ m}$$

Pourcentage Aligement droit % alig_Droit = 75%

Pourcentage Courbe % courbe = 25 %

II.2.1.8 Cubatures Approchées :

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	29000,000	12,500	5,03	12,40	17,43	217,813	217,813	0,02	0,00	0,02	0,296	0,296
P2	29025,000	25,000	2,62	7,02	9,64	240,972	458,785	0,75	0,72	1,47	36,846	37,142
P3	29050,000	25,000	0,00	0,55	0,55	13,804	472,589	6,61	4,62	11,24	280,887	318,029
P4	29075,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	472,589	21,68	14,43	36,10	902,587	1220,617
P5	29100,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	472,589	37,90	29,14	67,04	1676,015	2896,632
P6	29125,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	472,589	55,97	44,39	100,37	2509,191	5405,823
P7	29150,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	472,589	74,71	60,60	135,31	3382,703	8788,526
P8	29175,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	472,589	90,50	71,77	162,27	4056,740	12845,266
P9	29200,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	472,589	105,61	83,83	189,43	4735,870	17581,136
P10	29225,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	472,589	113,65	90,32	203,97	5099,233	22680,369
P11	29250,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	472,589	109,09	87,24	196,32	4908,058	27588,428
P12	29275,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	472,589	94,09	69,72	163,81	4095,147	31683,575
P13	29300,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	472,589	74,35	48,07	122,42	3060,507	34744,082
P14	29325,000	25,000	0,00	0,40	0,40	9,883	482,472	53,26	18,35	71,61	1790,351	36534,433
P15	29350,000	25,000	0,00	11,13	11,13	278,140	760,612	25,71	2,55	28,26	706,459	37240,892
P16	29375,000	25,000	0,61	28,06	28,66	716,570	1477,182	8,51	0,20	8,71	217,854	37458,746
P17	29400,000	25,000	9,98	45,65	55,63	1390,827	2868,009	0,84	0,00	0,84	20,943	37479,689
P18	29425,000	25,000	27,05	80,42	107,47	2686,684	5554,693	0,00	0,00	0,00	0,000	37479,689
P19	29450,000	25,000	0,43	57,69	58,12	1452,988	7007,680	35,43	0,00	35,43	885,821	38365,510
P20	29475,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	7007,680	56,24	62,08	118,32	2957,920	41323,430
P21	29500,000	25,000	45,94	1,85	47,79	1194,726	8202,406	0,00	15,29	15,29	382,289	41705,719
P22	29525,000	25,000	92,83	74,11	166,94	4173,524	12375,930	0,00	0,00	0,00	0,000	41705,719
P23	29550,000	25,000	121,68	124,39	246,08	6151,924	18527,854	0,00	0,00	0,00	0,000	41705,719
P24	29575,000	25,000	125,27	149,54	274,82	6870,377	25398,231	0,00	0,00	0,00	0,000	41705,719
P25	29600,000	25,000	107,80	136,81	244,61	6115,206	31513,437	0,00	0,00	0,00	0,000	41705,719
P26	29625,000	25,000	89,45	120,29	209,74	5243,567	36757,004	0,00	0,00	0,00	0,000	41705,719
P27	29650,000	25,000	54,76	84,15	138,92	3472,955	40229,958	0,00	0,00	0,00	0,000	41705,719
P28	29675,000	25,000	9,56	40,93	50,49	1262,270	41492,229	0,44	0,00	0,44	11,104	41716,823
P29	29700,000	25,000	0,00	3,05	3,05	76,168	41568,397	47,14	9,61	56,75	1418,631	43135,454
P30	29725,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	41568,397	156,58	73,28	229,86	5746,468	48881,922
P31	29750,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	41568,397	134,03	142,93	276,96	6924,035	55805,957
P32	29775,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	41568,397	71,31	119,42	190,73	4768,144	60574,101
P33	29800,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	41568,397	63,22	73,51	136,73	3418,302	63992,403
P34	29825,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	41568,397	63,65	56,97	120,63	3015,637	67008,039
P35	29850,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	41568,397	70,86	53,97	124,83	3120,729	70128,768
P36	29875,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	41568,397	101,13	61,44	162,56	4064,050	74192,818
P37	29900,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	41568,397	105,15	101,32	206,47	5161,832	79354,649
P38	29925,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	41568,397	73,95	79,38	153,32	3833,076	83187,726
P39	29950,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	41568,397	53,38	54,17	107,55	2688,696	85876,422
P40	29975,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	41568,397	39,14	34,46	73,61	1840,195	87716,617
P41	30000,000	19,951	0,00	0,00	0,00	0,000	41568,397	19,81	11,15	30,96	617,693	88334,310
P42	30014,902	12,500	0,00	1,97	1,97	24,600	41592,997	15,23	2,04	17,26	215,809	88550,119

P43	30025,000	17,549	0,00	3,03	3,03	53,105	41646,102	16,37	1,66	18,04	316,518	88866,637
P44	30050,000	25,000	0,00	1,88	1,88	46,956	41693,057	9,98	3,35	13,33	333,287	89199,924
P45	30075,000	25,000	9,32	14,28	23,60	589,992	42283,049	0,09	0,05	0,14	3,517	89203,442
P46	30100,000	25,000	27,81	29,60	57,41	1435,314	43718,363	0,00	0,00	0,00	0,000	89203,442
P47	30125,000	25,000	48,46	46,72	95,18	2379,586	46097,949	0,00	0,00	0,00	0,000	89203,442
P48	30150,000	25,000	65,81	65,00	130,81	3270,329	49368,278	0,00	0,00	0,00	0,000	89203,442
P49	30175,000	25,000	81,38	80,66	162,04	4050,959	53419,236	0,00	0,00	0,00	0,000	89203,442
P50	30200,000	25,000	93,33	98,17	191,50	4787,525	58206,761	0,00	0,00	0,00	0,000	89203,442
P51	30225,000	25,000	100,00	110,46	210,46	5261,582	63468,344	0,00	0,00	0,00	0,000	89203,442
P52	30250,000	25,000	99,71	118,18	217,88	5447,123	68915,467	0,00	0,00	0,00	0,000	89203,442
P53	30275,000	25,000	89,32	115,92	205,24	5131,041	74046,508	0,00	0,00	0,00	0,000	89203,442
P54	30300,000	25,000	62,10	96,33	158,44	3960,883	78007,391	0,00	0,00	0,00	0,000	89203,442
P55	30325,000	25,000	18,33	54,58	72,91	1822,755	79830,146	0,00	0,00	0,00	0,000	89203,442
P56	30350,000	25,000	1,55	31,17	32,72	817,980	80648,126	7,88	0,00	7,88	197,058	89400,499
P57	30375,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	80648,126	68,74	31,18	99,92	2497,968	91898,468
P58	30400,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	80648,126	91,87	76,01	167,87	4196,858	96095,326
P59	30425,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	80648,126	101,04	79,06	180,10	4502,396	100597,722
P60	30450,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	80648,126	76,73	69,13	145,86	3646,525	104244,247
P61	30475,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	80648,126	39,60	39,82	79,42	1985,412	106229,659
P62	30500,000	25,000	0,00	7,74	7,74	193,384	80841,510	10,23	1,23	11,46	286,470	106516,129
P63	30525,000	23,720	3,09	19,18	22,27	528,164	81369,674	13,73	0,00	13,73	325,692	106841,821
P64	30547,440	12,500	0,09	24,16	24,25	303,176	81672,850	14,81	0,09	14,89	186,152	107027,973
P65	30550,000	13,780	0,45	24,60	25,05	345,159	82018,009	15,84	0,00	15,84	218,271	107246,244
P66	30575,000	25,000	0,00	9,77	9,77	244,126	82262,134	31,65	3,14	34,80	869,904	108116,148
P67	30600,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	82262,134	53,73	21,74	75,47	1886,778	110002,926
P68	30625,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	82262,134	66,97	36,42	103,39	2584,737	112587,663
P69	30650,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	82262,134	62,52	31,62	94,15	2353,685	114941,349
P70	30675,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	82262,134	34,17	29,98	64,15	1603,780	116545,128
P71	30700,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	82262,134	19,17	17,92	37,09	927,360	117472,488
P72	30725,000	25,000	15,85	13,22	29,07	726,733	82988,868	0,16	0,17	0,32	8,070	117480,559
P73	30750,000	25,000	35,86	51,78	87,64	2191,061	85179,929	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P74	30775,000	25,000	36,52	42,92	79,44	1985,916	87165,845	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P75	30800,000	25,000	63,77	64,65	128,42	3210,525	90376,370	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P76	30825,000	25,000	75,30	68,30	143,61	3590,211	93966,581	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P77	30850,000	25,000	90,52	87,88	178,40	4459,990	98426,571	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P78	30875,000	25,000	74,09	94,19	168,28	4206,935	102633,506	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P79	30900,000	25,000	58,22	79,32	137,54	3438,470	106071,976	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P80	30925,000	25,000	58,75	76,35	135,09	3377,254	109449,230	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P81	30950,000	25,000	57,67	74,67	132,35	3308,648	112757,879	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P82	30975,000	25,000	58,86	78,55	137,41	3435,181	116193,060	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P83	31000,000	25,000	56,65	78,35	135,00	3375,026	119568,086	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P84	31025,000	25,000	59,98	77,64	137,62	3440,453	123008,539	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P85	31050,000	25,000	63,88	83,59	147,46	3686,604	126695,143	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P86	31075,000	25,000	63,92	77,86	141,79	3544,673	130239,815	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P87	31100,000	25,000	72,60	76,65	149,24	3731,083	133970,898	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P88	31125,000	25,000	92,71	91,44	184,15	4603,668	138574,566	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P89	31150,000	25,000	117,97	108,87	226,83	5670,856	144245,422	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P90	31175,000	25,000	131,34	126,92	258,26	6456,444	150701,866	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P91	31200,000	25,000	133,73	136,70	270,43	6760,774	157462,640	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P92	31225,000	25,000	131,61	142,38	273,98	6849,530	164312,170	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P93	31250,000	25,000	127,31	136,91	264,22	6605,470	170917,640	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P94	31275,000	25,000	122,73	133,73	256,46	6411,434	177329,074	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559

P95	31300,000	25,000	128,41	134,64	263,04	6576,124	183905,198	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P96	31325,000	25,000	114,62	128,58	243,20	6079,892	189985,090	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P97	31350,000	24,647	105,49	111,58	217,07	5350,155	195335,245	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P98	31374,294	12,500	103,04	107,69	210,73	2634,167	197969,412	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P99	31375,000	12,853	103,19	107,64	210,83	2709,899	200679,311	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P100	31400,000	25,000	112,83	114,28	227,11	5677,841	206357,152	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P101	31425,000	25,000	124,24	122,83	247,07	6176,873	212534,025	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P102	31450,000	25,000	137,68	139,02	276,70	6917,513	219451,538	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P103	31475,000	25,000	145,98	148,69	294,67	7366,734	226818,273	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P104	31500,000	25,000	134,32	143,60	277,92	6948,026	233766,299	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P105	31525,000	25,000	74,15	90,29	164,45	4111,130	237877,429	0,00	0,00	0,00	0,000	117480,559
P106	31550,000	25,000	1,19	17,23	18,42	460,563	238337,993	0,78	0,62	1,40	34,992	117515,551
P107	31575,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	238337,993	40,00	36,90	76,91	1922,645	119438,196
P108	31600,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	238337,993	68,15	62,06	130,21	3255,340	122693,537
P109	31625,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	238337,993	85,70	95,86	181,56	4538,995	127232,532
P110	31650,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	238337,993	75,24	91,76	167,00	4174,910	131407,442
P111	31675,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	238337,993	69,55	80,18	149,73	3743,291	135150,733
P112	31700,000	23,510	0,00	0,00	0,00	0,000	238337,993	60,76	73,95	134,72	3167,194	138317,927
P113	31722,020	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	238337,993	52,49	64,01	116,50	1456,256	139774,183
P114	31725,000	13,990	0,00	0,00	0,00	0,000	238337,993	52,09	63,17	115,27	1612,555	141386,739
P115	31750,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	238337,993	30,67	53,01	83,68	2092,105	143478,844
P116	31775,000	25,000	4,54	0,00	4,54	113,430	238451,423	4,49	25,40	29,89	747,216	144226,060
P117	31800,000	25,000	41,26	9,32	50,58	1264,583	239716,005	0,00	0,31	0,31	7,859	144233,919
P118	31825,000	25,000	77,18	39,98	117,16	2929,021	242645,027	0,00	0,00	0,00	0,000	144233,919
P119	31850,000	25,000	101,98	66,00	167,98	4199,441	246844,468	0,00	0,00	0,00	0,000	144233,919
P120	31875,000	25,000	126,08	78,73	204,81	5120,184	251964,652	0,00	0,00	0,00	0,000	144233,919
P121	31900,000	25,000	106,61	67,54	174,15	4353,818	256318,470	0,00	0,00	0,00	0,000	144233,919
P122	31925,000	25,000	22,75	9,62	32,37	809,298	257127,768	0,00	0,00	0,00	0,000	144233,919
P123	31950,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	257127,768	40,53	48,20	88,73	2218,348	146452,267
P124	31975,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	257127,768	80,49	85,94	166,42	4160,600	150612,867
P125	32000,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	257127,768	87,88	94,77	182,66	4566,390	155179,257
P126	32025,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	257127,768	76,69	92,63	169,32	4232,999	159412,256
P127	32050,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	257127,768	60,71	86,02	146,73	3668,260	163080,516
P128	32075,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	257127,768	42,44	65,98	108,42	2710,393	165790,909
P129	32100,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	257127,768	29,80	49,65	79,45	1986,217	167777,126
P130	32125,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	257127,768	23,90	42,93	66,82	1670,610	169447,736
P131	32150,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	257127,768	15,96	33,49	49,44	1236,107	170683,843
P132	32175,000	25,000	0,60	0,00	0,60	15,031	257142,799	5,30	21,23	26,54	663,412	171347,255
P133	32200,000	25,000	3,39	0,00	3,39	84,838	257227,637	3,48	19,28	22,75	568,831	171916,085
P134	32225,000	25,000	4,40	0,00	4,40	109,885	257337,522	3,57	21,41	24,98	624,603	172540,689
P135	32250,000	25,000	5,04	0,00	5,04	125,956	257463,478	2,94	20,51	23,46	586,466	173127,154
P136	32275,000	25,000	2,60	0,00	2,60	65,105	257528,583	3,70	14,86	18,55	463,854	173591,008
P137	32300,000	12,808	17,41	1,72	19,12	244,927	257773,509	0,00	6,48	6,48	83,019	173674,027
P138	32300,615	0,308	17,43	1,73	19,16	5,894	257779,403	0,00	6,38	6,38	1,962	173675,989

Tableau II.III.12: Cubatures approchées de la ‘variante 01’.

- **Volume de déblai total :** 257779,403 m³.
- **Volume de remblai total :** 173675,989 m³.
- **Excès de déblai :** 84103,414m³.

II.2.2. Etude de la variante 2 :

II.2.2.1 les coordonnées des sommets :

	X	Y
A	266778,92	3979058,77
S1	268070,08	3979229,13
S2	268944,68	3980040,10
B	269672,39	3980544,77

Tableau II.III.13 : les coordonnées des sommets de l'axe de "variante 2"

II.2.2.2 Calcul de gisements et des angles au centre :

Points	dx	dy	gisement	Distance	Bitam
A-S1	1291,16	170,36	82,48	1302,35	/
S1S2	874,60	810,97	47,16	1192,73	35,32
S2-B	727,71	504,67	55,26	885,58	8,1

Tableau II.III.14 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante 02".

II.2.2.3 Environnement de la route :

A)- Dénivelée moyenne cumulée « H/L » :

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Point d'axe			DH
			X	Y	Z	
P1	29000,000	12,500	266777,586	3978988,652	234,141	0,000
P2	29025,000	25,000	266801,759	3978995,028	235,593	1,452
P3	29050,000	25,000	266825,933	3979001,403	237,044	1,452
P4	29075,000	25,000	266850,106	3979007,778	238,496	1,452
P5	29100,000	25,000	266874,280	3979014,154	239,948	1,452
P6	29125,000	25,000	266898,453	3979020,529	241,399	1,452
P7	29150,000	25,000	266922,627	3979026,905	242,851	1,452
P8	29175,000	25,000	266946,800	3979033,280	244,303	1,452
P9	29200,000	25,000	266970,973	3979039,655	245,754	1,452
P10	29225,000	25,000	266995,147	3979046,031	247,206	1,452

P11	29250,000	25,000	267019,320	3979052,406	248,658	1,452
P12	29275,000	25,000	267043,494	3979058,782	250,109	1,452
P13	29300,000	25,000	267067,667	3979065,157	251,561	1,452
P14	29325,000	25,000	267091,840	3979071,532	253,013	1,452
P15	29350,000	25,000	267116,014	3979077,908	254,464	1,452
P16	29375,000	25,000	267140,187	3979084,283	255,916	1,452
P17	29400,000	25,000	267164,361	3979090,658	257,368	1,452
P18	29425,000	25,000	267188,534	3979097,034	258,819	1,452
P19	29450,000	25,000	267212,708	3979103,409	260,271	1,452
P20	29475,000	25,000	267236,881	3979109,785	261,723	1,452
P21	29500,000	25,000	267261,054	3979116,160	263,174	1,452
P22	29525,000	25,000	267285,228	3979122,535	264,626	1,452
P23	29550,000	25,000	267309,401	3979128,911	266,078	1,452
P24	29575,000	25,000	267333,575	3979135,286	267,529	1,452
P25	29600,000	25,000	267357,748	3979141,662	268,981	1,452
P26	29625,000	25,000	267381,922	3979148,037	270,433	1,452
P27	29650,000	25,000	267406,095	3979154,412	271,884	1,452
P28	29675,000	25,000	267430,268	3979160,788	273,336	1,452
P29	29700,000	25,000	267454,442	3979167,163	274,788	1,452
P30	29725,000	25,000	267478,615	3979173,539	276,239	1,452
P31	29750,000	25,000	267502,789	3979179,914	277,691	1,452
P32	29775,000	25,000	267526,962	3979186,289	279,143	1,452
P33	29800,000	25,000	267551,136	3979192,665	280,594	1,452
P34	29825,000	25,000	267575,309	3979199,040	282,046	1,452
P35	29850,000	25,000	267599,482	3979205,415	283,498	1,452
P36	29875,000	25,000	267623,656	3979211,791	284,950	1,452
P37	29900,000	25,000	267647,829	3979218,166	286,401	1,452
P38	29925,000	25,000	267672,003	3979224,542	287,853	1,452
P39	29950,000	25,000	267696,176	3979230,917	289,305	1,452
P40	29975,000	25,000	267720,350	3979237,292	290,756	1,452
P41	30000,000	25,000	267744,523	3979243,668	292,208	1,452
P42	30025,000	25,000	267768,696	3979250,043	293,660	1,452
P43	30050,000	25,000	267792,870	3979256,419	295,111	1,452

P44	30075,000	25,000	267817,043	3979262,794	296,563	1,452
P45	30100,000	25,000	267841,217	3979269,169	298,015	1,452
P46	30125,000	25,000	267865,390	3979275,545	299,466	1,452
P47	30150,000	25,000	267889,563	3979281,920	300,918	1,452
P48	30175,000	25,000	267913,737	3979288,295	302,370	1,452
P49	30200,000	25,000	267937,910	3979294,671	303,821	1,452
P50	30225,000	13,374	267962,084	3979301,046	305,273	1,452
P51	30226,747	12,500	267963,773	3979301,492	305,374	0,101
P52	30250,000	24,126	267986,186	3979307,683	306,725	1,350
P53	30275,000	25,000	268010,116	3979314,918	308,176	1,452
P54	30300,000	25,000	268033,857	3979322,749	309,628	1,452
P55	30325,000	25,000	268057,395	3979331,171	311,080	1,452
P56	30350,000	25,000	268080,715	3979340,179	312,531	1,452
P57	30375,000	25,000	268103,802	3979349,767	313,983	1,452
P58	30400,000	25,000	268126,643	3979359,929	315,435	1,452
P59	30425,000	25,000	268149,223	3979370,659	316,886	1,452
P60	30450,000	25,000	268171,527	3979381,950	318,317	1,430
P61	30475,000	25,000	268193,542	3979393,795	319,705	1,388
P62	30500,000	25,000	268215,254	3979406,187	321,051	1,346
P63	30525,000	25,000	268236,650	3979419,117	322,356	1,305
P64	30550,000	25,000	268257,715	3979432,579	323,619	1,263
P65	30575,000	25,000	268278,438	3979446,562	324,840	1,221
P66	30600,000	20,519	268298,804	3979461,060	326,019	1,179
P67	30616,038	12,500	268311,677	3979470,626	326,753	0,734
P68	30625,000	16,981	268318,826	3979476,030	327,156	0,403
P69	30650,000	25,000	268338,771	3979491,103	328,252	1,096
P70	30675,000	25,000	268358,716	3979506,176	329,306	1,054
P71	30700,000	25,000	268378,662	3979521,248	330,318	1,012
P72	30725,000	25,000	268398,607	3979536,321	331,288	0,970
P73	30750,000	25,000	268418,552	3979551,394	332,216	0,928
P74	30775,000	25,000	268438,497	3979566,467	333,103	0,887
P75	30800,000	25,000	268458,442	3979581,540	333,948	0,845
P76	30825,000	25,000	268478,387	3979596,613	334,751	0,803

P77	30850,000	25,000	268498,332	3979611,686	335,513	0,762
P78	30875,000	25,000	268518,277	3979626,759	336,233	0,720
P79	30900,000	25,000	268538,222	3979641,832	336,911	0,678
P80	30925,000	25,000	268558,167	3979656,905	337,547	0,636
P81	30950,000	25,000	268578,112	3979671,978	338,148	0,601
P82	30975,000	25,000	268598,057	3979687,051	338,745	0,597
P83	31000,000	25,000	268618,002	3979702,124	339,341	0,597
P84	31025,000	25,000	268637,947	3979717,197	339,938	0,597
P85	31050,000	25,000	268657,892	3979732,270	340,535	0,597
P86	31075,000	25,000	268677,837	3979747,343	341,132	0,597
P87	31100,000	25,000	268697,782	3979762,416	341,728	0,597
P88	31125,000	25,000	268717,728	3979777,489	342,325	0,597
P89	31150,000	25,000	268737,673	3979792,562	342,922	0,597
P90	31175,000	25,000	268757,618	3979807,635	343,518	0,597
P91	31200,000	25,000	268777,563	3979822,708	344,115	0,597
P92	31225,000	25,000	268797,508	3979837,781	344,712	0,597
P93	31250,000	25,000	268817,453	3979852,854	345,309	0,597
P94	31275,000	25,000	268837,398	3979867,927	345,905	0,597
P95	31300,000	25,000	268857,343	3979883,000	346,502	0,597
P96	31325,000	25,000	268877,288	3979898,073	347,099	0,597
P97	31350,000	25,000	268897,233	3979913,146	347,695	0,597
P98	31375,000	25,000	268917,178	3979928,219	348,292	0,597
P99	31400,000	25,000	268937,123	3979943,292	348,889	0,597
P100	31425,000	24,449	268957,068	3979958,365	349,486	0,597
P101	31448,899	12,500	268976,135	3979972,774	350,056	0,570
P102	31450,000	13,051	268977,013	3979973,438	350,082	0,026
P103	31475,000	25,000	268996,820	3979988,691	350,679	0,597
P104	31500,000	25,000	269016,371	3980004,272	351,276	0,597
P105	31525,000	25,000	269035,659	3980020,177	351,872	0,597
P106	31550,000	25,000	269054,679	3980036,401	352,469	0,597
P107	31575,000	18,586	269073,426	3980052,939	353,034	0,565
P108	31587,171	12,500	269082,453	3980061,104	353,287	0,252
P109	31600,000	18,914	269091,932	3980069,748	353,537	0,250

P110	31625,000	25,000	269110,405	3980086,593	353,976	0,440
P111	31650,000	25,000	269128,878	3980103,438	354,354	0,377
P112	31675,000	25,000	269147,351	3980120,283	354,669	0,315
P113	31700,000	25,000	269165,824	3980137,127	354,921	0,252
P114	31725,000	25,000	269184,297	3980153,972	355,111	0,190
P115	31750,000	25,000	269202,770	3980170,817	355,238	0,127
P116	31775,000	25,000	269221,243	3980187,662	355,303	0,065
P117	31800,000	25,000	269239,715	3980204,507	355,305	0,002
P118	31825,000	25,000	269258,188	3980221,352	355,245	-0,060
P119	31850,000	25,000	269276,661	3980238,197	355,122	-0,123
P120	31875,000	25,000	269295,134	3980255,042	354,937	-0,185
P121	31900,000	25,000	269313,607	3980271,887	354,689	-0,248
P122	31925,000	25,000	269332,080	3980288,732	354,379	-0,310
P123	31950,000	25,000	269350,553	3980305,577	354,007	-0,373
P124	31975,000	25,000	269369,026	3980322,422	353,573	-0,434
P125	32000,000	25,000	269387,499	3980339,267	353,120	-0,453
P126	32025,000	25,000	269405,971	3980356,112	352,667	-0,453
P127	32050,000	25,000	269424,444	3980372,957	352,214	-0,453
P128	32075,000	25,000	269442,917	3980389,802	351,761	-0,453
P129	32100,000	25,000	269461,390	3980406,647	351,307	-0,453
P130	32125,000	25,000	269479,863	3980423,492	350,854	-0,453
P131	32150,000	25,000	269498,336	3980440,337	350,401	-0,453
P132	32175,000	25,000	269516,809	3980457,182	349,948	-0,453
P133	32200,000	25,000	269535,282	3980474,026	349,495	-0,453
P134	32225,000	25,000	269553,755	3980490,871	349,042	-0,453
P135	32250,000	25,000	269572,227	3980507,716	348,589	-0,453
P136	32275,000	25,000	269590,700	3980524,561	348,136	-0,453
P137	32300,000	16,754	269609,173	3980541,406	347,683	-0,453
P138	32308,509	4,254	269615,460	3980547,139	347,529	-0,154
Somme		3308,509				113,388

Tableau II).III.15 : dénivelé de profil ‘variante 02’

- $\Sigma \Delta H = 113,388 \text{ m}$;

- Σ Distance = 3308,509 m ;

$$D_c = \frac{\Sigma \Delta H}{\Sigma \text{Distance}} = \frac{113,388}{3308,509} = 0,034271 \quad \Rightarrow \quad D_c = 3,4271\%$$

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

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
1	plat	$D_c < 1.5\%$
2	Plat mais inondable	$D_c = 1.5\%$
3	Terrain vallonné	$1.5\% < D_c \leq 4\%$
4	Terrain montagneux	$D_c > 4\%$

Tableau II.III.16: Classification de terrain et Dénivelée cumulée 'variante 02'

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

B)-Sinuosité :

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

Avec :

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

Donc $\sigma = 0$;

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

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

Tableau II).III.17 : Sinuosité 'variante 02'

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

Environnement de la route :

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

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

Tableau II.III.18 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité 'variante 02'

Dans notre cas, nous avons :

Terrain Vallonné
Sinuosité faible  Environnement E2

II.2.2.4 La vitesse de référence :

La vitesse est donc fonction de :

- La catégorie
- L'environnement

La catégorie de notre tronçon est **CAT1** et environnement **E2**

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

Tableau II.III.19 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40' variante 02'.

À partir du **tableau III.19**

La vitesse à considérer selon les normes est : $V_r = 80$ km/m

II.2.2.5 Stabilité en courbe :

✓ Tableau récapitulatif :

Vitesse réf	dmax	dmin	d=dmax-2%	Ft	f''
80 km/m	7%	2.5%	5%	0.11	0.06

▪ Détermination des rayons en plan :

❖ Le rayon horizontal minimal absolu (RHm) :

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

❖ Le rayon minimal normal (RHN) :

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

❖ Le rayon au devers minimal RHd :

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

❖ Le rayon non déversé RHnd :

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

1) 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

2) 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	1500
R2	2500

II.2.2.6 Détermination des éléments des raccordements circulaire :

Tableau des résultats

Virage	Tangente (m)	Bissectrice (m)	Flèche (m)	Développée (m)
1	477,5867	74,1947	70,6978	924,7285
2	176,9384	6,2536	24,9209	353,2878

Tableau II.III.20 : Eléments des raccordements circulaires "variante 2 "

- Longueur totale des alignements droits : Lad

$$Lad = AT1 + T'1T2 + T'2B$$

$$Lad = 824,771 + 538,201 + 708,636 \quad \Longrightarrow$$

$$Lad = 2071,608 \text{ m}$$

- Longueur totale des arcs de cercles : Lc

$$Lc = D1 + D2$$

$$Lc = 924,7285 + 353,2878 \quad \Longrightarrow$$

Lc= 1278,0163 m

- **Longueur totale du tronçon : LT**

LT = Lad + Lc

LT=2071,608m + 1278,0163



LT= 3349 ,6243 m

- **Pourcentage Alignement droit**

% alig_Droit = 62 %

- **Pourcentage Courbe**

% courbe= 38 %

II.2.2.7 Cubatures Approchées :

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Déblais (dans l'emprise de la ligne Projet)					Remblais (dans l'emprise de la ligne Projet)				
			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	29000,000	12,500	10,69	15,10	25,79	322,324	322,324	0,04	0,00	0,04	0,495	0,495
P2	29025,000	25,000	9,60	11,27	20,87	521,787	844,111	0,02	0,02	0,04	1,070	1,565
P3	29050,000	25,000	6,13	10,53	16,67	416,721	1260,832	0,44	0,02	0,46	11,570	13,134
P4	29075,000	25,000	0,00	3,20	3,20	80,056	1340,888	3,37	0,55	3,91	97,808	110,942
P5	29100,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1340,888	14,58	5,37	19,95	498,688	609,630
P6	29125,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1340,888	24,03	15,05	39,09	977,144	1586,775
P7	29150,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1340,888	35,61	25,19	60,81	1520,196	3106,970
P8	29175,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1340,888	45,56	32,84	78,40	1960,105	5067,076
P9	29200,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1340,888	53,83	39,59	93,42	2335,507	7402,582
P10	29225,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1340,888	54,27	39,33	93,60	2339,961	9742,543
P11	29250,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1340,888	42,37	27,21	69,58	1739,608	11482,151
P12	29275,000	25,000	0,00	0,08	0,08	1,897	1342,785	24,54	6,97	31,51	787,851	12270,002
P13	29300,000	25,000	0,92	15,88	16,80	420,088	1762,873	4,16	0,08	4,24	105,963	12375,965
P14	29325,000	25,000	13,60	37,44	51,04	1276,026	3038,899	0,38	0,00	0,38	9,414	12385,380
P15	29350,000	25,000	40,26	70,09	110,34	2758,583	5797,483	0,00	0,00	0,00	0,000	12385,380
P16	29375,000	25,000	57,22	80,77	137,98	3449,613	9247,096	0,00	0,00	0,00	0,000	12385,380
P17	29400,000	25,000	73,29	104,94	178,23	4455,804	13702,900	0,00	0,00	0,00	0,000	12385,380
P18	29425,000	25,000	33,72	115,20	148,92	3723,014	17425,913	1,77	0,00	1,77	44,292	12429,672
P19	29450,000	25,000	39,26	39,41	78,67	1966,690	19392,603	0,00	0,00	0,00	0,000	12429,672
P20	29475,000	25,000	143,06	100,08	243,13	6078,371	25470,974	0,00	0,00	0,00	0,000	12429,672
P21	29500,000	25,000	203,97	186,53	390,50	9762,607	35233,581	0,00	0,00	0,00	0,000	12429,672
P22	29525,000	25,000	202,77	204,20	406,97	10174,341	45407,922	0,00	0,00	0,00	0,000	12429,672
P23	29550,000	25,000	202,39	217,53	419,92	10497,910	55905,832	0,00	0,00	0,00	0,000	12429,672
P24	29575,000	25,000	182,88	206,69	389,57	9739,167	65644,999	0,00	0,00	0,00	0,000	12429,672
P25	29600,000	25,000	161,84	187,26	349,10	8727,437	74372,436	0,00	0,00	0,00	0,000	12429,672
P26	29625,000	25,000	134,94	165,28	300,22	7505,381	81877,816	0,00	0,00	0,00	0,000	12429,672
P27	29650,000	25,000	88,46	125,10	213,56	5338,965	87216,781	0,00	0,00	0,00	0,000	12429,672
P28	29675,000	25,000	31,90	75,68	107,58	2689,466	89906,247	0,00	0,00	0,00	0,019	12429,691
P29	29700,000	25,000	0,00	21,22	21,22	530,510	90436,757	22,87	0,17	23,05	576,233	13005,924
P30	29725,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	90436,757	23,46	51,11	74,57	1864,231	14870,155

P31	29750,000	25,000	20,50	33,13	53,63	1340,869	91777,627	0,00	0,00	0,00	0,000	14870,155
P32	29775,000	25,000	21,30	35,50	56,80	1420,011	93197,637	0,00	0,00	0,00	0,000	14870,155
P33	29800,000	25,000	8,17	32,19	40,36	1008,917	94206,555	2,31	0,00	2,31	57,873	14928,028
P34	29825,000	25,000	0,00	16,11	16,11	402,728	94609,282	23,39	0,21	23,60	589,940	15517,969
P35	29850,000	25,000	0,80	0,00	0,80	19,904	94629,186	6,42	23,83	30,25	756,275	16274,243
P36	29875,000	25,000	9,41	0,00	9,41	235,331	94864,518	0,25	9,96	10,22	255,435	16529,678
P37	29900,000	25,000	21,54	8,42	29,96	749,010	95613,528	0,00	0,00	0,00	0,000	16529,678
P38	29925,000	25,000	26,34	25,03	51,36	1284,074	96897,603	0,00	0,00	0,00	0,000	16529,678
P39	29950,000	25,000	38,47	38,40	76,87	1921,821	98819,423	0,00	0,00	0,00	0,000	16529,678
P40	29975,000	25,000	43,98	41,58	85,56	2138,923	100958,346	0,00	0,00	0,00	0,000	16529,678
P41	30000,000	25,000	60,35	44,64	104,99	2624,850	103583,196	0,00	0,00	0,00	0,000	16529,678
P42	30025,000	25,000	73,36	65,07	138,43	3460,776	107043,972	0,00	0,00	0,00	0,000	16529,678
P43	30050,000	25,000	85,41	79,93	165,34	4133,552	111177,524	0,00	0,00	0,00	0,000	16529,678
P44	30075,000	25,000	93,58	94,78	188,36	4708,992	115886,516	0,00	0,00	0,00	0,000	16529,678
P45	30100,000	25,000	105,02	106,84	211,86	5296,426	121182,942	0,00	0,00	0,00	0,000	16529,678
P46	30125,000	25,000	116,84	122,78	239,62	5990,561	127173,503	0,00	0,00	0,00	0,000	16529,678
P47	30150,000	25,000	128,91	134,34	263,25	6581,208	133754,711	0,00	0,00	0,00	0,000	16529,678
P48	30175,000	25,000	132,73	141,44	274,17	6854,306	140609,017	0,00	0,00	0,00	0,000	16529,678
P49	30200,000	25,000	132,57	144,41	276,98	6924,622	147533,639	0,00	0,00	0,00	0,000	16529,678
P50	30225,000	13,374	127,61	144,41	272,02	3637,841	151171,480	0,00	0,00	0,00	0,000	16529,678
P51	30226,747	12,500	127,14	144,19	271,33	3391,593	154563,073	0,00	0,00	0,00	0,000	16529,678
P52	30250,000	24,126	119,97	138,54	258,51	6236,827	160799,900	0,00	0,00	0,00	0,000	16529,678
P53	30275,000	25,000	98,27	122,58	220,85	5521,254	166321,154	0,00	0,00	0,00	0,000	16529,678
P54	30300,000	25,000	66,87	92,80	159,67	3991,842	170312,996	0,00	0,00	0,00	0,000	16529,678
P55	30325,000	25,000	37,75	69,84	107,59	2689,769	173002,765	0,00	0,00	0,00	0,000	16529,678
P56	30350,000	25,000	0,85	29,59	30,44	760,942	173763,707	9,16	0,01	9,17	229,149	16758,827
P57	30375,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	173763,707	32,79	12,91	45,70	1142,410	17901,237
P58	30400,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	173763,707	39,20	21,90	61,09	1527,306	19428,542
P59	30425,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	173763,707	25,16	16,87	42,03	1050,722	20479,265
P60	30450,000	25,000	3,46	4,03	7,49	187,252	173950,959	0,54	0,27	0,81	20,237	20499,502
P61	30475,000	25,000	36,52	36,60	73,12	1827,896	175778,855	0,00	0,00	0,00	0,000	20499,502
P62	30500,000	25,000	30,96	58,18	89,15	2228,670	178007,525	0,00	0,00	0,00	0,000	20499,502
P63	30525,000	25,000	35,64	55,26	90,90	2272,400	180279,925	0,00	0,00	0,00	0,000	20499,502
P64	30550,000	25,000	22,21	59,30	81,51	2037,813	182317,738	0,00	0,00	0,00	0,000	20499,502
P65	30575,000	25,000	5,69	36,13	41,82	1045,624	183363,362	1,19	0,00	1,19	29,707	20529,208
P66	30600,000	20,519	0,03	15,32	15,35	315,059	183678,421	9,32	0,16	9,48	194,438	20723,647
P67	30616,038	12,500	0,00	9,27	9,27	115,894	183794,315	8,96	0,41	9,37	117,129	20840,776
P68	30625,000	16,981	0,00	7,44	7,44	126,356	183920,671	8,39	1,41	9,80	166,479	21007,255
P69	30650,000	25,000	53,65	41,55	95,20	2380,033	186300,704	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P70	30675,000	25,000	43,09	36,19	79,28	1981,943	188282,647	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P71	30700,000	25,000	70,73	63,46	134,19	3354,785	191637,432	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P72	30725,000	25,000	97,47	105,15	202,62	5065,442	196702,874	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P73	30750,000	25,000	87,66	96,55	184,21	4605,227	201308,101	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P74	30775,000	25,000	109,65	116,25	225,90	5647,564	206955,665	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P75	30800,000	25,000	134,16	141,18	275,34	6883,475	213839,140	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P76	30825,000	25,000	137,60	153,11	290,71	7267,818	221106,957	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P77	30850,000	25,000	121,40	142,31	263,71	6592,833	227699,791	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P78	30875,000	25,000	110,24	126,63	236,87	5921,774	233621,565	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P79	30900,000	25,000	105,39	122,81	228,20	5704,954	239326,519	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P80	30925,000	25,000	100,20	119,78	219,99	5499,671	244826,190	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P81	30950,000	25,000	102,63	120,83	223,46	5586,427	250412,618	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P82	30975,000	25,000	104,67	119,68	224,36	5608,885	256021,503	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255

P83	31000,000	25,000	111,88	125,84	237,71	5942,804	261964,307	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P84	31025,000	25,000	119,46	131,38	250,84	6271,062	268235,369	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P85	31050,000	25,000	124,12	132,61	256,73	6418,352	274653,721	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P86	31075,000	25,000	138,63	146,68	285,31	7132,719	281786,440	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P87	31100,000	25,000	156,61	166,42	323,03	8075,758	289862,198	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P88	31125,000	25,000	177,71	190,63	368,34	9208,438	299070,637	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P89	31150,000	25,000	189,08	200,07	389,15	9728,834	308799,470	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P90	31175,000	25,000	184,32	194,62	378,94	9473,610	318273,080	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P91	31200,000	25,000	170,80	178,34	349,14	8728,482	327001,562	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P92	31225,000	25,000	161,97	168,37	330,34	8258,559	335260,122	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P93	31250,000	25,000	161,34	168,79	330,12	8253,104	343513,226	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P94	31275,000	25,000	153,62	162,57	316,19	7904,808	351418,034	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P95	31300,000	25,000	146,33	155,54	301,86	7546,568	358964,602	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P96	31325,000	25,000	136,06	143,18	279,24	6980,988	365945,590	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P97	31350,000	25,000	143,15	143,55	286,70	7167,517	373113,107	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P98	31375,000	25,000	148,17	149,74	297,91	7447,721	380560,828	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P99	31400,000	25,000	149,68	153,38	303,06	7576,563	388137,391	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P100	31425,000	24,449	148,87	155,18	304,05	7433,823	395571,213	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P101	31448,899	12,500	116,61	144,38	260,99	3262,399	398833,612	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P102	31450,000	13,051	114,74	142,57	257,31	3358,119	402191,731	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P103	31475,000	25,000	63,43	90,42	153,85	3846,178	406037,910	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P104	31500,000	25,000	31,15	40,73	71,88	1796,884	407834,794	0,00	0,00	0,00	0,000	21007,255
P105	31525,000	25,000	1,96	5,48	7,44	186,030	408020,824	1,34	0,34	1,69	42,136	21049,391
P106	31550,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	408020,824	22,89	23,30	46,19	1154,700	22204,091
P107	31575,000	18,586	0,00	0,00	0,00	0,000	408020,824	38,05	43,79	81,84	1521,148	23725,239
P108	31587,171	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	408020,824	36,46	44,55	81,01	1012,687	24737,926
P109	31600,000	18,914	0,00	0,00	0,00	0,000	408020,824	34,01	43,75	77,76	1470,783	26208,709
P110	31625,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	408020,824	29,77	38,94	68,72	1717,939	27926,649
P111	31650,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	408020,824	27,63	38,71	66,34	1658,572	29585,220
P112	31675,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	408020,824	15,89	28,95	44,83	1120,848	30706,068
P113	31700,000	25,000	2,33	0,00	2,33	58,300	408079,125	2,37	21,34	23,72	592,933	31299,001
P114	31725,000	25,000	17,84	1,03	18,86	471,516	408550,641	0,06	3,86	3,92	98,055	31397,056
P115	31750,000	25,000	45,47	21,23	66,70	1667,460	410218,100	0,00	0,00	0,00	0,000	31397,056
P116	31775,000	25,000	80,75	53,96	134,71	3367,841	413585,941	0,00	0,00	0,00	0,000	31397,056
P117	31800,000	25,000	103,58	77,24	180,82	4520,424	418106,365	0,00	0,00	0,00	0,000	31397,056
P118	31825,000	25,000	127,88	91,28	219,16	5479,051	423585,417	0,00	0,00	0,00	0,000	31397,056
P119	31850,000	25,000	140,60	102,20	242,80	6069,900	429655,317	0,00	0,00	0,00	0,000	31397,056
P120	31875,000	25,000	109,31	81,59	190,90	4772,566	434427,883	0,00	0,00	0,00	0,000	31397,056
P121	31900,000	25,000	37,26	30,50	67,76	1693,953	436121,836	0,00	0,00	0,00	0,000	31397,056
P122	31925,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	436121,836	14,72	12,87	27,60	689,920	32086,976
P123	31950,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	436121,836	43,29	39,75	83,04	2076,021	34162,996
P124	31975,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	436121,836	42,43	45,70	88,13	2203,252	36366,248
P125	32000,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	436121,836	40,77	49,25	90,02	2250,559	38616,807
P126	32025,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	436121,836	36,16	47,96	84,12	2102,914	40719,721
P127	32050,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	436121,836	20,43	41,24	61,67	1541,686	42261,407
P128	32075,000	25,000	2,59	0,00	2,59	64,689	436186,524	1,60	11,11	12,71	317,704	42579,111
P129	32100,000	25,000	13,55	2,05	15,61	390,125	436576,649	0,06	1,91	1,97	49,263	42628,374
P130	32125,000	25,000	22,33	8,05	30,37	759,323	437335,972	0,00	0,51	0,51	12,706	42641,080
P131	32150,000	25,000	31,37	16,20	47,56	1189,122	438525,094	0,00	0,00	0,00	0,000	42641,080
P132	32175,000	25,000	43,41	26,84	70,25	1756,309	440281,404	0,00	0,00	0,00	0,000	42641,080
P133	32200,000	25,000	36,00	24,13	60,13	1503,194	441784,598	0,00	0,00	0,00	0,000	42641,080
P134	32225,000	25,000	39,76	19,51	59,27	1481,830	443266,428	0,00	0,00	0,00	0,000	42641,080

P135	32250,000	25,000	41,42	34,80	76,22	1905,456	445171,884	0,00	0,00	0,00	0,000	42641,080
P136	32275,000	25,000	29,21	18,13	47,34	1183,535	446355,418	0,00	0,00	0,00	0,000	42641,080
P137	32300,000	16,754	22,90	7,82	30,72	514,626	446870,045	0,00	0,46	0,46	7,672	42648,752
P138	32308,509	4,254	21,64	5,67	27,31	116,203	446986,247	0,00	0,94	0,94	3,995	42652,747

Tableau II.II.21 : Cubatures approchées de la ‘variante 02 ’

✚ **Volume de déblai total : 460130,807 m³**

✚ **Volume de remblai total : 44399,781 m³**

✚ **Excès de déblai: 415731,026m³**

II-2-3 Le choix de la variante :

Pour le choix de la variante, on adresse un tableau comparatif des avantages et inconvénients des deux solutions étudiés.

Ce tableau tient compte plusieurs paramètres fort importants pour nous faciliter le choix de la variante qui répond aux conditions du projet.

Critères	Unité	Variante N°1	Variante N°2	V1	V2
Longueur totale de l’itinéraire	m	3212,6606	3349,62	+	-
Pourcentage Alignement Droit (de 40 à 80 %.)	%	75	62	-	+
Pourcentage courbe	%	25	38	-	+
Nombre de courbes	/	2	2	+	+
Quantité de déblai	m ³	257779,403	460130,807	+	-
Quantité de remblai	m ³	173675,989	44399,781	-	+
Déblai - Remblai	m ³	84103,414	415731,026	-	+
				3	5

Tableau II.II.22 : Comparaison entre les deux variantes

II. 2.4 Conclusion :

Après la comparaison entre les critères des deux variantes, on a opté pour la variante plus avantageuse qui est **la variante N°2** car elle présente plus d'avantages que deuxième variante (voir le tableau ci –dessus).

Chapitre 3

Profil en long

III. 1. Définition :

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 limite des déclivités suivant norme
- Un rayon de courbure minimum (condition de confort pour les angles rentrants et condition de visibilité pour les angles saillants).

III.2 La ligne 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 0.5%.

III.3 Règles à respecter dans le tracé 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 versants 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 règles 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.

III.4 Les éléments de composition du profil en long :

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

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

III.5 Coordination entre le tracé en plan et le profil en long :

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

III.6 Déclivité :

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 inférieure 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.

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

Tableau III.1: Valeur de déclivité maximal

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.

IV.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 :

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

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

➡ Dans notre cas $R_v \text{ min} = 0.3 V^2$

Tel que :

R_v : 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.

Le rayon de raccordement est donne 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'oeil (m).
- **h₁** : Hauteur de l'obstacle (m).

Dans le cas d'une route unidirectionnelle :

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

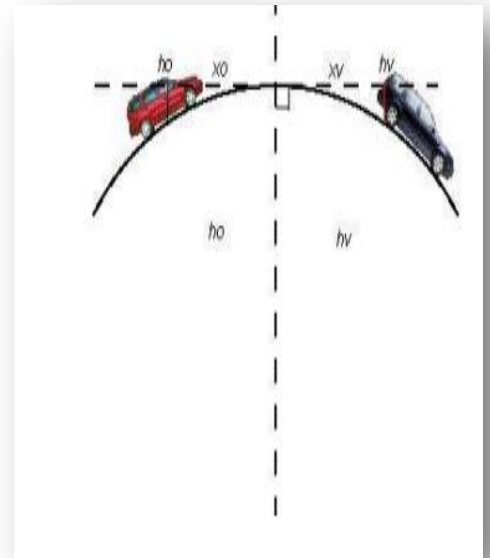
On trouve:

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

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 **$V_b = 80$ (Km/h)** et pour la catégorie **1-2** on a :

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	RVm1	2500
Min- normal	RVN1	6000
Dépassement	RVD	4500

Tableau III.2 Rayons convexes.



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 :

R_v' : rayon minimum du cercle de raccordement.

d_1 : 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 :

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

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

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

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

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	$R' V_m$	2400
Min -normal	$R' VN$	3000

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

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.

Rvmin : rayon vertical minimal.

IV. SELEMENTS NECESSAIRES 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

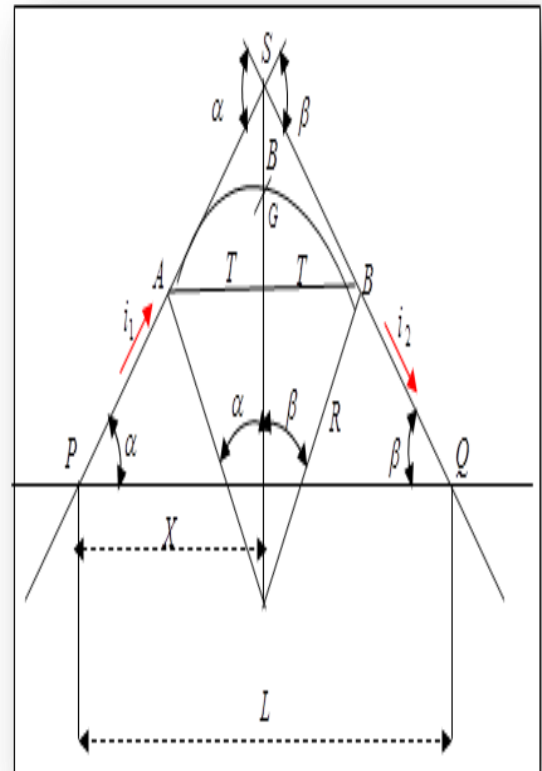


Figure II) III.1 Eléments du profil

en long

III.9 DETERMINATION PRATIQUES DU PROFIL EN LONG :

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

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

Pratiquement, le calcul des raccords 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.

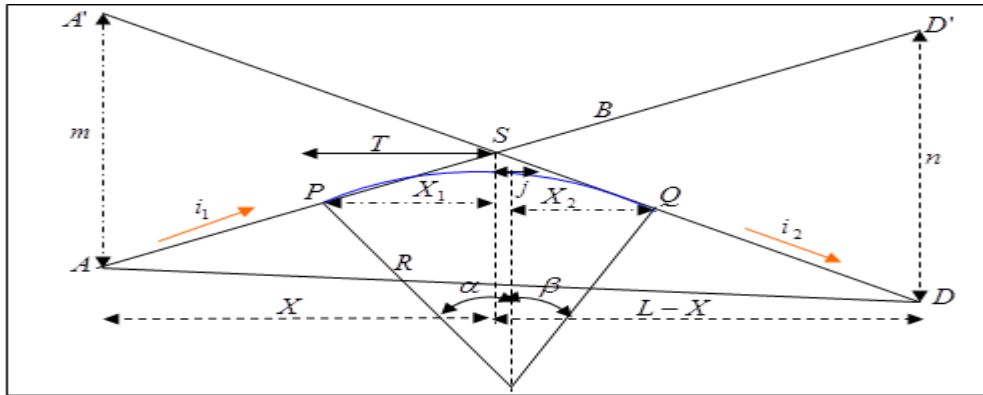


Figure II) III.2 pratiques du profil en long

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

On a:

$$Z_A = Z_{D'} + Lp_2m = Z_{A'} - Z_A$$

$$Z_D = Z_{A'} + Lp_1n = Z_D - Z_{D'}$$

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

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

$$S \quad \left\{ \begin{array}{l} XS = X + XA \\ ZS = p_1X + ZA \end{array} \right.$$

❖ **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:

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

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

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

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

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

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

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

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

❖ **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 :**

$$M \left\{ \begin{array}{l} HX = x^2/2R \\ ZM = ZB + X p_1 - X^2/2R \end{array} \right.$$

III.10 Application de projet :

Catégorie	C1
Environnement	E2
Vitesse (km/h)	80



Rayon en angle saillant RV 	Route unidirectionnelle :	(3×2 voies)
	Rvm1 (minimal absolu) en m	2500
	Rvn1 (minimal normal) en m	6000
Rayon en angle rentrant RV 	Route unidirectionnelle :	(3×2 voies)
	Rvm1 (minimal absolu) en m	2400
	Rvn1 (minimal normal) en m	3000
Déclivité maximale I_{max} (%)	6	

Tableau- III.3 .Caractéristique des rayons verticaux.

1. 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 ou les déclivités sont de même sens :

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

Exemple :

Pour R = 10000m

$$\left\{ \begin{array}{l} P = 7,480\% \\ P' = 4,754\% \end{array} \right. \longrightarrow \text{Déclivité de sens contraire}$$

$$T = T' = T = T' = \frac{10000}{2} |0,0748 - 0,0475|$$

T=136,3 m

2- Calcul de la flèche :

$$F = \frac{T^2}{2RV}$$

F = 0,928 m

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

Elément Sommet	P1 P2	Nature du rayon	Sens des pentes	Les rayons (m)	T (m)	F (m)
S1	7,480 4,754	rentrant	Mm sens	10000	136,3	0,928
S2	4,754 4,337	saillant	Mm sens	15000	62,55	0,130
S3	4,337 -5,752	rentrant	diff sens	5000	35,375	0,125

Tableau- III.4: les valeurs de tangente et la flèche

Chapitre 4

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-Définition 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.

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.

S_L : Corde (K_A – K_E).

σ : Angle polaire.

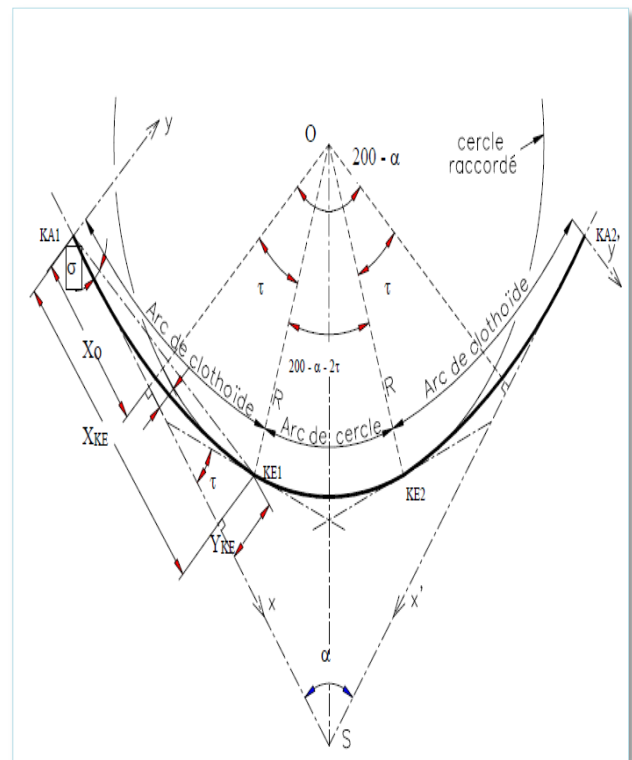


Figure IV.1 : les éléments de la clothoïde.

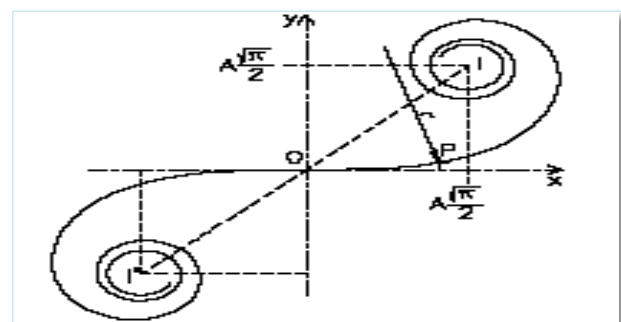


Figure IV.2 : la propriété de clothoïde.

IV.4 Propriétés 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.

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

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

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 $R > 5000\text{m} \Rightarrow \Delta R$ 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 ($\Delta d = d_{\text{final}} - d_{\text{init}}$)

IV.5.3 Condition de gauchissement :

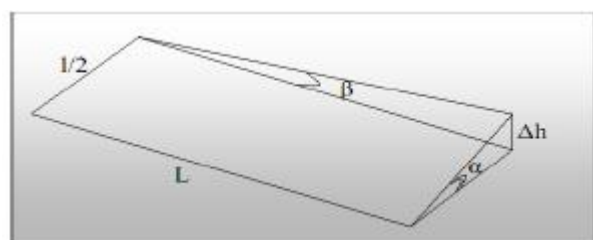
Elle se traduit par la limitation de la pente relative en profil en long du bord de la chaussée déversée.

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

L : Longueur de raccordement.

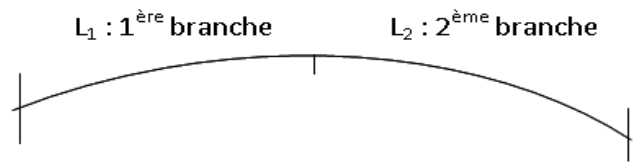
l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.



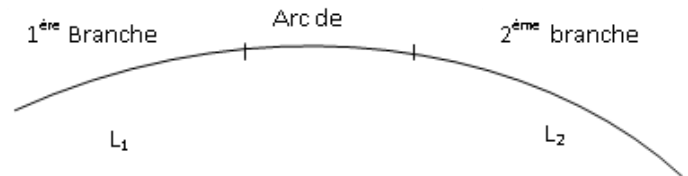
IV.5 .4 La Vérification de non chevauchement :

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



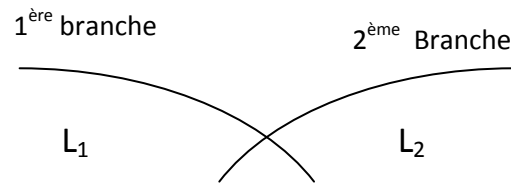
Clothoïde sans arc de cercle.

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 : **dmin = 2.5 %**

V.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 :

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

Tableau IV.1 : Devers.

V.6 .3. 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 $R_{HN} \leq R \leq R_{Hd}$, le dévers associé « d » est calculé par interpolation entre le dévers associé à R_{HN} et celui associé à R_{Hd} .

$$\frac{d(R) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{Hd}}} = \frac{d(R_{HN}) - d(R_{Hd})}{\frac{1}{R_{HN}} - \frac{1}{R_{Hd}}}$$

✚ 4ème cas :

Si $R_{Hm} < R < R_{HN}$, la route est déversée à l'intérieur du virage et « d » est calculé par interpolation linéaire en $1/R$.

$$\frac{d(R) - d(R_{HN})}{\frac{1}{R} - \frac{1}{R_{HN}}} = \frac{d(R_{Hm}) - d(R_{HN})}{\frac{1}{R_{Hm}} - \frac{1}{R_{HN}}}$$

Les rayons compris entre R_{Hd} et R_{HNd} sont au devers minimal mais des rayons supérieur à R_{HNd} 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

- R1 et R2 dans le **1er cas** : Le dévers associé « d » est celui de l'alignement droit.

Devers associé d(R)	
d(R1)	2,5 %
d(R2)	2,5 %

Rayons Choisis(m)	
R1	1500
R2	2500

IV.7.2 Calcul de la longueur de Clothilde et la vérification de non chevauchement :

Exemple pour R=1500 m :

a- Condition d'optique :

$$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \text{ Comme } R = 500 \text{ m} \leq 1500 \text{ m} \quad \Delta R = 1$$

$$L \geq \sqrt{24 \times 1500 \times 1} \quad L_1 \geq 189,7366$$

b- Condition de gauchissement :

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

- L = 32 m
- V_r = 80 Km/h

$$L_2 \geq 32 \times 0,075 \times 80 \quad L_2 \geq 192 \text{ m.}$$

b- Condition dynamique :

$$L_3 \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127 \cdot 1500} - 0,075 \right) \quad L_3 \geq 14,72 \text{ m}$$

$$L = \text{Max} (L_1, L_2, L_3) = 192 \text{ m.}$$

Conditions								
N° Virages	Optique	gauchissement	dynamique	Non Chevauchement		Lmax (m)	L choisie (m)	Remarques
	L1	L2	L3	τ (g)	$\beta/2$ (gr)			
1	189,7366	192	14,72	0,038	17,66	277,77	194	P.de che
2	277,7777	192	19,49	0,056	4,05	277,77	280	P.de che

Tableau V.1: Longueur de la clothoïde.

IV.7.2 : Calcul des paramètres des deux clothoïde :

Paramètre de la clothoïde		Virage1	Virage2
R	Rayon (m)	1500	2500
L	Longueur de la clothoïde (m)	194	280
$A = \sqrt{R.L}$	Paramètre de la clothoïde (m)	539,44	836,66
$\alpha = 200 - \beta$	Angle au sommet (gr)	164,68	191,9
$\beta = 200 - \alpha$	Angle au centre (gr)	35,32	8,1
$\tau = L/2.R$	Angle des tangentes (gr)	0,0388	0,056
$\gamma = 200 - \alpha - 2\tau$	Angle au centre Partie circulaire (gr)	35,2424	7,988
$X_{KE} = L - (L^3/40.R^2)$	Abscisse de l'extrémité de la clothoïde.	193,9188	279,9121
$Y_{KE} = L^2/6.R$	Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde.	4,1817	5,2266
$\Theta = \arctg(Y_{KE}/X_{KE})$	Angle Polaire (gr)	1,3726	1,1885
$L_{cercle} = \pi.R.\Theta/200$	Long, de la partie circulaire (m)	32,34	46,6722
$SL = \sqrt{(X_{KE}^2 + Y_{KE}^2)}$	Longueur de la corde KA-KE (m)	193,9638	279,9608
$X_o = X_{KE} - R.\sin \tau$	Abscisse du centre (m)	193,0234	139,9121
$Y_o = Y_{KE} + R.\cos \tau$	Ordonnées du centre (m)	1504,18	2505,2254
KA-O	Distance Ka-cente (m)	1516,5142	2509,1292
$\Delta R = L^2/24.R$	Ripage (m)	1,045	1,300
$D_{cercle} = \pi R \gamma / 200$	Développée de cercle	830,3794	313,6880

$DT=2L + D_{\text{cercle}}$	Développée totale (m)	1218,3794	873,688
$TK= YKE/ \sin \tau$	Tangente longue (m)	6861,21	5347,5387
$TL= XKE-(YKE/\cos\tau)$	Tangente courte (m)	189,7370	186,5906
Bissectrice	Bissectrice (m)	11,99	

Tableau IV.2: Paramètres de clothoïde.

Chapitre 5

Etude Du Trafic

V.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.

V.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.

V.3 Mesure des trafics :

Cette mesure est réalisée par différents procédés complémentaires :

- Les comptages : sont permis de quantifier le trafic.
- Les enquêtes : sont permis 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.

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.

b) Enquêtes simplifiées :

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

c) Enquêtes complètes :

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

V.4 DIFFERENTS TYPES DE TRAFIC :

V.4.1 Trafic normal :

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

V.4.2 Trafic dévie :

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

V.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 antérieure en tous s'effectuaient vers d'autres des tinations.

V.4.4 Trafic total :

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

V.5 Calcul de la capacité :

V.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.

V.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.

V.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 :

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

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.

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

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

V.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 :

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

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

V.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 :

$$Q_{\text{adm}} = K_1 + K_2 \times C_{th} \text{ (uvp/h)}$$

Avec :

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

Cth : capacité effective par oie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

• **Valeur de K1 :**

Environnement	E1	E2	E3
K ₁	0.75	0.85	0.90-0.95

TableauII) V.2 : Coefficient « K1 »

- Valeurs de 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 II)V.3: Coefficient « K2»

	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

Tableau II) V.4 : valeurs de *Cth* capacité théorique du profil en travers en régime stable

V.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.

V.6.Application de projet :

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

- Le trafic à l'année de compactage 2012 $TJMA_{2012} = 12500$ v/j
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 7\%$

- La vitesse de base sur le tracé $V_b = 80$ km/h
- Le pourcentage moyen de poids lourds $Z = 25$ %
- $n = 4$ ans (étude + réalisation)
- L'année de mise en service sera en **2016**
- Environnement E2 – Catégorie C1
- La durée de vie estimée de **20 ans**
- Coefficient d'équivalence pour le poids lourd : $p=4$

V.6.1 Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2016)

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

Avec :

T_n : trafic à l'horizon (année de mise en service 2016)

T_0 : trafic à l'année zéro (origine 2012)

$$TMJA_{2016} = 12500(1+0.07)^4 = 16385 \text{ v/j}$$

Donc : $T_1 = 16385 \text{ v/j}$

Trafic à l'année horizon (2036) pour une durée de vie de 20 Ans :

$$TMJA_{2036} = 16385(1+0,07)^{20} = 63405 \text{ v/j}$$

Donc : 63405 v/j

V.6.2 Calcul du trafic effectif :

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

Avec :

- P : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds pour une route à deux voies et un environnement E2 on a $P=4$.
- Z: le pourcentage de poids lourds est égal à 25 %.

$$T_{\text{eff}} = [(1-0.25) + (4 \times 0.25)] \times 63405 = 110958,75 \text{ uvp/j}$$

Donc : $T_{\text{eff}} = 110958,75 \text{ v/j}$

V.6.3 Débit de pointe horaire normal :

➤ Année de mise en service :

$$Q \text{ (uvp/h)} = 0,12 \times 110958,75 = 13315,05 \text{ uvp/h}$$

V.6.4 La capacité admissible :

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

Avec :

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

K2 : coefficient correcteur pris égale à 1 pour E2.

Cth : capacité théorique pris égale à 3200 uvp/h pour route à 3 voies de 3,5 m

$$Q_{adm} = 0,85 \times 0,99 \times 3200$$

Donc : **Q adm = 2692,8 uvp/j**

V.6.5 : Le nombre des voies :

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

$$N = \left(\frac{2}{3} \right) \times \left(\frac{13315,05}{2692,8} \right) = 3.29 \text{ Donc : } N = 3 \text{ voies /sens}$$

Les résultats de calculs sont récapitulés dans le tableau suivant :

TableauII) V.5 : résultats du calcul de trafic

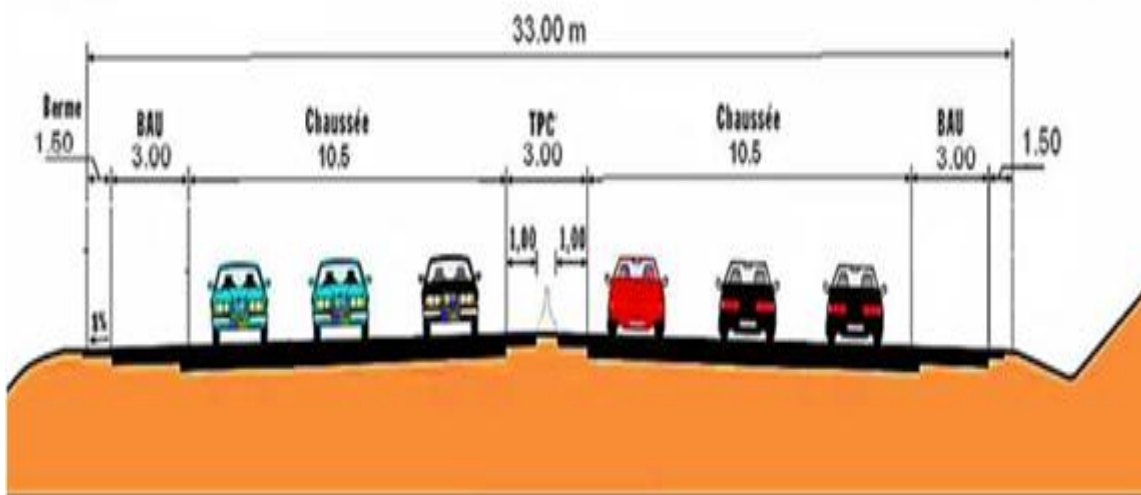
TJMA₂₀₁₂ (v/j)	TJMA₂₀₁₆ (v/j)	TJMA₂₀₃₆ (v/j) <i>T_{eff}</i>	T_{eff 2036} (uvp/j)	Q (uvp/h)	N
12500	16385	<u>63405</u>	110958,75	13315,05	3

TableauII) V.5 : résultats du calcul de trafic

V.7 Conclusion :

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

Deux Chaussée unidirectionnelle à trois voies de 3,50 m de largeur séparée par un terre-plein central de 4 m et des accotements de 2,50 m.



Chapitre VI : Paramètres Cinématique

VI.1 Définition :

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

VI.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.

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

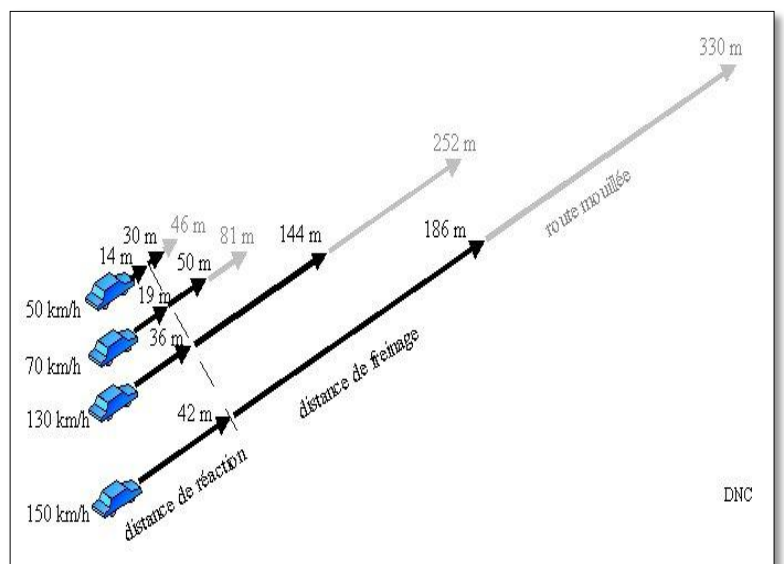


Figure VI.1. Distance de freinage

Avec :

V_r : vitesse de référence $V_r = 80$ Km/h.

i : déclivité.

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

	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	f_{l2}	0.49	0.46	0.43	0.40	0.36	/
	d_0	13	31	59	100	160	/

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

Pour notre projet on a :

{

Catégorie1

$$f\ell=0,39$$

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

❖ En alignement droit :

$$d_0 = 0.04 \times \frac{V_r^2}{g(f\ell)}$$

❖ En rampe :

$$d_0 = 0.04 \times \frac{V_r^2}{g(f\ell + i)}$$

❖ En pente :

$$d_0 = 0.04 \times \frac{V_r^2}{g(f\ell - i)}$$

VI.2 .1 Application :

❖ En alignement droit : $i = 0$;

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(f\ell \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0,39)} \implies d_0 = 65,64 \text{ m}$$

❖ En Rampe avec $i=7,480 \%$

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(f\ell \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0,39 + 0,0748)} \implies d_0 = 55,08 \text{ m}$$

❖ En Rampe avec : $i = 4,754\%$

$$d_0 = 0.04 \times \frac{V_r^2}{g(f\ell \pm i)} = 0.04 \times \frac{80^2}{10(0.39 + 0.04754)} \implies d_0 = 58,45 \text{ m}$$

❖ En Rampe avec $i= 4,337 \%$

$$d_0 = 0.04 \times \frac{V_r^2}{g(f\ell \pm i)} = 0.04 \times \frac{80^2}{10(0.39 + 0.04337)} \implies d_0 = 59,12 \text{ m}$$

❖ En Pente avec : $i = -5,752 \%$

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(f \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0,39 - 0,05752)} \implies d_0 = 77,11 \text{ m}$$

VII.3 Temps de perception et de réaction :

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

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 :

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

VI.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**

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

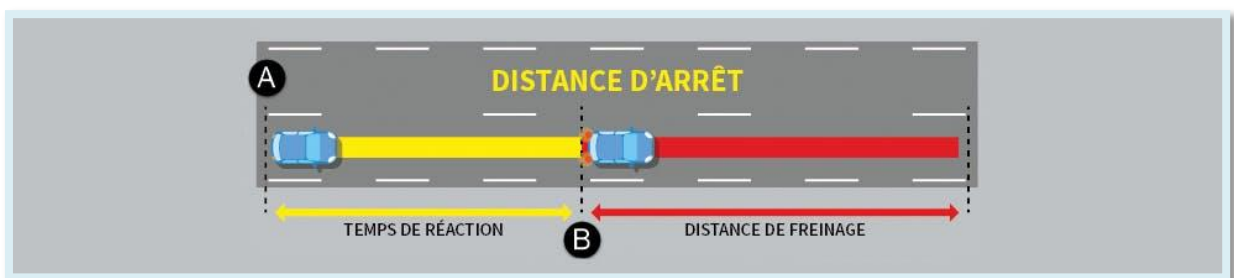


Figure VII.2: Temps de perception-réaction.

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 énergétique afin de ne pas perdre le contrôle du véhicule.

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

VI.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 $i = 7,480 \%$:**

$$d = 55,08 + (0.55 \times 80) = 99,08 \text{ m}$$

❖ **En Rampe avec : $i = 47,54\%$:**

$$d = 58,45 + (0.55 \times 80) = 102,45 \text{ m}$$

❖ **En Rampe avec $i = 4,337 \%$:**

$$d = 59,12 + (0.55 \times 80) = 103,12 \text{ m}$$

❖ **En pente avec : $i = -5,752 \%$**

$$d = 77,11 + (0.55 \times 80) = 121,11 \text{ m}$$

b- En courbe:

$$Vr = 80 \text{ Km/h} \quad t = 2 \text{ s} \Rightarrow d = 1.25 \times d_0 + 0.55 \times Vr$$

En palier :

$$d = (1,25 \times 65,64) + (0.55 \times 80) = 126,05 \text{ m}$$

❖ **En Rampe avec $i= 7,480 \%$:**

$$d = (1,25 \times 55,08) + (0,55 \times 80) = 112,85 \text{ m}$$

❖ **En Rampe avec : $i = 47,54\%$:**

$$d = (1,25 \times 58,45) + (0,55 \times 80) = 117,06 \text{ m}$$

❖ **En Rampe avec $i= 4,337\%$:**

$$d = (1,25 \times 59,12) + (0,55 \times 80) = 117,90 \text{ m}$$

❖ **En Pente avec : $i = -5,752 \%$:**

$$d = (1,25 \times 77,11) + (0,55 \times 80) = 140,39 \text{ m}$$

VI.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.

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

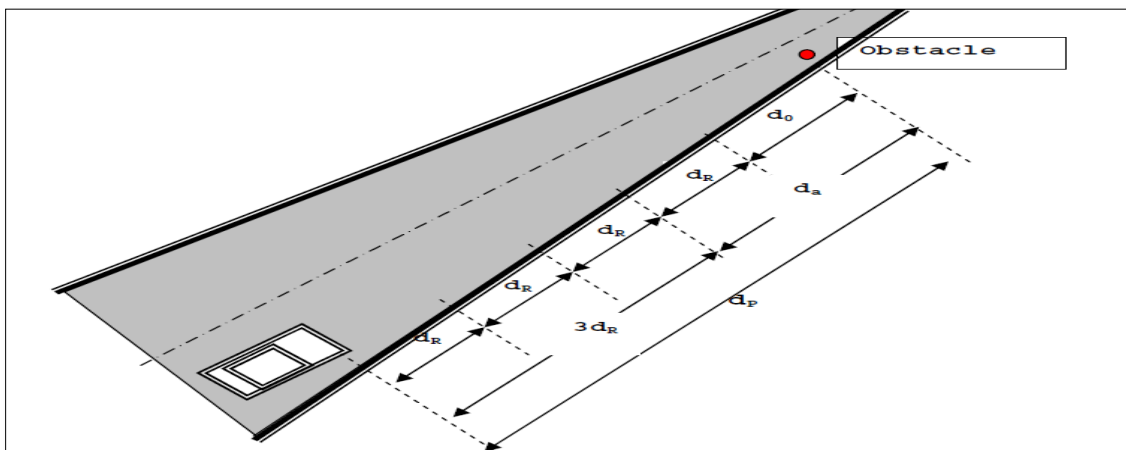


Figure VII.3 : Distance de perception

VI.5 .1 Application :

a-En alignement droit :

En palier: $d_p = 109,64 + (6/3,6) \times 80 = 242,93\text{m}$

En rampe: $d_p = 99,08 + (6/3,6) \times 80 = 232,41\text{m}$

En rampe: $d_p = 102,45 + (6/3,6) \times 80 = 235,78\text{m}$

En rampe: $d_p = 103,12 + (6/3,6) \times 80 = 236,45 \text{ m}$

En pente: $dp = 121,11 + (6/3,6) \times 80 = 254,44m$

b-En courbe :

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

En rampe $i=7.480$: $dp = 112,85 + (6/3,6) \times 80 = 246,18m$

En rampe $i=4.754$: $dp = 117,06 + (6/3,6) \times 80 = 250,39m$

En rampe $i=4.337$: $dp = 117,90 + (6/3,6) \times 80 = 251,23m$

En pente $i=-5.752$: $dp = 140,39 + (6/3,6) \times 80 = 273,72m$

	dp:Enalignement droit	dp: En courbe
En palier :	242,93	259,38
En pente avec $i= -0.6 \%$:	232,41	246,18
En Rampe avec : $i =$ 0.7%	235,78	250,39
En Rampe avec : $i =$ 0.5%	236,45	251,23
En pente avec $i=$ 1%	254,44	273,72

VI.6 Espacement entre deux véhicules :

Supposons que deux véhicules circulent dans le même sens sur la même voie et la même vitesse. Et Nus recherchons l'espacement entre les deux véhicules se telle Facon 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 de second véhicule un feux arrières 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 $t' = 0.75 s$

En pratique, on prend $t = 3 s$

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'espace supplémentaire de sécurité :

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

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

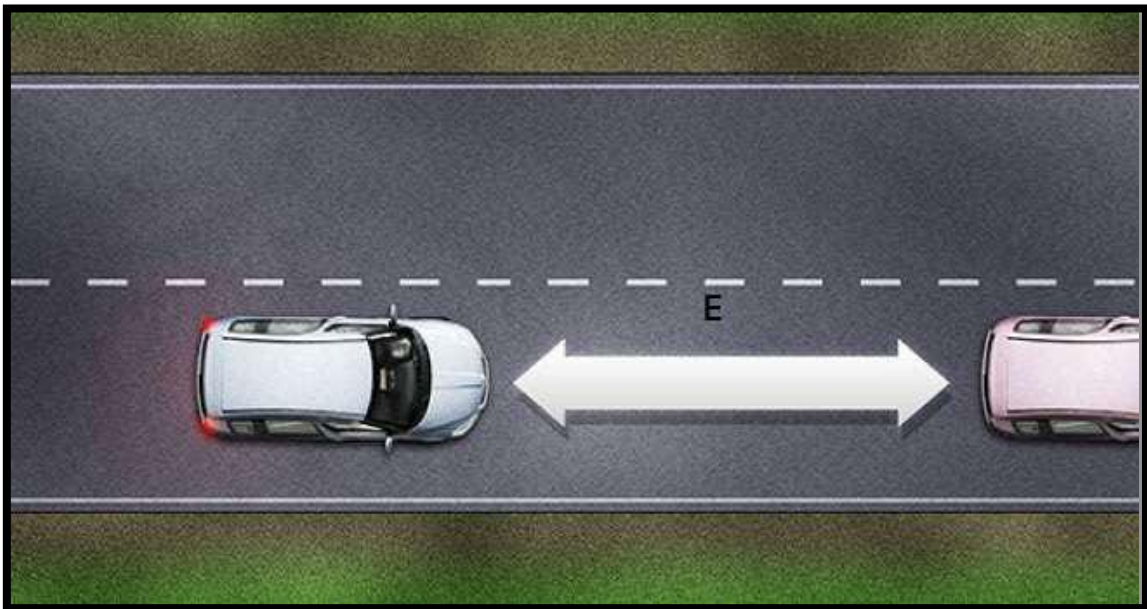
Avec :

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 Ts égale à 1,2 secondes.

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



FigureII) VI.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

➤ **1er Cas :**

$$E_s = \frac{V}{5} + l = \frac{80}{5} + 5 = 21\text{m}$$

➤ 2ème Cas :

$$E_s = \frac{V}{3} = \frac{80}{3} = 26,67 \text{ m}$$

VI.7 Distance de visibilité de dépassant 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.

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	/

TableauVI.2 : les différentes distances selon les normes B40

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

Application : Vr = 80 Km/h

dvdm = 320m

dvdN = 480 m

dmd = 200m

Chapitre VIII

Dimensionnement du corps de chaussée

VIII.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, verglas etc..... Pour cela il faudra non seulement assurer à la route de bonnes caractéristiques géométriques mais aussi de bonnes caractéristiques mécaniques lui permettant de résister à toutes 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 chaussée :

VIII.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.

VIII.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.

VIII.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.

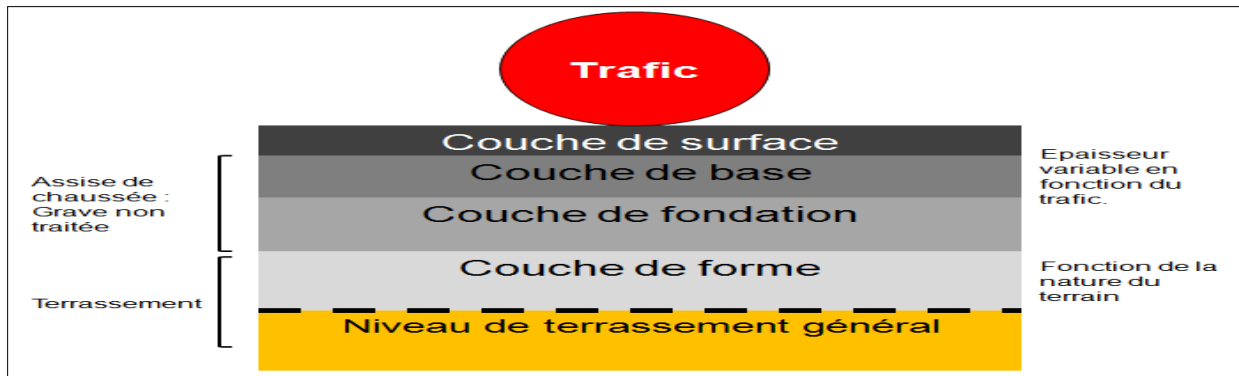


Figure VIII.1 : structure type d'une chaussée souple.

VIII.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.

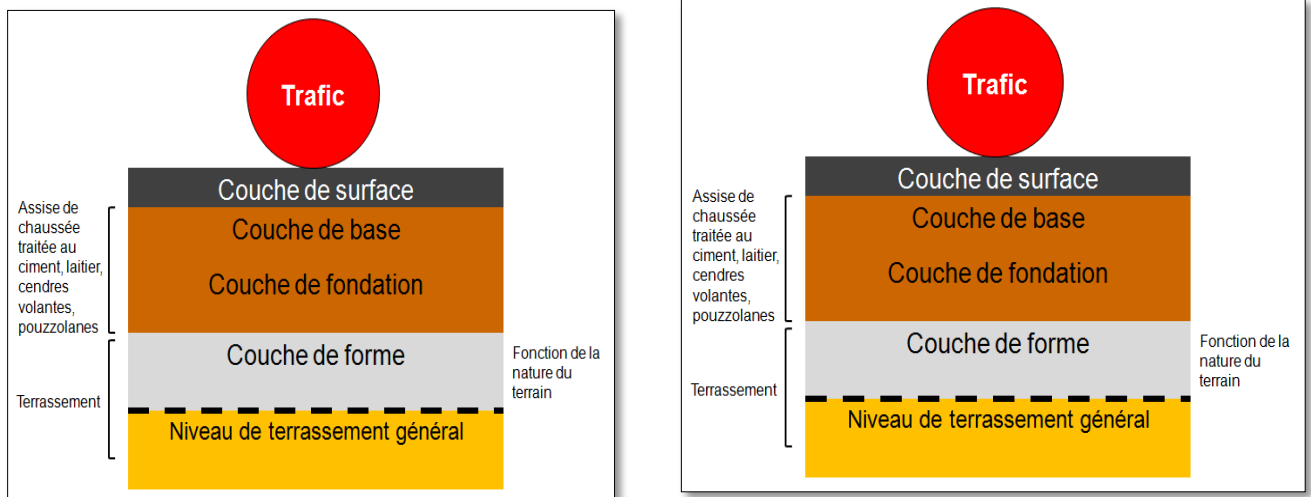


Figure VII.2 : structure type d'une chaussée semi-rigide.

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 stabilisé 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).

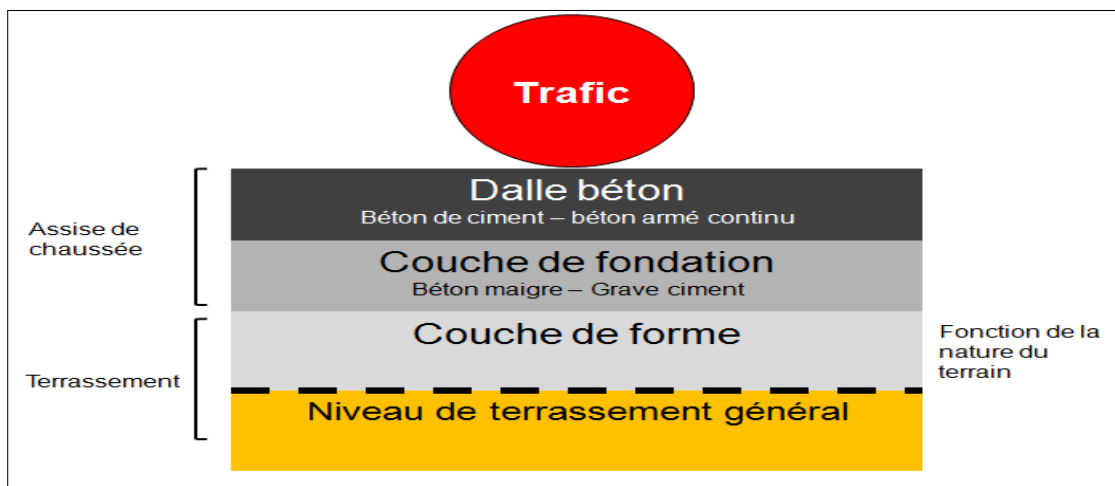


Figure VII.3 : structure type d'une chaussée rigide.

VII.3 Les Différents 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 3.5 tonnes) .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 comptages 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 .

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

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

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:

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

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

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 Méthodes 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:

$$e = \frac{100 + (\sqrt{P}) (75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5}$$

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 :

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.0
Grave ciment – grave laitier	1.50.
Grave bitume	1.20 à 1.70
Grave concassée ou gravier	1.00
Grave roulée – grave sableuse T.V.O	0.75
Sable ciment	1.00 à 1.20
Sable	0.50
Tuf	0.5 à 0.75

Tableau VII.3. Coefficient d'équivalence

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 :

1) Données de l'étude :

Chaussée unidirectionnelle à trois voies,

- ✚ Le trafic à l'année 2016 : $TJMA_{2016} = 16385$ v/j.
- ✚ Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 7\%$
- ✚ Le pourcentage moyen de poids lourds $Z = 25\%$
- ✚ La durée de vie estimée de 20 ans
- ✚ ICBR = 5 (ce sol appartient à la classe (S3))

2) Répartition de trafic :

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

$$TPL_{2016} = TMJA_{2016} * \% PL$$

$$TPL_{2016} = 16385 \times 0.25 = 4096 \text{ V/j}$$

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

$$TPL_{2036} = TPL_{2016} \times (1 + \tau)^{20}$$

$$TPL_{2036} = 4096 \times (1 + 0.07)^{20}$$

$$TPL_{2036} = 15851 \text{ VPL/j}$$

3) Calcul d'épaisseur:

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log \frac{15851}{10})}{3 + 5}$$

$e = 87 \text{ cm}$

4) Epaisseur équivalente :

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

- e_1 : épaisseur réelle de la couche de surface.
- e_2 : épaisseur réelle de la couche de base.
- e_3 : épaisseur réelle de la couche de fondation

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

$$70 = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche

$$\text{+ Couche de roulement en béton bitumineux (B.B) : } a_1 \times e_1 = 2 \times 8 = 16 \text{ cm}$$

$$\text{+ Couche de base en grave bitume (G.B) : } a_2 \times e_2 = 1.5 \times 12 = 18 \text{ cm}$$

$$\text{+ couche de fondation en Couche de fondation en Grave concassée GC : } e_3? \text{ et } a_3 = 1$$

$$e_3 = 35 \text{ cm} \quad \longrightarrow \quad a_3 \times e_3 = 1 \times 35 = 35 \text{ cm}$$

Après la vérification, la structure proposée est comme suit :

Les couches	Matériaux utilisés	Epaisseur réelle (cm)	Epaisseur équivalente (cm)
couche de roulement	BB	6	12
couche de base	GB	11	18.7
couche de fondation	GNT	25	25
couche d'assise (support)	TUF	32	19.2
	Somme	87	74.9

Tableau VII.4.: épaisseurs du corps de chaussée

Notre structure comporte : **8 BB + 12GB + 35 GC**

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

	6 BB
	11 GB
	25 GNT
	32 TUF

Figure VIII.4) : La structure de chaussée

Chapitre VIII

Profile En Travers

VIII.1 – Définition :

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).

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 surlargeurs 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 surlargeurs 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.

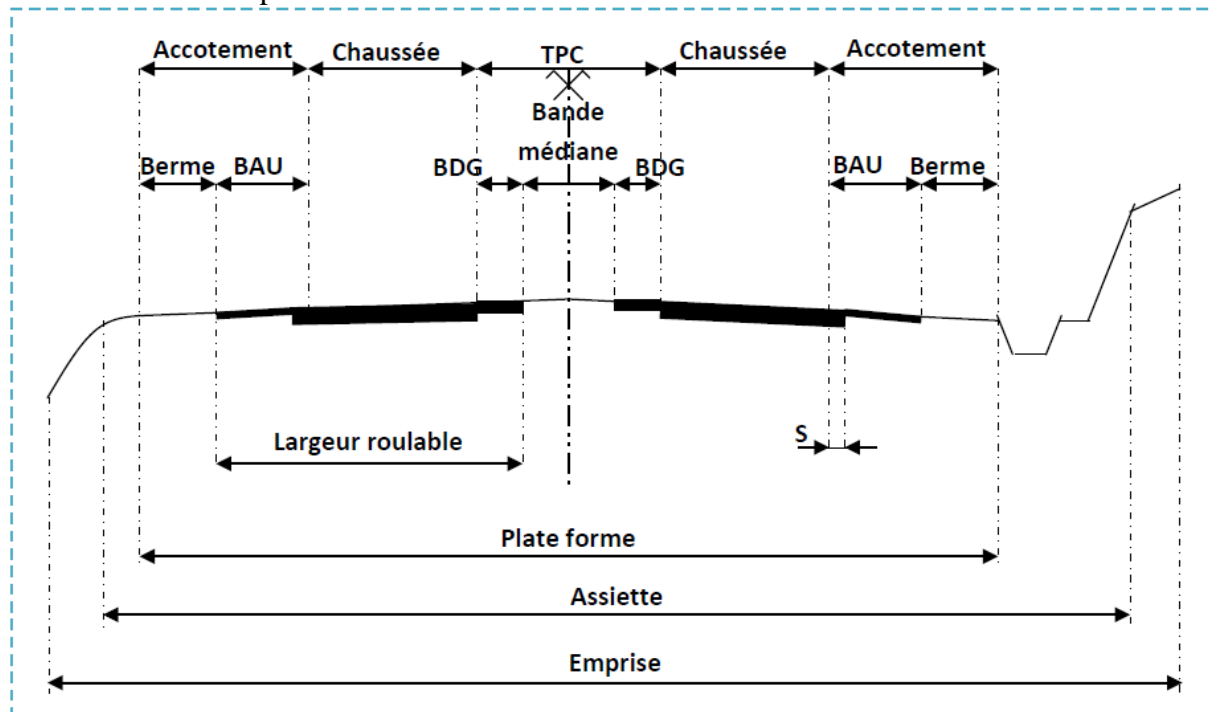


Figure VIII 1.: Les éléments constitutifs du profil en travers

VIII.4 Application au projet :

Après l'étude du trafic, le profil en travers type retenu pour notre route sera composé de Deux Chaussée unidirectionnelle à trois voies.

Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

✚ **Chaussée** : $3,50 \times 6 = 21$ m

✚ **Terre-plein central** : 4 m .

✚ **Accotement** : $3,5 \times 2 = 7$ m.

✚ **Plate-forme** : 32 m.

Figure VIII .2: Le profil en travers

Fossés bétonnés sur toute la longueur. La figure suivante montre le fossé avec les dimensions:

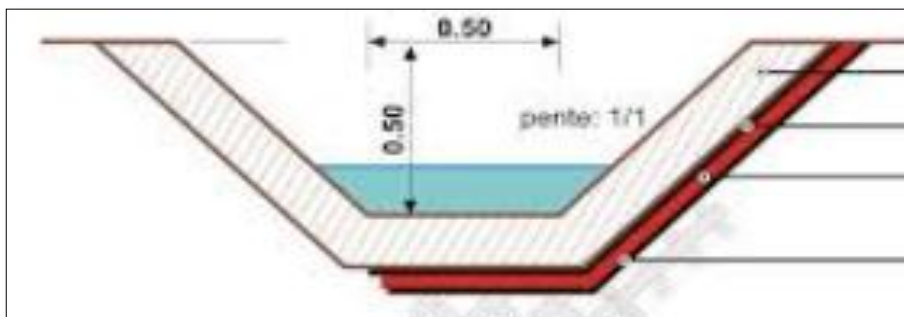


Figure VIII.3 : dimensions du fossé.

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.

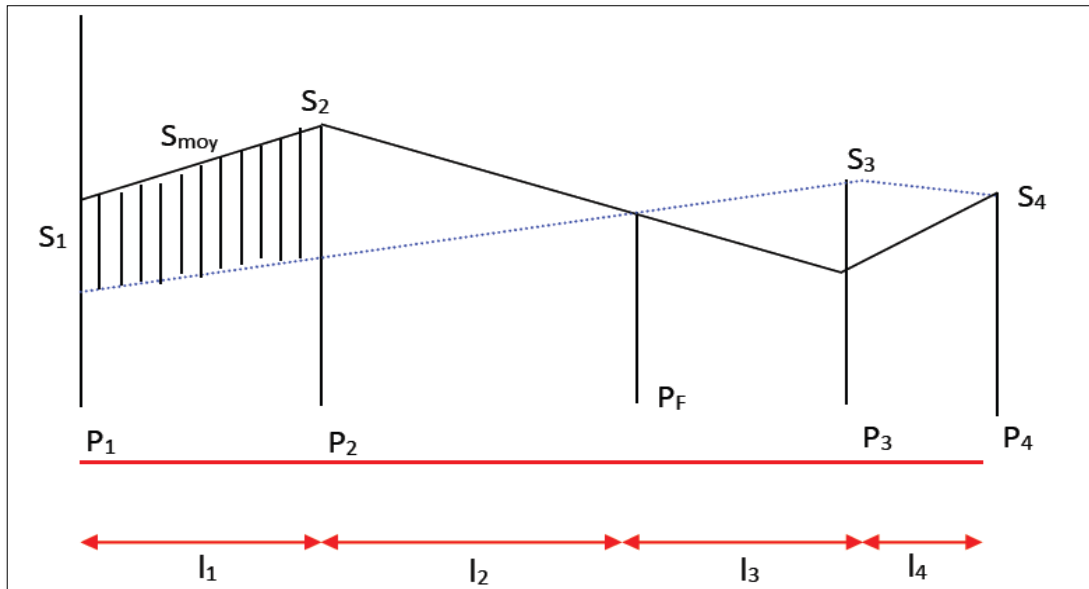


Figure X.1 : Schéma représentant la surface entre profil

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

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

Pour éviter un calcul très long, on simplifie cette formule en considérant comme très voisines

les deux expressions Smoy et $\frac{S_1 + S_2}{2}$

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

Donc les volumes seront :

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

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

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

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

$$V = \frac{l_1}{2} S_1 + \frac{l_1+l_2}{2} S_2 + \frac{l_2+l_3}{2} S_3 + \frac{l_3+l_4}{2} S_4 + \frac{l_4}{2} S_5$$

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 consiste à évaluer les cubes de déblai et de 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 proches.

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.

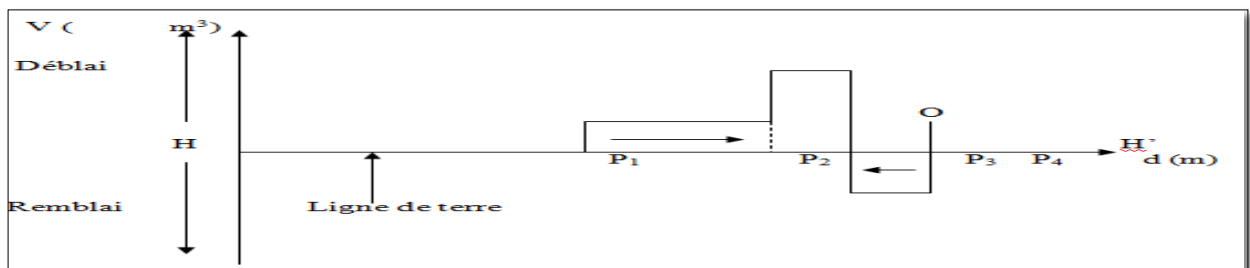


Figure IX.1 :L'épure de LALANNE

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.

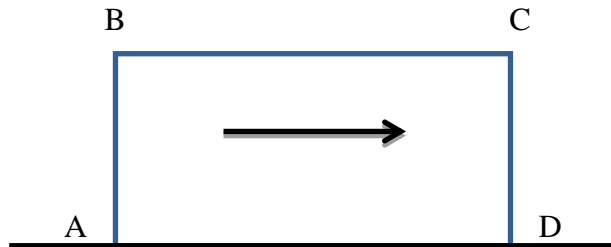


Figure IX.2 : Sens de transport

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 :

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	29000,000	12,500	6,67	15,72	22,40	279,966	279,966	0,24	0,20	0,44	5,536	5,536
P2	29025,000	25,000	0,00	2,17	2,17	54,343	334,310	9,42	2,51	11,93	298,177	303,713
P3	29050,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	334,310	17,53	10,28	27,81	695,222	998,935
P4	29075,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	334,310	28,02	20,22	48,24	1206,116	2205,051
P5	29100,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	334,310	44,19	34,03	78,22	1955,557	4160,608
P6	29125,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	334,310	62,51	53,21	115,72	2892,989	7053,597
P7	29150,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	334,310	79,76	72,86	152,62	3815,376	10868,973
P8	29175,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	334,310	97,19	88,65	185,84	4646,076	15515,049
P9	29200,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	334,310	104,09	96,81	200,90	5022,448	20537,497
P10	29225,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	334,310	106,97	97,64	204,61	5115,302	25652,799
P11	29250,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	334,310	103,96	88,89	192,84	4821,076	30473,876
P12	29275,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	334,310	94,49	71,47	165,96	4149,002	34622,878
P13	29300,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	334,310	80,64	55,93	136,56	3414,032	38036,910
P14	29325,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	334,310	56,03	35,21	91,24	2280,957	40317,868
P15	29350,000	25,000	0,00	1,79	1,79	44,665	378,974	33,15	8,83	41,98	1049,624	41367,492
P16	29375,000	25,000	0,00	14,87	14,87	371,777	750,751	10,35	1,28	11,63	290,708	41658,200
P17	29400,000	25,000	11,59	17,59	29,18	729,538	1480,289	0,52	9,96	10,48	262,050	41920,250
P18	29425,000	25,000	14,14	0,00	14,14	353,511	1833,800	9,35	50,60	59,95	1498,848	43419,097

P19	29450,000	25,000	71,44	38,46	109,90	2747,524	4581,324	0,00	0,01	0,01	0,187	43419,284
P20	29475,000	25,000	163,65	151,26	314,90	7872,563	12453,887	0,00	0,00	0,00	0,000	43419,284
P21	29500,000	25,000	184,75	176,87	361,62	9040,430	21494,317	0,00	0,00	0,00	0,000	43419,284
P22	29525,000	25,000	179,94	192,50	372,44	9311,025	30805,342	0,00	0,00	0,00	0,000	43419,284
P23	29550,000	25,000	172,39	201,64	374,02	9350,576	40155,918	0,00	0,00	0,00	0,000	43419,284
P24	29575,000	25,000	159,10	190,84	349,93	8748,345	48904,263	0,00	0,00	0,00	0,000	43419,284
P25	29600,000	25,000	145,74	179,35	325,09	8127,224	57031,487	0,00	0,00	0,00	0,000	43419,284
P26	29625,000	25,000	119,65	156,98	276,63	6915,794	63947,281	0,00	0,00	0,00	0,000	43419,284
P27	29650,000	25,000	80,16	119,02	199,18	4979,603	68926,884	0,00	0,00	0,00	0,000	43419,284
P28	29675,000	25,000	33,07	76,72	109,78	2744,522	71671,406	0,00	0,00	0,00	0,000	43419,284
P29	29700,000	25,000	0,00	20,46	20,46	511,516	72182,922	53,65	5,62	59,27	1481,822	44901,106
P30	29725,000	25,000	0,00	0,06	0,06	1,385	72184,307	37,85	71,44	109,30	2732,447	47633,553
P31	29750,000	25,000	22,10	0,00	22,10	552,560	72736,867	1,20	27,45	28,65	716,214	48349,767
P32	29775,000	25,000	37,67	13,32	50,99	1274,861	74011,728	0,00	2,92	2,92	72,911	48422,679
P33	29800,000	24,885	40,62	38,46	79,08	1967,977	75979,705	0,00	0,00	0,00	0,000	48422,679
P34	29824,771	12,500	43,88	48,12	92,00	1150,011	77129,716	0,00	0,00	0,00	0,000	48422,679
P35	29825,000	12,615	43,95	48,21	92,16	1162,520	78292,236	0,00	0,00	0,00	0,000	48422,679
P36	29850,000	25,000	38,01	50,73	88,74	2218,489	80510,724	0,00	0,00	0,00	0,000	48422,679
P37	29875,000	25,000	5,84	38,94	44,78	1119,572	81630,297	6,17	0,00	6,17	154,174	48576,853
P38	29900,000	25,000	23,90	18,52	42,42	1060,588	82690,885	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P39	29925,000	25,000	53,70	44,50	98,20	2454,916	85145,801	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P40	29950,000	25,000	75,62	72,35	147,97	3699,337	88845,138	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P41	29975,000	25,000	101,49	99,96	201,45	5036,235	93881,373	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P42	30000,000	25,000	121,13	122,15	243,29	6082,186	99963,559	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P43	30025,000	25,000	120,87	131,54	252,42	6310,393	106273,952	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P44	30050,000	25,000	133,60	142,43	276,03	6900,710	113174,662	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P45	30075,000	25,000	160,31	157,43	317,75	7943,741	121118,404	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P46	30100,000	25,000	175,93	175,30	351,22	8780,572	129898,976	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P47	30125,000	25,000	197,02	196,79	393,81	9845,165	139744,141	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P48	30150,000	25,000	216,32	218,23	434,55	10863,807	150607,948	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P49	30175,000	25,000	235,16	238,01	473,17	11829,235	162437,183	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P50	30200,000	25,000	250,06	257,05	507,10	12677,572	175114,755	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P51	30225,000	25,000	260,12	272,57	532,69	13317,220	188431,975	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P52	30250,000	25,000	260,02	280,23	540,25	13506,190	201938,165	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P53	30275,000	25,000	245,07	272,02	517,09	12927,288	214865,453	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P54	30300,000	25,000	203,63	241,96	445,59	11139,846	226005,299	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P55	30325,000	25,000	183,37	212,49	395,87	9896,734	235902,033	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P56	30350,000	25,000	131,47	174,96	306,43	7660,735	243562,768	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P57	30375,000	25,000	84,66	110,85	195,51	4887,738	248450,507	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P58	30400,000	25,000	81,52	101,62	183,14	4578,614	253029,120	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P59	30425,000	25,000	93,81	101,64	195,45	4886,239	257915,359	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P60	30450,000	25,000	125,12	130,95	256,07	6401,802	264317,161	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P61	30475,000	25,000	165,48	164,91	330,39	8259,712	272576,874	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P62	30500,000	25,000	177,93	208,36	386,29	9657,295	282234,169	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P63	30525,000	25,000	179,33	213,15	392,48	9812,037	292046,205	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P64	30550,000	25,000	174,60	208,90	383,50	9587,411	301633,616	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P65	30575,000	25,000	148,98	182,55	331,53	8288,233	309921,849	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P66	30600,000	25,000	130,44	163,18	293,62	7340,521	317262,370	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853

P67	30625,000	25,000	127,09	154,87	281,95	7048,850	324311,220	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P68	30650,000	25,000	194,45	177,85	372,31	9307,721	333618,940	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P69	30675,000	25,000	177,80	177,49	355,29	8882,331	342501,272	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P70	30700,000	25,000	212,75	208,56	421,31	10532,841	353034,113	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P71	30725,000	24,750	236,02	249,85	485,87	12025,216	365059,329	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P72	30749,499	12,500	224,40	236,63	461,03	5762,913	370822,242	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P73	30750,000	12,750	224,81	236,72	461,52	5884,589	376706,831	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P74	30775,000	25,000	244,14	258,55	502,69	12567,146	389273,977	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P75	30800,000	25,000	262,88	280,92	543,81	13595,125	402869,103	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P76	30825,000	25,000	250,43	278,49	528,92	13223,107	416092,210	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P77	30850,000	25,000	224,03	249,98	474,01	11850,202	427942,412	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P78	30875,000	25,000	205,54	229,29	434,83	10870,757	438813,169	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P79	30900,000	25,000	184,47	212,44	396,91	9922,705	448735,874	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P80	30925,000	25,000	172,11	197,15	369,25	9231,330	457967,204	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P81	30950,000	25,000	164,31	187,69	352,00	8799,971	466767,175	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P82	30975,000	25,000	164,09	184,39	348,48	8712,081	475479,257	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P83	31000,000	25,000	164,99	183,67	348,66	8716,546	484195,803	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P84	31025,000	25,000	171,23	183,44	354,67	8866,693	493062,496	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P85	31050,000	25,000	174,57	187,38	361,94	9048,621	502111,117	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P86	31075,000	25,000	171,18	193,89	365,07	9126,769	511237,887	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P87	31100,000	25,000	168,74	189,15	357,89	8947,253	520185,139	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P88	31125,000	25,000	161,04	189,72	350,77	8769,148	528954,287	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P89	31150,000	25,000	160,84	189,63	350,47	8761,687	537715,974	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P90	31175,000	25,000	156,53	180,89	337,42	8435,530	546151,505	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P91	31200,000	25,000	147,32	170,72	318,04	7950,933	554102,437	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P92	31225,000	25,000	125,40	145,81	271,22	6780,403	560882,840	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P93	31250,000	25,000	114,72	133,69	248,41	6210,259	567093,099	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P94	31275,000	18,850	103,40	119,25	222,64	4196,810	571289,909	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P95	31287,700	12,500	97,88	114,24	212,12	2651,485	573941,394	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P96	31300,000	18,650	94,11	116,15	210,26	3921,391	577862,785	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P97	31325,000	25,000	98,44	100,83	199,28	4981,886	582844,670	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P98	31350,000	25,000	93,76	99,15	192,91	4822,715	587667,386	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P99	31375,000	25,000	100,31	101,15	201,46	5036,436	592703,821	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P100	31400,000	25,000	88,21	89,51	177,72	4442,948	597146,770	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P101	31425,000	25,000	58,96	63,17	122,13	3053,277	600200,047	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P102	31450,000	25,000	22,77	17,69	40,45	1011,332	601211,379	0,00	0,00	0,00	0,000	48576,853
P103	31475,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	601211,379	13,92	25,41	39,33	983,222	49560,075
P104	31500,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	601211,379	39,67	49,23	88,91	2222,721	51782,796
P105	31525,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	601211,379	52,81	72,48	125,30	3132,419	54915,215
P106	31550,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	601211,379	65,08	80,88	145,95	3648,833	58564,048
P107	31575,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	601211,379	76,46	91,52	167,97	4199,330	62763,378
P108	31600,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	601211,379	87,27	98,83	186,10	4652,438	67415,816
P109	31625,000	20,495	0,00	0,00	0,00	0,000	601211,379	88,80	106,12	194,93	3994,996	71410,812
P110	31640,990	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	601211,379	87,50	105,82	193,32	2416,550	73827,362
P111	31650,000	17,005	0,00	0,00	0,00	0,000	601211,379	83,59	103,00	186,59	3172,933	77000,295
P112	31675,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	601211,379	73,25	89,91	163,16	4079,021	81079,316
P113	31700,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	601211,379	51,29	71,66	122,95	3073,840	84153,156
P114	31725,000	25,000	0,05	0,00	0,05	1,155	601212,534	19,93	49,12	69,04	1726,074	85879,229

P115	31750,000	25,000	19,21	0,00	19,21	480,321	601692,855	1,27	19,33	20,60	515,013	86394,242
P116	31775,000	25,000	59,82	18,69	78,51	1962,749	603655,604	0,00	0,00	0,00	0,000	86394,242
P117	31800,000	25,000	90,48	49,00	139,48	3487,105	607142,709	0,00	0,00	0,00	0,000	86394,242
P118	31825,000	25,000	102,58	82,06	184,64	4615,878	611758,587	0,00	0,00	0,00	0,000	86394,242
P119	31850,000	25,000	91,97	66,64	158,61	3965,270	615723,857	0,00	0,00	0,00	0,000	86394,242
P120	31875,000	25,000	0,09	0,00	0,09	2,188	615726,046	3,34	5,54	8,88	222,007	86616,249
P121	31900,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	615726,046	100,78	95,73	196,51	4912,744	91528,993
P122	31925,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	615726,046	143,22	145,83	289,05	7226,220	98755,213
P123	31950,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	615726,046	165,36	169,32	334,68	8366,938	107122,151
P124	31975,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	615726,046	160,92	163,27	324,18	8104,546	115226,697
P125	32000,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	615726,046	146,89	160,35	307,24	7681,092	122907,789
P126	32025,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	615726,046	133,03	151,28	284,31	7107,761	130015,550
P127	32050,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	615726,046	108,79	135,96	244,75	6118,632	136134,182
P128	32075,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	615726,046	76,24	93,84	170,08	4251,953	140386,135
P129	32100,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	615726,046	52,02	71,62	123,63	3090,802	143476,937
P130	32125,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	615726,046	34,26	53,75	88,00	2200,088	145677,025
P131	32150,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	615726,046	13,91	32,88	46,79	1169,752	146846,776
P132	32175,000	25,000	8,17	0,00	8,17	204,280	615930,326	1,46	16,35	17,81	445,206	147291,982
P133	32200,000	25,000	14,57	0,11	14,68	367,023	616297,348	0,62	5,85	6,47	161,627	147453,609
P134	32225,000	25,000	18,20	1,54	19,74	493,491	616790,840	0,33	2,07	2,40	60,058	147513,667
P135	32250,000	25,000	43,61	13,38	56,99	1424,826	618215,666	0,00	0,00	0,00	0,000	147513,667
P136	32275,000	25,000	44,77	32,41	77,17	1929,363	620145,029	0,00	0,00	0,00	0,000	147513,667
P137	32300,000	25,000	39,01	28,77	67,78	1694,568	621839,598	0,00	0,00	0,00	0,000	147513,667
P138	32325,000	24,814	31,27	22,17	53,45	1326,199	623165,796	0,00	0,00	0,00	0,000	147513,667
P139	32349,628	12,314	26,10	7,17	33,27	409,643	623575,439	0,00	0,00	0,00	0,027	147513,693

Tableau IX.1 cubatures détaillées

Volume de déblai total : 623575,439 m³

Volume de remblai : 147513,693 m³

Excès de déblai : 476061,746 m³

Chapitre X

Implantation des axes

X.1 Définition:

L'implantation est une application directe des connaissances de topographie. Elle consiste à placer sur le terrain les repères nécessaires pour la réalisation du projet.

il existe plusieurs méthodes d'implantation :

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

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

L'implantation du projet s'appuie sur le canevas de base qui a servi au levé du terrain. Il est utile de matérialiser donc solidement les piquets de stations qui doivent être ménagés contre la disposition et la distraction.

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

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

Implantation planimétrique des sommets des alignements:

b. Par rayonnement

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

b. Par intersection

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

c. Par coordonnées polaires

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

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

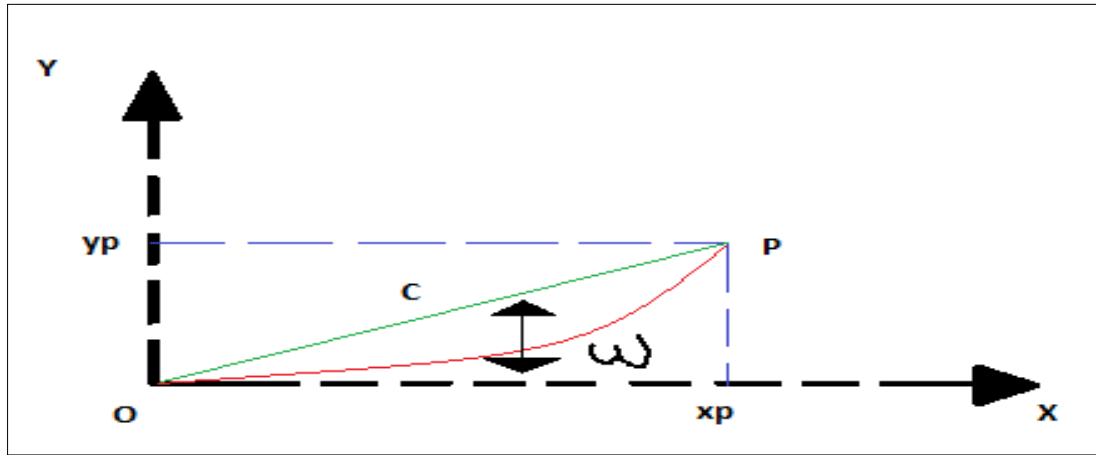


Figure X-2. Méthode d'implantation

✚ Piquetage par coordonnées rectangulaires :

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

✚ Piquetage par coordonnées Polaires :

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

X .4. Implantation en altimétrie :

Il est souvent nécessaire d'implanter sur le chantier un réseau de repères de nivellement. Ces repères sont reliés entre eux par cheminement de nivellement encadré par deux (02) ou plusieurs repères du nivellement général de l'Algérie (NGA).

Ces repères peuvent être des points naturels bien définis exemple avaloirs ou des rivets scellés dans un socle de béton.

X .5.Application au projet :

L'absence de canevas topographique (pièce non jointe avec le levé topographique) ne nous a pas permis de traiter la partie implantation des alignements droits.

On contentera au piquetage des parties courbes (clothoïde et cercle).

X .5.1 Raccordement progressif 1 :

✚ Virage n° 01 :

✓ Partie clothoïde :

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

Nombre de point : On prendra un point tous les 10 m de longueur de clothoïde : ($\Delta L = 10\text{m}$).

$$n = L/\Delta L$$

$$n = 194/10$$

$$n = 19 \text{ pts}$$

Implantation de clothoïde	
Données	
R	1500
L	194
A	539,44
ΔL	10
n	19

Pts	iΔL (m)	X (m)	Y (m)
KA	0	0	0
1	10	10	0,0006
2	20	20	0,0045
3	30	30	0,015
4	40	39,999	0,0 36
5	50	49,999	0,071
6	60	59,999	0,123
7	70	69,999	0,196
8	80	79,999	0,293
9	90	89,998	0,417
10	100	99,997	0,573
11	110	109,995	0,763
12	120	119,992	0,990
13	130	129,989	1,260
14	140	139,984	1,571
15	150	149,977	1,932
16	160	159,969	2,345
17	170	169,958	2,813

18	180	179,944	3,339
19	194	193,918	4,180

Tableau XI.1 : les éléments d'implantation clothoïde

✓ Partie circulaire :

Méthode choisie : Par abscisse et ordonnées sur la tangente.

$$X_i = R \sin i\lambda$$

$$Y_i = R(1 - \cos i\lambda)$$

Virage N° 01 :

Données :

- R = 500 m
- $\gamma = 3.198$
- $\gamma/2 = 1.599$
- On prend N = 10
- $\delta = 0.159$

Pts	I δ (gr)	$X_i = R * \sin i \delta$ (m)	$Y_i = R (1 - \cos i\delta)$ (m)
M	0.000	0.000	0.000
1	0.159	1.248	0.001
2	0.318	2.497	0.0062
3	0.477	3.746	0.014
4	0.636	4.995	0.024
5	0.795	6.243	0.038
6	0.954	7.492	0.056
7	1.113	8.741	0.076
8	1.272	9.989	0.099
9	1.431	11.238	0.126
T	1.590	12.486	0.155

Tableau X...2 : les éléments d'implantation cercle « 01 »

✚ **Virage n°2 :**

✓ **Partie clothoïde :**

Par abscisse et ordonnées sur la tangente KAS :

On prendra un point tous les 10 m de longueur de clothoïde : (• **L =10m**)

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

$$n = L/\Delta L$$

$$n = 223/10$$

$$n = 22 \text{ pts}$$

<i>Implantation de clothoïde</i>	
<i>Données</i>	
R	2000
L	223
A	676.8323
ΔL	10
n	22

Pts	i Δ L (m)	X (m)	Y (m)
KA	0	0	0
1	10	9.999	0.003
2	20	19.999	0.002
3	30	29.999	0.009
4	40	39.999	0.023
5	50	49.999	0.045
6	60	59.999	0.078
7	70	69.999	0.124
8	80	79.999	0.186
9	90	89.999	0.265
10	100	99.998	0.363
11	110	109.998	0.484
12	120	119.997	0.628
13	130	129.995	0.798
14	140	139.933	0.998
15	150	149.990	1.227
16	160	159.987	1.490
17	170	169.983	1.787

<i>18</i>	<i>180</i>	<i>179.980</i>	<i>2.121</i>
<i>19</i>	<i>190</i>	<i>189.970</i>	<i>2.495</i>
<i>20</i>	<i>200</i>	<i>199.961</i>	<i>2.909</i>
<i>21</i>	<i>210</i>	<i>209.951</i>	<i>3.368</i>
<i>KE</i>	<i>223</i>	<i>222.934</i>	<i>3134.033</i>

Tableau X.3 : les éléments d'implantation clothoïde 2

✚ Partie circulaire :

Méthode choisie : Par abscisse et ordonnées sur la tangente.

$$X_i = R \sin i\lambda$$

$$Y_i = R(1 - \cos i\lambda)$$

Virage N° 02:

Données :

- **R = 2000 m**
- **$\gamma = 9.164$**
- **$\gamma/2 = 4.582$**
- **On prend N = 10**
- **$\delta = 0.458$**

Pts	I δ (gr)	$X_i = R * \sin i \delta$ (m)	$Y_i = R (1 - \cos i\delta)$ (m)
M	0.000	0.000	0.000
1	0.458	14.388	0.051
2	0.916	28.775	0.207
3	1.374	43.162	0.465
4	1.832	57.546	0.820
5	2.290	71.933	1.293
6	2.748	86.304	1.862
7	3.206	100.676	2.535
8	3.664	115.044	3.311
9	4.122	129.405	4.190
T	4.580	143.760	5.173

Tableau X.4 : les éléments d'implantation cercle « 02 »

CHAPITRE XI

Signalisation Routière

XI.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.

XI.2 L'objectif de la signalisation routière :

La signalisation routière a pour objet

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

XI.3. Règles à 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.

XI.4 .Types de signalisations :

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

a . Signalisation Verticale :

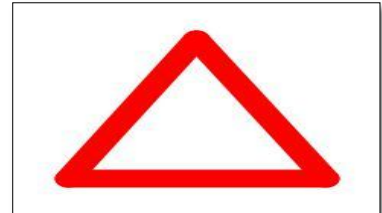
Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

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

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

❖ Signaux de danger :

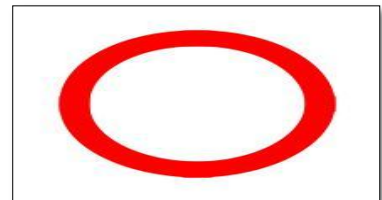
Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).



❖ 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 'und 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 les quelles la longueur des trait 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 :

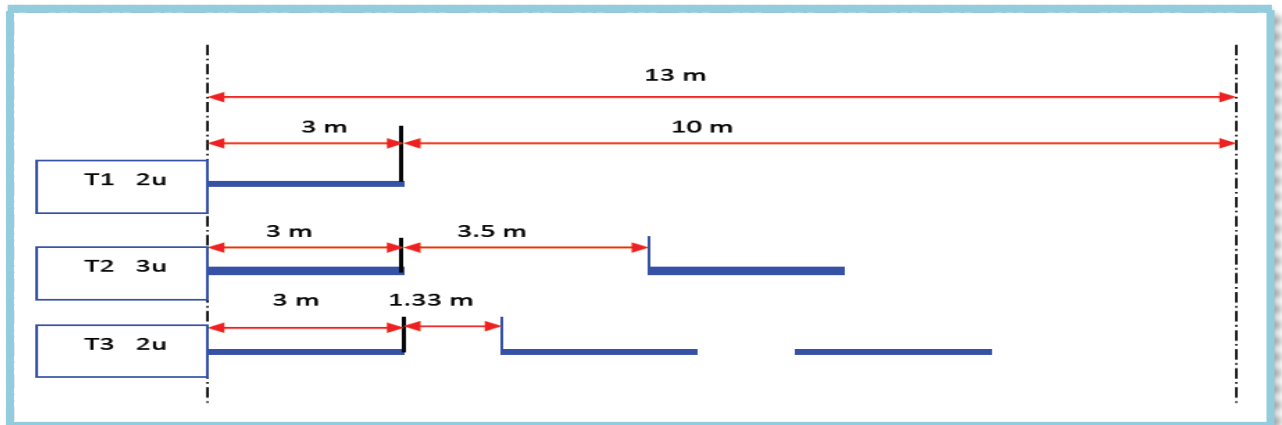


Figure XI. 1. Types de modulation

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

Type de modulation	Longueur du trait (m)	Intervalle entre trait (m)	Rapport Plein/ vide
T1	3	10	3/10
T2	3	3.5	3/3.5
T3	3	1.33	3/1.33

T_1	3.00	10.00	$\sim 1/3$
T_2	3.00	3.5	~ 1
T_3	3.00	1.33	~ 3

Tableau.XI.1 : Caractéristiques des lignes discontinues

✚ 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.

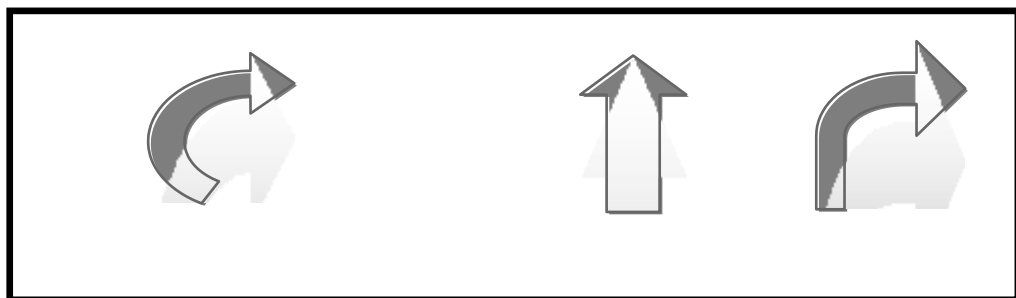


Figure XI. 2. Flèche de signalisation.

XI .5. Caractéristiques générales 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.

XI .5. Application au projet :

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

+ Signalisation Verticale :









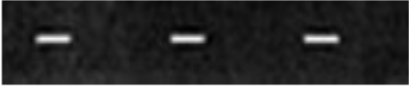
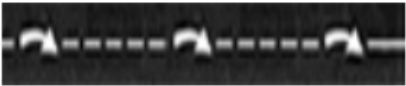

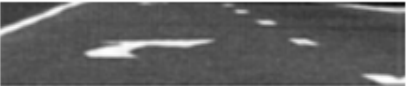



			
A1b Virage à gauche	A1a Virage à droite	AB3a Cédez le passage à l'intersection. Signal de position	
			
AB6 Indication du caractère prioritaire d'une route	Passage piéton	AB25 Carrefour à sens giratoire	B6d Arrêt et stationnement interdits

Tableau.XII.2 signalisation verticale

 **Signalisation horizontale :**

	<p>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).</p>
	<p>Ligne discontinue : Dépassement et changement de voie autorisés.</p>
	<p>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...).</p>
	<p>Ligne d'avertissement : Annonce une ligne continue. Des flèches de rabattement avertissent le conducteur qu'il va rencontrer une ligne continue.</p>
	<p>Flèches de rabattement : Indiquent la voie dans laquelle il faut se rabattre.</p>
	<p>Ligne mixte : Peut être franchie par le conducteur situé du côté de la ligne discontinue.</p>
	<p>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.</p>
	<p>Hachurage : Sur le nez d'îlot.</p>

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.