



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
People's Democratic republic of Algeria  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministry of Higher Education and Scientific Research  
جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم  
University Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem  
كلية العلوم والتكنولوجيا  
Faculty of Sciences and Technology  
قسم الهندسة المدنية والمعمارية  
Civil engineering & architecture department



N° d'ordre : M ...../GCA/2020

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

**Filière :** Travaux Publics

**Spécialité :** Voiries et Ouvrages d'art (V.O.A.)

*Thème*

**Etude d'un Tronçon Autoroutier De La Pénétrante Est-Ouest  
de 3,7 Km Du Pk 13+000 Au Pk 16+700**

**Présenté par :**

- M. GHEZAL Ghali
- M. BENTRIKI Moustafa

***Soutenu le 30 / 08 / 2020 devant le jury composé de :***

**Présidente :** Mme. EL MASACRI Setti

**Examineur :** M. KERAOUTI Rabeh

**Encadrant :** M. SOLTANE Kaddour

**Année Universitaire : 2019 / 2020**



# REMERCIEMENT

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

*Nos remerciements vont particulièrement à nos parents pour leur soutien et leurs encouragements. Nous tenons à remercier notre promoteur Mr SOLTAN kaddour pour son incroyable dévotion à parfaire notre travail et à nous aider par ses orientations et ses précieux conseils pour l'élaboration de cette étude.*


*Nos remerciements également à l'ensemble du corps enseignants de l'université ABDELHAMID IBN BADIS en générale et plus particulièrement à ceux du département Génie Civil pour avoir contribué à notre formation.*

*Nous adressons nos remerciements à notre pays hôte l'Algérie ainsi qu'à tous les collègues de notre promotion qui nous ont accompagnés depuis*

2015

*Nous remercions Mr KERAOUTI RABEH pour sa présence au tant que EXAMINATEUR et Mme EL MASACRI SETTI au tant que PRESIDENT*

*Enfin, nous remercions toutes les personnes qui nous ont conseillées, qui se sont simplement intéressées à ce travail, et aussi celles qui, nous l'espérons me pardonneront de les avoir oubliées.*






# Dédicace

*Nous dédions 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 amis en témoignage de l'amitié sincère qui nous ont liées et des bons moments passés ensemble.*



# Sommaire

Introduction générale .....	1
-----------------------------	---

## Chapitre I : Présentation et contexte du projet

I-1- Contexte de projet .....	05
I-2 - Découpage administratif .....	05
I-3 - Infrastructures routières .....	05
I-4 -Infrastructures portuaires .....	05
I-5-Donnes de base .....	06
I-5-1- levé topographique .....	06
I-5-2-Catégorie de la route .....	06
I-5-3-Trafic .....	06

## Chapitre II : Etude des variantes

II-1-Tracé En Plan .....	08
II-1-1-Définition .....	08
II-1-2-Règles à respecter dans le tracé en plan .....	08
II-1-3-Les éléments de tracé en plan .....	09
II-1-3-1-Alignement droit .....	09
II-1-3-2- Règles concernant la longueur des alignements .....	10
II-1-3-3- Arcs en cercle .....	10
II-1-4- Les variantes .....	10
II-1-4-1- Calcul de gisement de distance et des angles au centre .....	11
II-1-4-2- Détermination des éléments des raccordements circulaires.....	12
II-1-4-3- Environnement de la route .....	13
II-1-4-4- La vitesse de référence .....	13
II-1-4-5- Courbes en plan .....	13
II-1-4-6- Calcul des Cubatures Approchées .....	14
II-2- Etude des variantes .....	15
II-2-1- Etude de la variante .....	15
II-2-1-1- Introduction .....	15

II-2-1-2- Les coordonnées des sommets .....	16
II-2-1-3- Calcul de gisements et des angles au centre .....	16
II-2-1-4- Environnement de la route .....	16
II-2-1-5- La vitesse de référence .....	22
II-2-1-6- Stabilité en courbe .....	23
II-2-1-7- Détermination des éléments des raccordements circulaire .....	25
II-2-1-8- Cubatures Approchées .....	27

## **Chapitre III : Profil en long**

III-1- Définition .....	32
III-2- La ligne de projet (ligne rouge) .....	32
III-3- Règles à respecter dans le tracé du profil en long .....	32
III-4- Les éléments de composition du profil en long .....	33
III-5- Coordination entre le tracé en plan et le profil en long .....	33
III-6- Déclivité .....	33
III-7- Les raccordements en profil en long .....	34
III-8- Eléments nécessaire au calcul du profil en long .....	37
III-9- Détermination pratique du profil en long .....	38
III-10- Application de projet .....	40

## **Chapitre IV : Les raccordements progressif**

IV-1- Introduction .....	43
IV-2- Définition de la Clothoïde .....	44
IV-3- Les éléments de la clothoïde .....	44
IV-4- Propriétés de la clothoïde .....	44
IV-5- Les conditions de raccordement .....	44
IV-5-1- Condition de confort optique .....	44
IV-5-2- Condition de confort dynamique .....	44
IV-5-3- Condition de gauchissement .....	45
IV-5-4- La Vérification de non chevauchement .....	45

IV-6- Notion de devers .....	45
IV-6 -1- Devers en alignement .....	46
IV-6 -2- Devers en courbe .....	46
IV-6-3- Rayon de courbure .....	46
IV-6 -4- Calcul des devers .....	46
IV-7- Application de projet .....	47
IV-7-1- Calcul des dévers associés aux rayons de la variante choisie .....	47
IV-7-2- Calcul de la longueur de Clothilde et la vérification de non chevauchement .....	47
IV-7-3 : Calcul des paramètres des deux clothoïde .....	47

## **Chapitre V : Etude du trafic**

V-1- Introduction .....	51
V-2- Analyse de trafic .....	51
V-3- Mesure des trafics .....	51
V-4- Différents types de trafic .....	52
V-4-1- Trafic normal .....	52
V-4-2 Trafic dévie .....	52
V-4-3 Trafic induit .....	52
V-4-4- Trafic total .....	53
V-5- Calcul de la capacité .....	53
V-5-1- Définition de la capacité .....	53
V-5-2- Calcul de trafic moyen journalier (TJMA) horizon .....	54
V-5-3- Calcul de trafic effectif .....	54
V-5-4- débit de point horaire normal .....	54
V-5-5- Débit horaire admissible .....	54
V-5-6- Déterminations du nombre des voies .....	54
V-6- Application de projet .....	55
V-6-1- Projection future de trafic .....	55
V.6.2 Calcul du trafic effectif .....	55
V-6-3- Débit de pointe horaire normal .....	55
V-6-4- La capacité admissible .....	55
V.6.5 : Le nombre des voies .....	56
V-7- Conclusion .....	56

## Chapitre VI : Paramètres cinématiques

VI-1- Définition .....	58
VI-2- Distance de freinage .....	58
VI-3- Temps de perception et de réaction .....	59
VI-4- Distance d'arrêt .....	59
VI.4.1 Application .....	60
VI-5- Distance de perception .....	62
VI-5-1- Application .....	62
VI-6- Espacement entre deux véhicules .....	63
VI-7- Distance de visibilité de dépassant et de manœuvre .....	63

## Chapitre VII : dimensionnement du corps de chaussée

VII-1- Introduction .....	66
VII-2- La chaussée .....	66
VII-2-1 Définition .....	66
VII-2-2 Différents types de chaussées .....	67
VII-2-2-1- Chaussée souple .....	67
VII-2-2-2- Chaussée semi-rigide .....	68
VII-2-2-3 - Chaussée rigide .....	69
VII-3- Les Différents Facteurs a prendre en compte pour le dimensionnement .....	70
VII-3-1 - Trafic .....	70
VII-3-2 – Environnement.....	70
VII-3-3 - Le Sol Support.....	71
VII-3-4 – Matériaux.....	71
VII-4- Méthodes De Dimensionnement.....	72
VII-4-1- Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio).....	72
VII-4-2- Méthode A.A.S.H.O (American Association of State Highway Officials).....	73
VII-4-3- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves .....	73
VII-5- Application au Projet.....	74
VII-5- 1- Données de l'étude .....	74
VII-5- 2- Répartition de trafic.....	74
VII-5- 3- Calcul d'épaisseur.....	74

VII-5- 4- Epaisseur équivalente.....	74
--------------------------------------	----

## **Chapitre VIII : Profil en travers**

VIII-1- Définition.....	77
VIII-2- Types De Profil En Travers.....	77
VIII-2-1- profil en travers type.....	77
VIII-2-2- profil en travers courants.....	77
VIII-3- Les éléments de composition du profil en travers.....	77
VIII-4- Application au projet .....	79

## **Chapitre IX : Cubatures et mouvements des terres**

IX-1- Introduction.....	81
IX-2- Cubatures terrassements .....	81
IX-3- Méthode utilisée .....	81
IX-3-1- Description de la Méthode.....	81
IX-4- Mouvement des terres .....	83
IX-4-1- Métré de terrassement.....	84
IX-4-2- Foisonnement.....	84
IX-4-3- Moment de transport.....	84
IX-4-4- Distance moyenne de transport.....	84
IX-4-5- Epure de LALANNE.....	84
IX-4-6- Principe de l'épure de LALANNE.....	84
IX-4-7- Etablissement de l'épure de LALANNE.....	84
IX-4-8- Ligne de répartition des sens de transport.....	85
IX-5- Calculs des cubatures.....	86

## **Chapitre X : Implantation des axes**

X -1- Définition.....	91
X -2- Plan de piquetage des axes des voies .....	91
X-3- Implantation de courbes.....	91
X -4- Implantation en altimétrie .....	93

X -5- Application au projet .....	93
X -5-1- Raccordement progressif 1 .....	93

## **Chapitre XI : Signalisation routière**

XI -1- Introduction.....	98
XI-2- L'objectif de la signalisation routière.....	98
XI-3- Règles à respecter pour la signalisation.....	98
XI-4- Types de signalisations.....	98
XI -5- Caractéristiques générales des marques .....	101
XI-6- Application au projet.....	101
XI-7- Conclusion.....	102

**Devis**

**Conclusion générale**

**ANNEXE**

## Liste des tableaux

<b>Tableau II.1:</b> Les coordonnées des sommets de l'axe de "variante 1 .....	16
<b>Tableau II.2 :</b> Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante01".....	16
<b>Tableau II.3 :</b> dénivelé de profil "variante 01 ".....	20
<b>Tableau II.4 :</b> Classification de terrain et Dénivelée cumulée "variante 01 ".....	21
<b>Tableau II.5:</b> Sinuosité "variante 01".....	22
<b>Tableau II.6 :</b> Environnement en fonction du relief et de la sinuosité "variante 01".....	22
<b>Tableau II.7 :</b> VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40. "Variante 01 ".....	23
<b>Tableau II.8:</b> Devers en fonction de l'environnement .....	23
<b>Tableau II.9 :</b> Valeur du coefficient ft .....	23
<b>Tableau II.10 :</b> Valeur du coefficient « F"» .....	23
<b>Tableau II.11:</b> Eléments des raccordements circulaires "variante 1" .....	25
<b>Tableau II.12:</b> Cubatures approchées de la 'variante 01'.....	28
<b>Tableau III.1:</b> Valeur de déclivité maximal .....	44
<b>Tableau III.2 :</b> Rayons convexes .....	46
<b>Tableau- III.3 :</b> Rayons concaves (angle rentrant). Cat1, V100 .....	47
<b>Tableau III.4 :</b> Caractéristique des rayons verticaux .....	50
<b>Tableau III.4:</b> les valeurs de tangente et la flèche .....	51
<b>Tableau IV.1 :</b> Devers .....	56
<b>Tableau IV.2 :</b> Longueur de la clothoïde .....	58
<b>Tableau IV.3:</b> Paramètres de clothoïde .....	59
<b>Tableau V.1</b> coefficient d'équivalence "p" (selon le B40) .....	64
<b>Tableau V.2 :</b> Coefficient « K1 » .....	64
<b>Tableau V.3:</b> Coefficient « K2» .....	64
<b>Tableau V.4 :</b> valeurs de <b>Cth</b> capacité théorique du profil en travers en régime stable .....	65
<b>Tableau V.5 :</b> résultats du calcul de trafic .....	67
<b>Tableau VI.1 :</b> coefficient de frottement longitudinal fl en fonction de la vitesse (B40) .....	69

<b>Tableau VI.2</b> : les différentes distances selon les normes B40 .....	76
<b>Tableau VII.1</b> : la portance de sol en fonction de l'indice de CBR .....	82
<b>Tableau VII.2</b> : Les classes de portance des sols .....	83
<b>Tableau VII.3</b> : Coefficient d'équivalence .....	84
<b>Tableau VII.4</b> : épaisseurs du corps de chaussée .....	87
<b>Tableau IX.1</b> : cubatures détaillées .....	100
<b>Tableau XI.1</b> : les éléments d'implantation clothoïde .....	106
<b>Tableau X.2</b> : les éléments d'implantation cercle « 01 » .....	107
<b>Tableau X.3</b> : les éléments d'implantation clothoïde 2 .....	109
<b>Tableau X.4</b> : les éléments d'implantation cercle « 02 » .....	110
<b>Tableau. XI.1</b> : Caractéristiques des lignes discontinues .....	114

## *Liste des figures*

<b>Figure I.1</b> Tronçon de notre projet .....	4
<b>Figure II.1</b> Les éléments de tracé en plan .....	09
<b>Figure II.2</b> Détermination de l'angle au centre .....	11
<b>Figure II.3</b> Les éléments d'un raccordement circulaire .....	12
<b>Figure II.4</b> Schéma représentant la surface entre profil .....	14
<b>Figure II.5</b> Calcul de surfaces cas de remblai .....	15
<b>Figure II.6</b> Calcul de surfaces cas de déblai .....	15
<b>Figure II.7</b> La dénivelée cumulée moyenne H/L .....	20
<b>Figure III.1</b> Eléments du profil en long .....	37
<b>Figure III.2</b> Pratiques du profil en long .....	38
<b>Figure IV.1</b> Les éléments de la clothoïde .....	43
<b>Figure IV.2</b> La propriété de clothoïde .....	44
<b>Figure IV.3</b> : Profil en travers type.....	56
<b>Figure IV.4</b> : distance d'arrêt en alignement Droit.....	59
<b>Figure VI.1</b> ° : Temps de perception-réaction.....	59
<b>Figure VI.2</b> : Distance d'arrêt en courbe.....	60
<b>Figure VI.3</b> Distance de perception .....	62
<b>Figure VI.4</b> L'espacement entre deux véhicules .....	64
<b>Figure VII.1</b> : Coupe type d'une chaussée souple.....	67
<b>Figure VII.2</b> : Structure type d'une chaussée souple.....	68
<b>Figure VII.3</b> : Structure type d'une chaussée semi-rigide.....	69
<b>Figure VII.4</b> : Structure type d'une chaussée rigide.....	69
<b>Figure VIII.1</b> : les principales structures types de chaussée.....	70
<b>Figure VIII.2</b> : La structure de chaussée.....	77

<b>Figure VIII.3:</b> Les éléments constitutifs du profil en travers.....	78
<b>Figure IX.1:</b> Le profil en travers.....	79
<b>FigureIX.2:</b> Dimensions du fossé.....	79
<b>Figure IX.3:</b> Schéma représentant la surface entre profil.....	81
<b>FigureX.1:</b> Cubature "cas déblai.....	82
<b>FigureX.2:</b> Cubature.....	83
<b>FigureX.3:</b> L'épure de LALANNE.....	85
<b>Figure XI.1 :</b> Sens de transport.....	92
<b>Figure XI.2 :</b> Implantation d'arc de cercle par abscisses et ordonnées sur la tangente.....	92
<b>Figure XI.3 :</b> Méthode d'implantation.....	92
<b>Figure XI.4 :</b> Types de modulation.....	100
<b>Figure:</b> Flèche de signalisation.....	101
<b>Figure:</b> Signalisations verticales.....	101
<b>Figure:</b> Signalisations horizontales.....	102

## *Glossaire:*

Symbole		Unité
R	Rayon de la courbe	m
d	Dévers Mm	mm
A $\Delta f / \Delta l$	Constante de RP (raccordement progressif)	mm
$\Delta d / \Delta l$	Variation de flèche /Variation de dévers	mm
V	Vitesse	mm/s
VB	Vitesse de base	km/h
LA	Longueur d'alignement	km/h
LC	Longueur de la pleine courbe	m
LRP	Longueur du RP	m
ORP	Origine du RP (côté de la courbure la plus faible)	m
FRP	Fin du RP (côté de la courbure la plus grande)	m
RC	Raccord de déclivité (raccordement circulaire)	m
i	Déclivité longitudinale de la voie	m
TMJA	Trafic journalier moyen annuel	%
PL	Le pourcentage de poids lourds	v/j
ft	Coefficient de frottement transversal	%
$\delta$	Coefficient d'accroissement annuel	-
n	L'année de saturation	Ans
Teff	Trafics effectifs	uvp/j
Q	Débit de pointe horaire normal	uvp/h
Cth	Débit théorique	uvp/h
N	Nombre de voies	voie
RHm	Rayon horizontal minimal absolu	m
RHn	Rayon horizontal normal	m
Rdm	Rayon horizontal déversé	m
RHnd	Rayon horizontal non déversé	m
Rvmin	Rayon en angle saillant Rv minimal absolu	m
Rv	Rayon en angle saillant Rv minimal normal	m
R'v	Rayon en angle rentrant Rv minimal normal	m
R'vmin	Rayon en angle rentrant Rv minimal absolu	m

## RESUME

---

Notre projet de fin d'étude fait partie d'un tracé neuf qui consiste à étudier en avant-projet sommaire et en avant-projet détaillée un tronçon de la Pénétrante reliant la ville de Mostaganem et l'autoroute Est-ouest (du PK 13+000 au PK 16+700) et ceci dans le cadre des prévisions du schéma national d'aménagement du territoire du schéma directeur routier.

Dans notre projet de bretelle autoroutière, nous avons introduit le long des deux tracés des courbes de raccordement, respectant les normes imposées par le B40 pour assurer le confort et la sécurité de l'utilisateur car toute négligence peut être fatale.

Avec la catégorie de notre route est la catégorie 01. Et

- Trafic Moyen Journalier Annuel TJMA (2011) = 12500V/j
- Le pourcentage (%) des poids lourds  $Z = 25\%$
- Taux de croissance annuel du trafic  $\tau = 7\%$
- Année de mise en service  $n=4$
- Durée de vie : 20 ans

## ABSTRACT

---

Our end-of-study project is a part of a new route which consists of studying a preliminary and detailed preliminary draft of a section of the city thoroughfare connecting the city of Mostaganem and the East-West motorway (from PK 13 +000 at PK 16+700) and this within the framework of the forecasts of the national regional planning scheme of the road master plan

In our project, we have introduced connection curves long the two roads, respecting the standards imposed by the B40 to ensure the comfort and safety of the user because any negligence can be deadly.

The category of our road is cat 01. And

- Average Annual Daily Traffic TJMA (2011) = 12500V / d
- The percentage (%) of heavy vehicles  $Z = 25 \%$
- Annual traffic growth ratio  $\tau = 7\%$
- Study and execution time:  $n = 4$  years
- Lifespan: 20 years

## ملخص

مشروع نهاية الدراسة هو جزء من مسار جديد يتكون من دراسة مسودة أولية ومفصلة لقسم من تداخل يربط مدينة مستغانم و الطريق السريع بين الشرق و الغرب) من PK 13+000 عند PK 16+700 وهذا في إطار توقعات مخطط التخطيط الإقليمي الوطني للخطة الرئيسية للطريق

في مشروع منحدر الطريق السريع، قدمنا منحنيات اتصال على طول المسارين، مع مراعاة المعايير التي تفرضها B40 لضمان راحة وأمان المستخدم ألن أي إهمال يمكن أن يكون قاتل.

مع فئة طريقنا هي الفئة 01 و.

- متوسط الحركة اليومية اليومية (12500 = TJMA 2012) س.ح.ث / يوم
- النسبة المئوية (% من مركبات البضائع الثقيلة = 25%
- معدل نمو الحركة السنوية  $\tau = 7\%$
- وقت الدراسة و التنفيذ : ن = 4 سنوات
- عمر الطريق: 20 سنة

# **Introduction Générale**

Le réseau routier joue un rôle essentiel dans le développement d'un pays car il représente une base sur laquelle se fonde plusieurs secteurs tels que le transport des biens et des personnes; donc il est le moyen vital de l'économie et du développement social d'un pays. Ainsi la croissance socio-économique impose au secteur des travaux publics l'extension de réseau routier. Le réseau routier de l'Algérie est l'un des plus important du Maghreb et d'Afrique, d'une longueur de plus de 108302 km, répartie sur des Routes Nationale et des Chemins de Wilaya set des routes secondaires, l'Algérie a développé ce réseau grâce au programme de modernisation des transports routiers et ferroviaires qui prévoit la réalisation de l'AutoRoute est-ouest de 1216 km , l'Autoroute des hauts plateaux de 1330 km et la réalisation de 1900 km de routes ;ainsi que la finition de la route transsaharienne (nord-sud).ce réseau atteint au total 112969km à l'année 2014

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance de réseau existant, soit par défaut, soit par saturation. Il est alors nécessaire, pour bien cerner cette problématique, d'en préciser les contours, puis pour en dessiner les solutions et d'en quantifier précisément les composantes. Ceci pousse à mener des études de bretelle autoroutière.

Notre projet de fin d'étude fait partie d'un tracé neuf qui consiste à étudier en avant-projet sommaire et en avant-projet détaillée un tronçon de la bretelle autoroutière relie la ville de Mostaganem et l'autoroute Est-ouest (**3.5km du pk 13+000au pk 16+700**) et ceci dans le cadre des prévisions du schéma national d'aménagement du territoire du schéma directeur routier.

C'est dans ce contexte que nous essaierons dans le présent mémoire, d'axer notre étude de conception tout en respectant les normes du B40.Ces normes sont de deux ordres : sécurité des usagers et capacité des infrastructures à écouler le trafic qu'elles supportent. La première partie sera consacrée à la phase APS « Avant-Projet Sommaire » où deux variante seront traitée. Après comparaison de ces deux variantes on optera pour celle qui présentera plus d'avantage et fera objet de l'étude en APD « Avant-Projet Détaillé ».

L'assainissement, la signalisation routière, plan de piquetage, ainsi que l'estimation des couts font aussi objet d'étude dans notre présent projet.

## **Introduction General**

Les études de conception vont permettre de mettre au point les modalités pratique qui permettront sa construction. Elle impose bien des études préalables pour définir : nombre de voies, dimensions et structure de la chaussée, caractéristiques de la couche de surface.

**Chapitre I**  
**Présentation Et**  
**Contexte Du Projet**

## 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 suivie 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 I.1 : Tronçon de notre projet.

### **I-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 km<sup>2</sup> et une population de 723000 habitants.

### **I-2 - Découpage administratif :**

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

### **I-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.

### **I-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.

## **I-5- Donnes de base :**

### **I-5-1- levé topographique :**

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

### **I-5-2- 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. !**

### **I-5-3-Trafic :**

- TJMA (2011) = 12500V/j
- Le pourcentage (%) des poids lourds  $Z = 25\%$
- Taux de croissance annuel du trafic  $\tau = 7\%$
- Année de mise en service  $n=4$
- Durée de vie : 20 ans

# **Chapitre II**

## **Etude De La Variante**

## II -1 : Introduction :

Les variantes sont en première approximation composées d'alignements droits raccordés par des arcs de cercles.

Définir les caractéristiques d'une route, c'est concevoir les trois éléments géométriques simples qui la composent :

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

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

## II -2 : Le tracé en plan :

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

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

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

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

- L'adaptation de tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les terrassements importants.
- Le raccordement de nouveau tracé au réseau routier existant.
- Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- Eviter au maximum les propriétés privées.
- Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques.
- Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.

- Limiter le pourcentage de longueur des alignements entre 40% et 60% de la longueur total de tracé

C'est en respectant ces règles que le choix des variantes a été réalisé. Notre présent travail s'est basé sur un variante et nous avons essayez de vérifier que ces conditions sont remplies.

### II-2-2- Les éléments de tracé en plan :

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

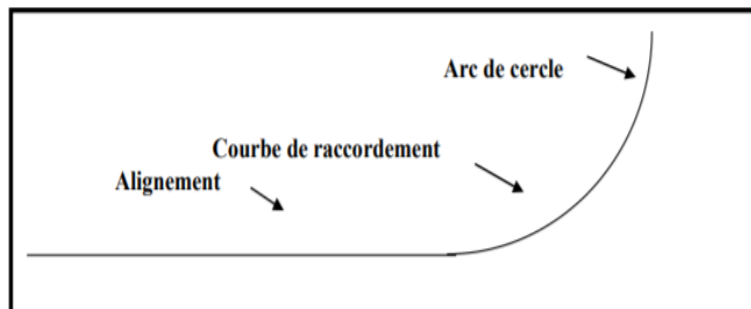


Figure II.1 : Les éléments de tracé en plan.

#### II-2-2-1- Alignement droit:

Bien que le principe de 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-2-2-2- Règles concernant la longueur des alignements :

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

- $L_{\min} = 5 \times \frac{VB}{3.6}$  **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-2-2-3- Arcs en cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

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

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

### II-2-3- Les variantes:

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

#### Les différentes étapes:

L'étude de chaque variante sera axée sur les étapes suivantes :

- Détermination des coordonnées définissant l'axe de notre variante ainsi que les angles
- L'environnement de la route
  - Dénivelée cumulée
  - Sinuosité
- Vitesse de référence  $V_r$
- Les rayons en plan  $R_{Hm}$ ,  $R_{HN}$ ,  $R_{hd}$  et  $R_{Hnd}$
- Choix des rayons en plan
- Détermination de tous les éléments des raccordements circulaires
- Déclivités « profil en long » et rayons verticaux
- Cubatures approchées

### II-2-3-1- 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 :

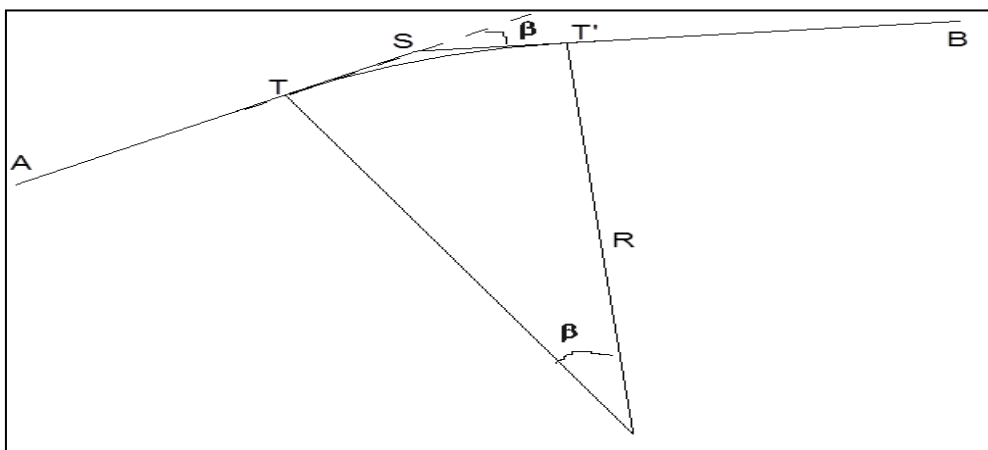


Figure II.2 : Détermination de l'angle au centre.

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

### II-2-3-2- Détermination des éléments des raccordements circulaires :

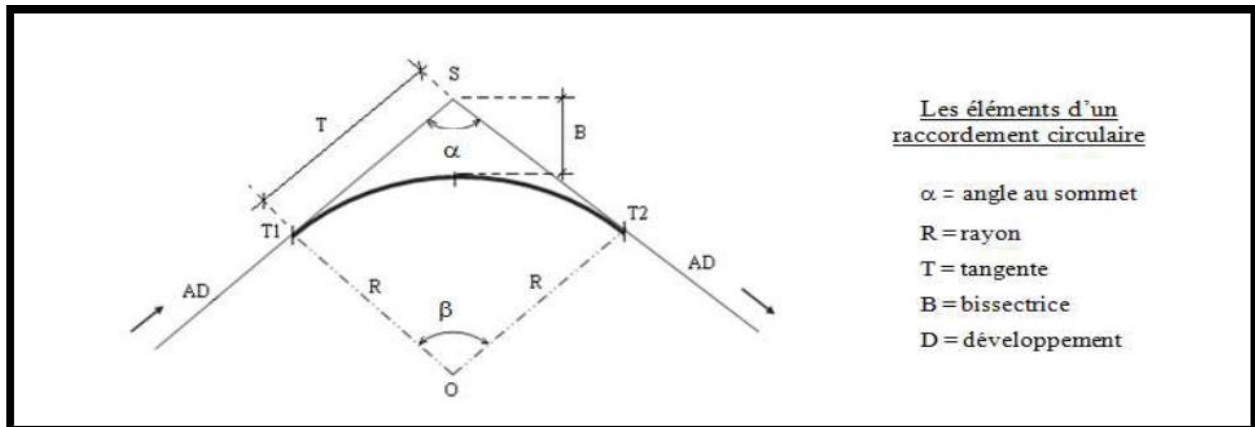


Figure II. 3 : Les éléments d'un raccordement circulaire.

- **angles de déviation au sommet  $\alpha$  :**

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-2-3-3- Environnement de la route : « Ei »

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

- La dénivelée cumulée moyenne.
- La sinuosité.

### II-2-3-4- 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-2-3-5- 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 %).

$D_{\min} = 2.5\%$  en catégorie 1 – 2

$D_{\min} = 3\%$  en catégorie 3– 4

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

❖ **Le rayon non déversé RHnd :**

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

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

**II-2-3-6- Calcul des Cubatures Approchées :**

❖ **Méthode de calcul approximatif :**

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

Par conséquent

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

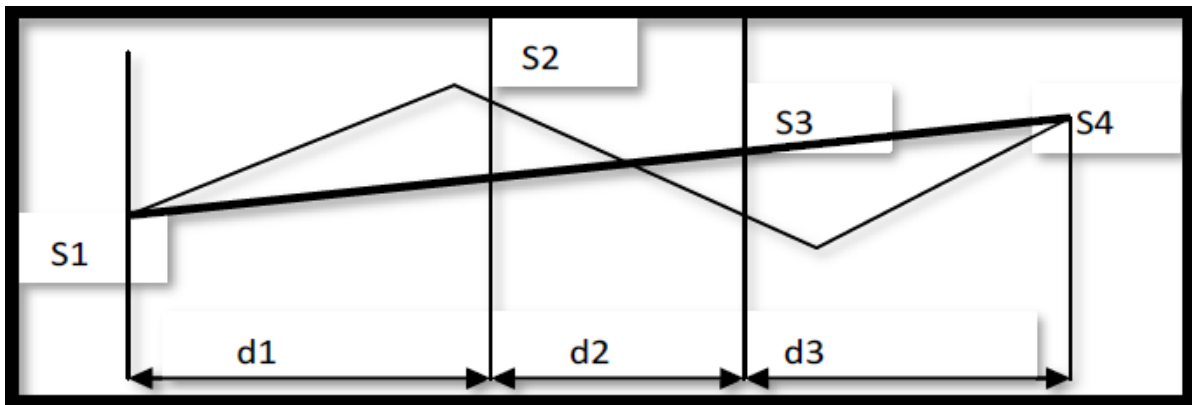
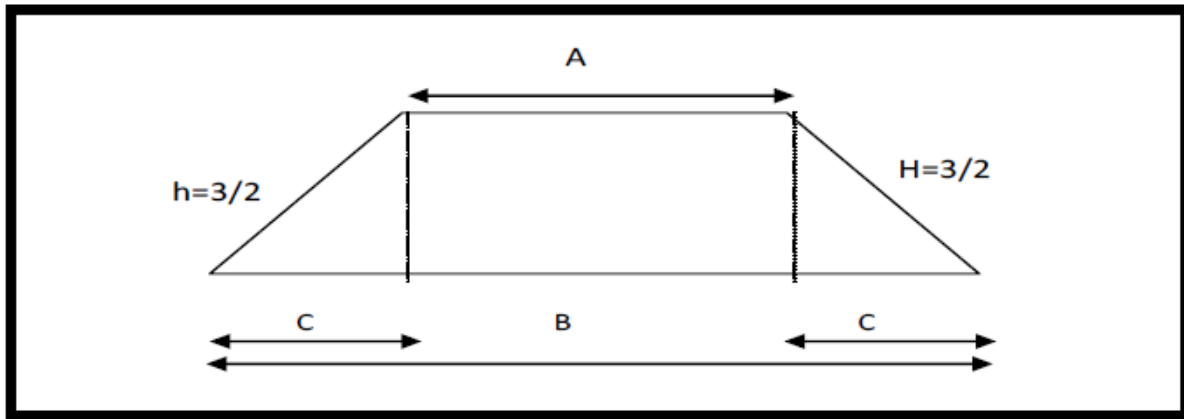


Figure II.4 : Schéma représentant la surface entre profil.

➤ **Calcul des surfaces :**

• **En remblai :**



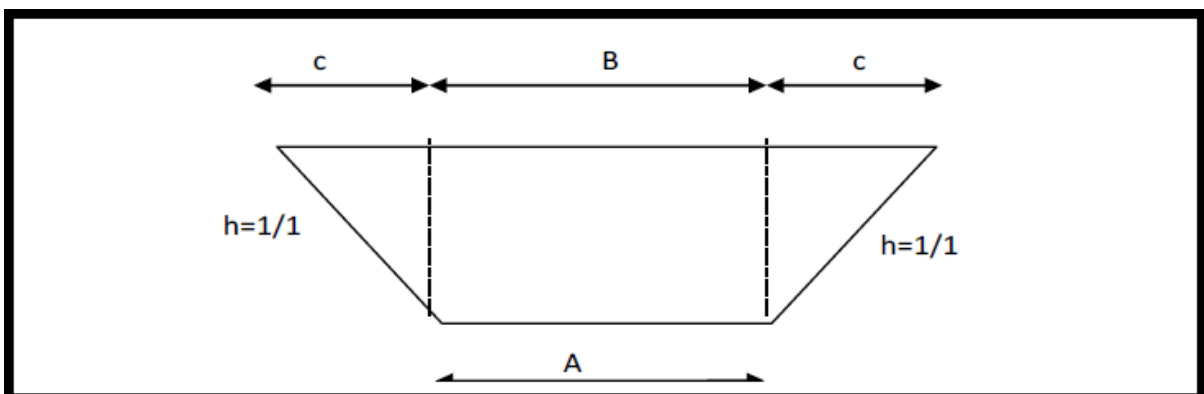
**Figure II.5:** Calcul de surfaces cas de remblai.

Avec :

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

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

• **En déblai :**



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

Avec :

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

**II-3- Etude de la variante :****II-3-1- Les coordonnées des sommets :**

	X	Y
<b>A</b>	257002,25	3977747,77
<b>S1</b>	258289,05	3978579,95
<b>S2</b>	259681,29	3979249,58
<b>B</b>	260230,49	3979583,54

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

**II-3-2- Calcul de gisements et des angles au centre :**

Points	dx	dy	gisement	Distance	Bit(m)
<b>A-S1</b>	1286,8	832,18	63,4545	1532,4418	/
<b>S1S2</b>	1392,24	669,63	71,4597	1544,9066	8,005
<b>S2-B</b>	549,2	333,96	65,2187	642,7674	-6,241

Tableau II.2 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre de la variante.

**II-3-4- Environnement de la route :****A)- Dénivelée moyenne cumulée « H/L » :**

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Point d'axe			DH
			X	Y	Z	
<b>P1</b>	0,000	12,500	257002,250	3977747,772	226,288	0,000
<b>P2</b>	25,000	25,000	257023,243	3977761,348	226,438	0,149
<b>P3</b>	50,000	25,000	257044,235	3977774,924	226,587	0,149
<b>P4</b>	75,000	25,000	257065,228	3977788,500	226,736	0,149
<b>P5</b>	100,000	25,000	257086,220	3977802,076	226,886	0,149
<b>P6</b>	125,000	25,000	257107,213	3977815,652	227,035	0,149
<b>P7</b>	150,000	25,000	257128,206	3977829,229	227,185	0,149
<b>P8</b>	175,000	25,000	257149,198	3977842,805	227,334	0,149
<b>P9</b>	200,000	25,000	257170,191	3977856,381	227,483	0,149
<b>P10</b>	225,000	25,000	257191,184	3977869,957	227,633	0,149
<b>P11</b>	250,000	25,000	257212,176	3977883,533	227,782	0,149
<b>P12</b>	275,000	25,000	257233,169	3977897,109	227,931	0,149
<b>P13</b>	300,000	25,000	257254,161	3977910,685	228,081	0,149

P14	325,000	25,000	257275,154	3977924,261	228,230	0,149
P15	350,000	25,000	257296,147	3977937,837	228,379	0,149
P16	375,000	25,000	257317,139	3977951,413	228,529	0,149
P17	400,000	25,000	257338,132	3977964,989	228,678	0,149
P18	425,000	25,000	257359,125	3977978,565	228,827	0,149
P19	450,000	25,000	257380,117	3977992,141	228,977	0,149
P20	475,000	25,000	257401,110	3978005,718	229,126	0,149
P21	500,000	25,000	257422,102	3978019,294	229,276	0,149
P22	525,000	25,000	257443,095	3978032,870	229,425	0,149
P23	550,000	25,000	257464,088	3978046,446	229,574	0,149
P24	575,000	25,000	257485,080	3978060,022	229,724	0,149
P25	600,000	25,000	257506,073	3978073,598	229,873	0,149
P26	625,000	25,000	257527,066	3978087,174	230,022	0,149
P27	650,000	25,000	257548,058	3978100,750	230,172	0,149
P28	675,000	25,000	257569,051	3978114,326	230,321	0,149
P29	700,000	25,000	257590,043	3978127,902	230,470	0,149
P30	725,000	25,000	257611,036	3978141,478	230,620	0,149
P31	750,000	25,000	257632,029	3978155,054	230,769	0,149
P32	775,000	25,000	257653,021	3978168,630	230,918	0,149
P33	800,000	25,000	257674,014	3978182,206	231,068	0,149
P34	825,000	25,000	257695,007	3978195,783	231,217	0,149
P35	850,000	25,000	257715,999	3978209,359	231,367	0,149
P36	875,000	25,000	257736,992	3978222,935	231,516	0,149
P37	900,000	25,000	257757,984	3978236,511	231,665	0,149
P38	925,000	25,000	257778,977	3978250,087	231,815	0,149
P39	950,000	25,000	257799,970	3978263,663	231,964	0,149
P40	975,000	25,000	257820,962	3978277,239	232,126	0,162
P41	1000,000	25,000	257841,955	3978290,815	232,314	0,187
P42	1025,000	25,000	257862,948	3978304,391	232,526	0,212
P43	1050,000	25,000	257883,940	3978317,967	232,764	0,237
P44	1075,000	25,000	257904,933	3978331,543	233,026	0,262
P45	1100,000	25,000	257925,925	3978345,119	233,314	0,287
P46	1125,000	25,000	257946,918	3978358,695	233,626	0,312
P47	1150,000	14,843	257967,911	3978372,272	233,964	0,337
P48	1154,687	12,500	257971,846	3978374,817	234,030	0,066
P49	1175,000	22,657	257988,922	3978385,819	234,326	0,296
P50	1200,000	25,000	258009,988	3978399,280	234,714	0,387
P51	1225,000	25,000	258031,111	3978412,653	235,126	0,412
P52	1250,000	25,000	258052,289	3978425,938	235,564	0,437
P53	1275,000	25,000	258073,522	3978439,135	236,026	0,462
P54	1300,000	25,000	258094,810	3978452,243	236,514	0,487
P55	1325,000	25,000	258116,152	3978465,262	237,026	0,512
P56	1350,000	25,000	258137,549	3978478,192	237,564	0,537

P57	1375,000	25,000	258158,999	3978491,033	238,126	0,562
P58	1400,000	25,000	258180,502	3978503,785	238,714	0,587
P59	1425,000	25,000	258202,059	3978516,447	239,326	0,612
P60	1450,000	25,000	258223,668	3978529,018	239,964	0,637
P61	1475,000	25,000	258245,329	3978541,500	240,626	0,662
P62	1500,000	25,000	258267,042	3978553,891	241,314	0,687
P63	1525,000	25,000	258288,806	3978566,192	242,026	0,712
P64	1550,000	25,000	258310,622	3978578,402	242,764	0,737
P65	1575,000	25,000	258332,488	3978590,521	243,526	0,762
P66	1600,000	25,000	258354,404	3978602,549	244,313	0,787
P67	1625,000	25,000	258376,371	3978614,485	245,126	0,812
P68	1650,000	25,000	258398,387	3978626,330	245,963	0,837
P69	1675,000	25,000	258420,452	3978638,083	246,826	0,862
P70	1700,000	25,000	258442,566	3978649,744	247,713	0,887
P71	1725,000	25,000	258464,728	3978661,312	248,614	0,901
P72	1750,000	25,000	258486,938	3978672,788	249,515	0,901
P73	1775,000	25,000	258509,196	3978684,172	250,415	0,901
P74	1800,000	25,000	258531,502	3978695,463	251,316	0,901
P75	1825,000	25,000	258553,854	3978706,660	252,216	0,901
P76	1850,000	25,000	258576,252	3978717,765	253,117	0,901
P77	1875,000	25,000	258598,697	3978728,776	254,018	0,901
P78	1900,000	17,098	258621,187	3978739,693	254,918	0,901
P79	1909,195	12,500	258629,470	3978743,685	255,249	0,331
P80	1925,000	20,402	258643,713	3978750,535	255,819	0,569
P81	1950,000	25,000	258666,243	3978761,371	256,719	0,901
P82	1975,000	25,000	258688,772	3978772,207	257,620	0,901
P83	2000,000	25,000	258711,302	3978783,043	258,521	0,901
P84	2025,000	25,000	258733,832	3978793,879	259,421	0,901
P85	2050,000	25,000	258756,361	3978804,715	260,322	0,901
P86	2075,000	25,000	258778,891	3978815,551	261,222	0,901
P87	2100,000	25,000	258801,420	3978826,387	262,123	0,901
P88	2125,000	25,000	258823,950	3978837,223	263,024	0,901
P89	2150,000	25,000	258846,479	3978848,059	263,924	0,901
P90	2175,000	25,000	258869,009	3978858,895	264,825	0,901
P91	2200,000	25,000	258891,539	3978869,731	265,725	0,901
P92	2225,000	25,000	258914,068	3978880,567	266,626	0,901
P93	2250,000	25,000	258936,598	3978891,403	267,527	0,901
P94	2275,000	25,000	258959,127	3978902,239	268,427	0,901
P95	2300,000	25,000	258981,657	3978913,075	269,328	0,901
P96	2325,000	25,000	259004,186	3978923,911	270,228	0,901
P97	2350,000	25,000	259026,716	3978934,747	271,129	0,901
P98	2375,000	25,000	259049,246	3978945,583	272,030	0,901
P99	2400,000	25,000	259071,775	3978956,419	272,930	0,901

<b>P100</b>	2425,000	25,000	259094,305	3978967,255	273,831	0,900
<b>P101</b>	2450,000	25,000	259116,834	3978978,091	274,720	0,889
<b>P102</b>	2475,000	25,000	259139,364	3978988,927	275,591	0,871
<b>P103</b>	2500,000	25,000	259161,893	3978999,763	276,444	0,853
<b>P104</b>	2525,000	25,000	259184,423	3979010,599	277,280	0,835
<b>P105</b>	2550,000	25,000	259206,953	3979021,435	278,097	0,818
<b>P106</b>	2575,000	25,000	259229,482	3979032,271	278,897	0,800
<b>P107</b>	2600,000	25,000	259252,012	3979043,107	279,679	0,782
<b>P108</b>	2625,000	25,000	259274,541	3979053,942	280,443	0,764
<b>P109</b>	2650,000	25,000	259297,071	3979064,778	281,189	0,746
<b>P110</b>	2675,000	25,000	259319,600	3979075,614	281,917	0,728
<b>P111</b>	2700,000	25,000	259342,130	3979086,450	282,628	0,710
<b>P112</b>	2725,000	25,000	259364,660	3979097,286	283,320	0,693
<b>P113</b>	2750,000	25,000	259387,189	3979108,122	283,995	0,675
<b>P114</b>	2775,000	25,000	259409,719	3979118,958	284,652	0,657
<b>P115</b>	2800,000	25,000	259432,248	3979129,794	285,291	0,639
<b>P116</b>	2825,000	15,530	259454,778	3979140,630	285,912	0,621
<b>P117</b>	2831,060	12,500	259460,239	3979143,257	286,060	0,148
<b>P118</b>	2850,000	21,970	259477,292	3979151,499	286,515	0,455
<b>P119</b>	2875,000	25,000	259499,753	3979162,476	287,100	0,585
<b>P120</b>	2900,000	25,000	259522,159	3979173,566	287,668	0,568
<b>P121</b>	2925,000	25,000	259544,509	3979184,767	288,218	0,550
<b>P122</b>	2950,000	25,000	259566,803	3979196,080	288,750	0,533
<b>P123</b>	2975,000	25,000	259589,039	3979207,505	289,275	0,525
<b>P124</b>	3000,000	25,000	259611,219	3979219,040	289,539	0,264
<b>P125</b>	3025,000	25,000	259633,341	3979230,686	289,386	-0,153
<b>P126</b>	3050,000	25,000	259655,404	3979242,443	288,816	-0,569
<b>P127</b>	3075,000	25,000	259677,408	3979254,310	288,054	-0,762
<b>P128</b>	3100,000	25,000	259699,352	3979266,286	287,292	-0,762
<b>P129</b>	3125,000	25,000	259721,236	3979278,373	286,529	-0,762
<b>P130</b>	3150,000	25,000	259743,060	3979290,568	285,767	-0,762
<b>P131</b>	3175,000	25,000	259764,822	3979302,873	285,004	-0,762
<b>P132</b>	3200,000	25,000	259786,523	3979315,286	284,242	-0,762
<b>P133</b>	3225,000	25,000	259808,161	3979327,807	283,480	-0,762
<b>P134</b>	3250,000	25,000	259829,736	3979340,437	282,717	-0,762
<b>P135</b>	3275,000	25,000	259851,248	3979353,174	281,955	-0,762
<b>P136</b>	3300,000	23,127	259872,696	3979366,019	281,192	-0,762
<b>P137</b>	3321,254	12,500	259890,880	3979377,023	280,544	-0,648
<b>P138</b>	3325,000	14,373	259894,080	3979378,969	280,430	-0,114
<b>P139</b>	3350,000	25,000	259915,441	3979391,959	279,667	-0,762
<b>P140</b>	3375,000	25,000	259936,802	3979404,948	278,905	-0,762
<b>P141</b>	3400,000	25,000	259958,162	3979417,937	278,143	-0,762
<b>P142</b>	3425,000	25,000	259979,523	3979430,926	277,380	-0,762

P143	3450,000	25,000	260000,884	3979443,915	276,618	-0,762
P144	3475,000	25,000	260022,245	3979456,904	275,855	-0,762
P145	3500,000	25,000	260043,605	3979469,894	275,093	-0,762
P146	3525,000	25,000	260064,966	3979482,883	274,331	-0,762
P147	3550,000	25,000	260086,327	3979495,872	273,568	-0,762
P148	3575,000	25,000	260107,688	3979508,861	272,806	-0,762
P149	3600,000	25,000	260129,048	3979521,850	272,043	-0,762
P150	3625,000	25,000	260150,409	3979534,840	271,281	-0,762
P151	3650,000	25,000	260171,770	3979547,829	270,519	-0,762
P152	3675,000	25,000	260193,131	3979560,818	269,756	-0,762
P153	3700,000	21,864	260214,491	3979573,807	268,994	-0,762
P154	3718,728	9,364	260230,493	3979583,538	268,423	-0,571
<b>Somme L</b>		3718,727			<b>Somme DH</b>	42,134

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

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 ( $L=L_1+L_2+L_3+\dots+L_n$ ).

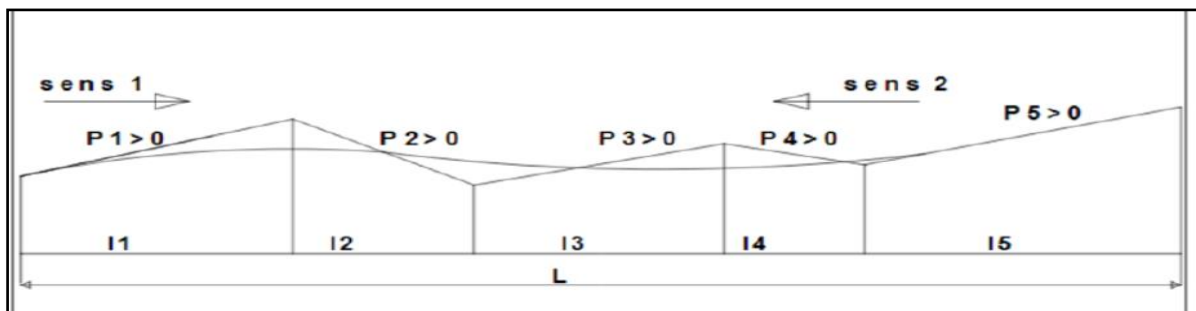


Figure II.7: La dénivelée cumulée moyenne H/L.

### ❖ Dénivelée cumulée moyenne :

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

- $\Sigma \Delta H = 42,134 \text{ m}$  ;
- $\Sigma \text{ Distance} = 3725,447 \text{ m}$  ;

$$Dc = \frac{\Sigma \Delta H}{\Sigma \text{ Distance}} = \frac{42,134}{3718,727} = 0.01133022 \quad \longrightarrow \quad Dc = 1,133 \%$$

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

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

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

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

### B)-Sinueosité :

La sinuosité  $\sigma$  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 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.5:** Sinuosité du "variante ".

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.6 :** Environnement en fonction du relief et de la sinuosité du "variante ".

### Dans notre cas, nous avons :

Terrain Plat

Sinuosité faible  Environnement E1

### II-3-5- La vitesse de référence :

La vitesse est donc fonction de :

- La catégorie
- L'environnement

La catégorie de notre tronçon est **CAT1** et environnement **E1** (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.7 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40. "Variante ".

À partir du tableau III.5, La vitesse à considérer selon les normes est :  $V_r = 100 \text{ Km/h}$ .

### II-3-6- 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.8: Devers en fonction de l'environnement.

#### ✓ Détermination du coefficient transversal $f_t$ :

$V_r$	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.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.10 : Valeur du coefficient « F'' ».

✓ **Tableau récapitulatif :**

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

▪ **Détermination des rayons en plan :**

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

$$RHm = \frac{100^2}{127 (0,11 + 0,07)} \longrightarrow RHm = 437,44 \text{ m}$$

❖ **Le rayon minimal normal (RHN) :**

$$RHN = \frac{(100+20)^2}{127 (0,1 + 0,05)} \longrightarrow RHN = 755,90 \text{ m}$$

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

$$RHd = \frac{100^2}{127 (2 * 0,025)} \longrightarrow RHd = 1574,80 \text{ m}$$

❖ **Le rayon non déversé RHnd :**

$$RHnd = \frac{100^2}{127 (0,06 - 0,025)} \longrightarrow RHnd = 2249,71 \text{ m}$$

### ▪ Paramètres fondamentaux :

D'après le règlement des normes d'aménagements routiers **B40**, pour un environnement E1 et une catégorie **C1** et une vitesse de base **VB = 100 km/h** on définit les paramètres dans le tableau suivants :

Paramètres	Symboles	Valeurs selon B-40	Valeurs calculées
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (7 %)	450 m	437,44
Rayon horizontal normal (m)	RHN (5 %)	600 m	755,90
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (2.5 %)	1600 m	1574,80
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-2.5 %)	2200 m	2249,71

### ▪ 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.

Donc nous avons :

Rayons Choisis(m)	
<b>R1</b>	6000 m
<b>R2</b>	5000 m

### II-2-1-7- Détermination des éléments des raccordements circulaire:

Tableau des résultats :

Virage	Tangente (m)	Bissectrice (m)	Développée (m)	Flèche (m)
<b>R1= 6000</b>	337,726	11,8778	754,508	11,8544
<b>R2= 5000</b>	245,279	6,0126	490,194	6,0053

**Tableau II.11:** Eléments des raccordements circulaires de la variante.

### ▪ Longueur totale des alignements droits : Lad

$$Lad = AT1 + T1T2 + T2B$$

$$Lad = 1154,687 \text{ m} + 921,864 \text{ m} + 397,473 \text{ m} \Rightarrow Lad = 2474,024 \text{ m}$$

### ▪ Longueur totale des arcs de cercles : Lc

$$Lc = D1 + D2$$

$$Lc = 754,508 \text{ m} + 490,194 \text{ m} \Rightarrow Lc = 1244,702 \text{ m}$$

### ▪ Longueur totale du tronçon : LT

$$LT = Lad + Lc$$

$$LT = 2474,024 \text{ m} + 1244,702 \text{ m} \Rightarrow LT = 3718,726 \text{ m}$$

**Pourcentage Alignement droit** % *alig\_Droit* = 66,52 % on prend 67 % donc condition vérifiée.

**Pourcentage Courbe** % *courbe* = 33,47 % on prend 33 % donc condition vérifiée.

**Déclivités - Profil en long :**

Caractéristiques	Long. 2D (m)	Long. 3D (m)	S = Abscisse	Z projet (m)	X	Y	Z TN (m)
			0,000	226,288	257002,250	3977747,772	226,288
Rampe = 0.597 %	949,377	949,394					
			949,377	231,960	257799,446	3978263,325	230,138
Arc de parabole	751,246	751,440					
Rayon = 25000.0000							
			1700,623	247,736	258443,118	3978650,033	240,854
Rampe = 3.602 %	720,628	721,096					
			2421,251	273,696	259090,926	3978965,630	269,951
Arc de parabole	521,198	521,416					
Rayon = -35000.0000							
			2942,450	288,591	259560,076	3979192,652	291,880
Rampe = 2.113 %	29,175	29,181					
			2971,624	289,207	259586,040	3979205,955	290,530
Arc de parabole	77,444	77,453					
Rayon = -1500.0000							
S haut = 3003.324							
Z haut = 289.542							
			3049,068	288,845	259654,582	3979242,003	290,268
Pente = -3.050 %	669,660	669,971					
			3718,728	268,423	260230,493	3979583,538	268,423
Longueur totale	3718,728						

Tableau II.14 : Déclivités- profil en long de la Variante

## II-2-1-8- 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	0,000	12,500	14,01	15,54	29,55	369,416	369,416	0,00	0,00	0,00	0,014	0,014
P2	25,000	25,000	10,84	11,95	22,79	569,688	939,104	0,23	0,22	0,45	11,330	11,344
P3	50,000	25,000	5,67	7,09	12,76	319,111	1258,215	0,59	0,58	1,17	29,156	40,500
P4	75,000	25,000	2,56	3,76	6,32	158,060	1416,275	0,82	0,82	1,65	41,126	81,626
P5	100,000	25,000	0,58	2,30	2,89	72,176	1488,451	1,25	1,05	2,31	57,662	139,288
P6	125,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	5,15	4,08	9,22	230,530	369,819
P7	150,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	10,08	7,29	17,37	434,293	804,112
P8	175,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	14,04	12,03	26,07	651,753	1455,864
P9	200,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	16,95	14,65	31,61	790,165	2246,030
P10	225,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	20,39	19,62	40,01	1000,181	3246,211
P11	250,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	25,05	25,02	50,07	1251,727	4497,938
P12	275,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	30,06	29,42	59,48	1486,923	5984,861
P13	300,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	35,00	34,27	69,27	1731,657	7716,518
P14	325,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	40,07	39,73	79,80	1995,027	9711,545
P15	350,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	44,43	44,64	89,08	2226,948	11938,493
P16	375,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	49,26	49,29	98,55	2463,771	14402,264
P17	400,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	52,40	52,30	104,70	2617,398	17019,662
P18	425,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	57,48	57,28	114,76	2869,003	19888,665
P19	450,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	61,31	60,67	121,98	3049,574	22938,239
P20	475,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	64,67	63,84	128,52	3212,923	26151,162
P21	500,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	67,59	70,08	137,67	3441,759	29592,920
P22	525,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	72,22	73,11	145,33	3633,282	33226,202
P23	550,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	73,53	72,13	145,66	3641,509	36867,711
P24	575,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	73,25	71,87	145,12	3628,032	40495,743
P25	600,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	77,23	76,05	153,28	3832,069	44327,812
P26	625,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	82,06	80,04	162,10	4052,432	48380,244
P27	650,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	85,39	84,05	169,44	4236,077	52616,322
P28	675,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	89,72	88,57	178,29	4457,282	57073,604
P29	700,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	94,32	93,25	187,57	4689,199	61762,803
P30	725,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	98,14	97,08	195,22	4880,578	66643,381
P31	750,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	98,26	93,56	191,81	4795,374	71438,755
P32	775,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	89,08	88,17	177,25	4431,126	75869,882
P33	800,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	105,67	103,93	209,60	5240,030	81109,912
P34	825,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	113,51	108,49	222,00	5550,104	86660,017
P35	850,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	113,25	108,83	222,08	5551,947	92211,963
P36	875,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	112,80	109,40	222,20	5554,953	97766,916
P37	900,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	116,33	113,20	229,52	5738,034	103504,950
P38	925,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	120,28	117,83	238,11	5952,751	109457,701
P39	950,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	125,49	122,83	248,32	6208,021	115665,722
P40	975,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	129,79	126,63	256,42	6410,489	122076,210
P41	1000,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	133,58	129,92	263,51	6587,679	128663,890
P42	1025,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	136,46	130,60	267,06	6676,513	135340,403
P43	1050,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	139,23	129,94	269,17	6729,198	142069,601
P44	1075,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	143,51	134,04	277,56	6938,930	149008,531
P45	1100,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	148,58	146,07	294,65	7366,356	156374,887
P46	1125,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	149,27	145,83	295,10	7377,524	163752,410
P47	1150,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	149,61	147,44	297,05	7426,146	171178,556
P48	1175,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	149,18	143,42	292,60	7315,059	178493,615

P49	1200,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	146,22	139,24	285,45	7136,303	185629,918
P50	1225,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	140,16	132,61	272,77	6819,321	192449,239
P51	1250,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	144,90	136,66	281,57	7039,145	199488,384
P52	1275,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	144,66	132,67	277,33	6933,221	206421,605
P53	1300,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	136,01	122,37	258,38	6459,538	212881,144
P54	1325,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	129,73	118,37	248,10	6202,424	219083,568
P55	1350,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	123,71	114,30	238,01	5950,303	225033,871
P56	1375,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	107,97	106,20	214,18	5354,383	230388,254
P57	1400,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	100,59	98,75	199,34	4983,479	235371,732
P58	1425,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	108,04	95,84	203,89	5097,175	240468,908
P59	1450,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	103,08	95,75	198,83	4970,706	245439,614
P60	1475,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	97,30	90,47	187,76	4694,076	250133,691
P61	1500,000	13,445	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	91,76	83,14	174,91	2351,704	252485,395
P62	1501,891	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	91,54	82,73	174,27	2178,324	254663,719
P63	1525,000	24,055	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	88,70	79,65	168,34	4049,366	258713,085
P64	1550,000	21,633	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	92,77	83,47	176,25	3812,674	262525,759
P65	1568,265	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	98,31	86,00	184,31	2303,891	264829,650
P66	1575,000	15,867	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	98,96	85,53	184,49	2927,384	267757,034
P67	1600,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	115,27	94,32	209,59	5239,836	272996,870
P68	1625,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	105,42	93,10	198,52	4963,108	277959,978
P69	1650,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	107,54	95,38	202,92	5072,956	283032,933
P70	1675,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	108,52	95,47	203,99	5099,794	288132,728
P71	1700,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	109,91	94,96	204,88	5121,908	293254,636
P72	1725,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	107,69	92,75	200,44	5010,877	298265,513
P73	1750,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	103,25	86,98	190,22	4755,525	303021,039
P74	1775,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	97,46	79,44	176,90	4422,456	307443,495
P75	1800,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	89,44	67,41	156,85	3921,257	311364,752
P76	1825,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	83,40	62,03	145,43	3635,788	315000,540
P77	1850,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	79,61	60,38	139,99	3499,846	318500,387
P78	1875,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	74,77	56,27	131,04	3275,948	321776,334
P79	1900,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	66,39	49,52	115,92	2897,884	324674,219
P80	1925,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	57,92	41,67	99,59	2489,851	327164,070
P81	1950,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	58,00	45,54	103,54	2588,465	329752,534
P82	1975,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	55,95	41,06	97,01	2425,221	332177,755
P83	2000,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	51,09	33,59	84,68	2117,063	334294,819
P84	2025,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	47,96	30,26	78,22	1955,576	336250,395
P85	2050,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	55,19	31,59	86,78	2169,551	338419,946
P86	2075,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	57,96	33,99	91,95	2298,757	340718,702
P87	2100,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	57,72	39,13	96,85	2421,343	343140,045
P88	2125,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	55,29	39,34	94,62	2365,542	345505,587
P89	2150,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	56,79	37,77	94,56	2364,067	347869,655
P90	2175,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	52,18	33,46	85,64	2141,095	350010,750
P91	2200,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	45,51	28,10	73,62	1840,391	351851,141
P92	2225,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	41,08	24,35	65,43	1635,826	353486,967
P93	2250,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	39,96	22,46	62,42	1560,555	355047,522
P94	2275,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1488,451	33,63	16,71	50,34	1258,532	356306,054
P95	2300,000	25,000	0,00	4,42	4,42	110,384	1598,835	19,59	3,36	22,95	573,678	356879,732
P96	2325,000	25,000	0,63	18,48	19,11	477,729	2076,563	5,29	0,37	5,66	141,566	357021,298
P97	2350,000	25,000	0,17	17,39	17,56	439,000	2515,563	7,78	0,56	8,35	208,626	357229,924
P98	2375,000	25,000	0,26	17,43	17,69	442,262	2957,825	8,27	0,51	8,78	219,497	357449,421
P99	2400,000	25,000	0,00	13,95	13,95	348,779	3306,603	7,34	0,74	8,08	202,103	357651,524
P100	2425,000	25,000	1,67	18,88	20,55	513,832	3820,436	0,85	0,32	1,17	29,319	357680,843

P101	2450,000	25,000	12,19	29,36	41,55	1038,691	4859,126	0,00	0,00	0,00	0,000	357680,843
P102	2475,000	25,000	29,49	50,26	79,74	1993,606	6852,732	0,00	0,00	0,00	0,000	357680,843
P103	2500,000	25,000	33,30	64,97	98,27	2456,711	9309,443	0,00	0,00	0,00	0,000	357680,843
P104	2525,000	25,000	33,65	67,76	101,41	2535,225	11844,668	0,00	0,00	0,00	0,000	357680,843
P105	2550,000	25,000	27,04	65,01	92,05	2301,221	14145,889	0,00	0,00	0,00	0,000	357680,843
P106	2575,000	25,000	16,45	48,40	64,84	1621,051	15766,939	0,00	0,00	0,00	0,000	357680,843
P107	2600,000	25,000	0,00	25,68	25,68	641,912	16408,852	13,47	0,20	13,67	341,855	358022,698
P108	2625,000	25,000	0,00	9,43	9,43	235,636	16644,488	22,02	3,17	25,19	629,682	358652,380
P109	2650,000	25,000	0,00	0,65	0,65	16,138	16660,626	23,67	7,33	31,00	775,020	359427,401
P110	2675,000	25,000	0,00	6,23	6,23	155,679	16816,305	5,96	1,02	6,98	174,518	359601,919
P111	2700,000	25,000	11,30	38,15	49,46	1236,391	18052,697	8,21	0,00	8,21	205,305	359807,224
P112	2725,000	25,000	37,45	63,79	101,24	2530,880	20583,577	0,42	0,00	0,42	10,564	359817,788
P113	2750,000	25,000	68,76	79,68	148,44	3710,929	24294,506	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P114	2775,000	25,000	66,59	80,70	147,29	3682,288	27976,794	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P115	2800,000	25,000	65,26	80,46	145,71	3642,816	31619,611	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P116	2825,000	25,000	64,72	79,53	144,26	3606,425	35226,036	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P117	2850,000	25,000	63,29	80,20	143,48	3587,033	38813,069	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P118	2875,000	25,000	57,48	74,36	131,84	3296,061	42109,129	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P119	2900,000	25,000	55,89	69,80	125,69	3142,183	45251,313	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P120	2925,000	25,000	53,92	78,49	132,41	3310,295	48561,608	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P121	2950,000	25,000	48,93	71,91	120,85	3021,131	51582,739	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P122	2975,000	25,000	35,61	45,88	81,50	2037,440	53620,179	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P123	3000,000	25,000	39,36	41,77	81,13	2028,143	55648,322	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P124	3025,000	21,835	47,85	63,71	111,56	2435,852	58084,174	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P125	3043,669	12,500	53,66	69,30	122,96	1537,018	59621,192	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P126	3050,000	15,665	54,28	69,42	123,70	1937,773	61558,965	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P127	3075,000	25,000	56,59	69,57	126,16	3154,035	64713,000	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P128	3100,000	22,061	60,58	62,45	123,03	2714,095	67427,095	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P129	3119,122	12,500	85,67	87,99	173,65	2170,668	69597,763	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P130	3125,000	15,439	92,95	92,11	185,06	2857,102	72454,865	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P131	3150,000	25,000	77,56	109,59	187,16	4678,957	77133,822	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P132	3175,000	25,000	62,22	89,07	151,29	3782,213	80916,035	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P133	3200,000	25,000	61,07	71,62	132,69	3317,230	84233,265	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P134	3225,000	25,000	57,94	69,97	127,91	3197,862	87431,127	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P135	3250,000	25,000	53,08	67,81	120,89	3022,298	90453,425	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P136	3275,000	25,000	44,12	55,64	99,76	2493,883	92947,308	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P137	3300,000	25,000	39,66	54,76	94,42	2360,607	95307,916	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P138	3325,000	25,000	38,35	52,54	90,88	2272,064	97579,980	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P139	3350,000	25,000	45,18	56,15	101,33	2533,333	100113,313	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P140	3375,000	25,000	46,28	57,95	104,23	2605,747	102719,060	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P141	3400,000	25,000	40,06	54,87	94,93	2373,301	105092,361	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P142	3425,000	25,000	36,64	50,68	87,32	2182,913	107275,274	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P143	3450,000	25,000	34,24	46,07	80,31	2007,714	109282,988	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P144	3475,000	25,000	36,20	45,31	81,51	2037,654	111320,642	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P145	3500,000	25,000	35,99	44,96	80,95	2023,717	113344,359	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P146	3525,000	25,000	39,84	48,00	87,84	2196,011	115540,370	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P147	3550,000	25,000	47,40	53,35	100,75	2518,790	118059,160	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P148	3575,000	25,000	49,36	54,85	104,21	2605,195	120664,355	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P149	3600,000	25,000	47,04	51,27	98,31	2457,662	123122,017	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P150	3625,000	25,000	40,37	44,27	84,64	2115,967	125237,984	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P151	3650,000	25,000	30,09	35,05	65,14	1628,456	126866,440	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P152	3675,000	25,000	25,95	29,65	55,60	1390,008	128256,448	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788

P153	3700,000	20,982	18,32	24,28	42,60	893,809	129150,257	0,00	0,00	0,00	0,000	359817,788
P154	3716,965	8,482	14,56	19,02	33,58	284,863	129435,120	0,01	0,00	0,01	0,061	359817,849

**Tableau II.12:** Cubatures approchées de la variante.

- **Volume de déblai total :** 129435,120 m<sup>3</sup>.
- **Volume de remblai total :** 359817,849 m<sup>3</sup>.
- **Excès de remblai :** 230382,729 m<sup>3</sup>.

# **Chapitre III**

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

### 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 égale 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 devers nuls dans une pente du profil en long.
- Rechercher un équilibre entre les volumes des remblais et les volumes des déblais dans la partie de tracé neuve.
- Eviter une hauteur excessive en remblai.
- Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des 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 maximale

Pour notre cas la vitesse  $V_r = 100 \text{ km/h}$  donc la pente maximale  $I_{\max} = 5\%$

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

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

### III-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'oeil humain, des obstacles et des distances d'arrêt et de visibilité. Leur conception doit satisfaire à la condition :

- Condition de confort.
- Condition de visibilité

#### ❖ **Condition de confort :**

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

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

$$\text{D'OU: } \begin{cases} R_v \geq 0,3 V^2 & \text{(cat. 1-2).} \\ R_v \geq 0,23 V^2 & \text{(cat 3-4-5).} \end{cases}$$

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

*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 :

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

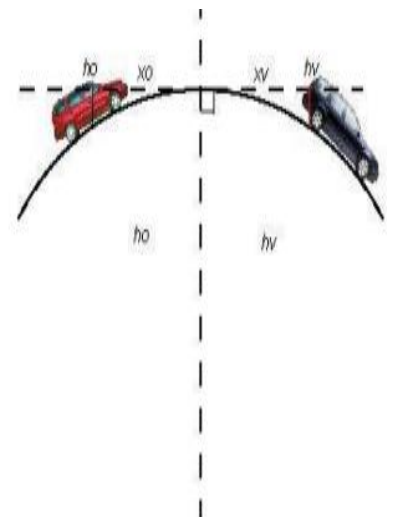
- $d$  : Distance d'arrêt (m).
- $h_0$  : Hauteur de l'oeil (m).
- $h_1$  : Hauteur de l'obstacle (m).

**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 **Vb=100 (Km/h)** et pour la catégorie 1-2 on a :

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	RVm1	6 000
Min- normal	RVN1	12 000
Dépassement	RVD	20 000

Tableau II. III.2 : Rayons convexes *angle saillant*. Cat1, V100

**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.

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

❖ **Rayon minimal absolu :**

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

❖ **Rayon minimal normal :**

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

$$RVN'_{vr} = RVM'(vr + 20).$$

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

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	R' Vm	3 000
Min -normal	R'VN	4 200

Tableau II.III.3 : Rayons concaves (angle rentrant). Cat1, V100

o Condition esthétique :

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

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

Avec :  $d$  : changement des devers.

$R_{v_{\min}}$  : rayon vertical minimal.

III-8- Eléments nécessaires au calcul du profile 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

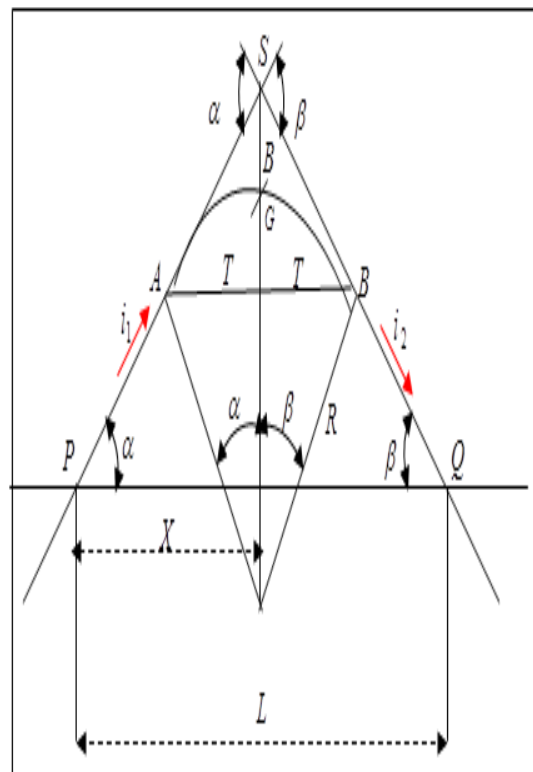


Figure III.1 Eléments du profil en long

**III-9- Détermination pratiques du profil en long :**

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

$$X^2 + Y^2 - 2R Y = 0.$$

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

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

- Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) les points A.D.
- Donnée La pente P<sub>1</sub> de la droite (AS)
- Donnée la pente P<sub>2</sub> de la droite (DS)
- Donnée le rayon R

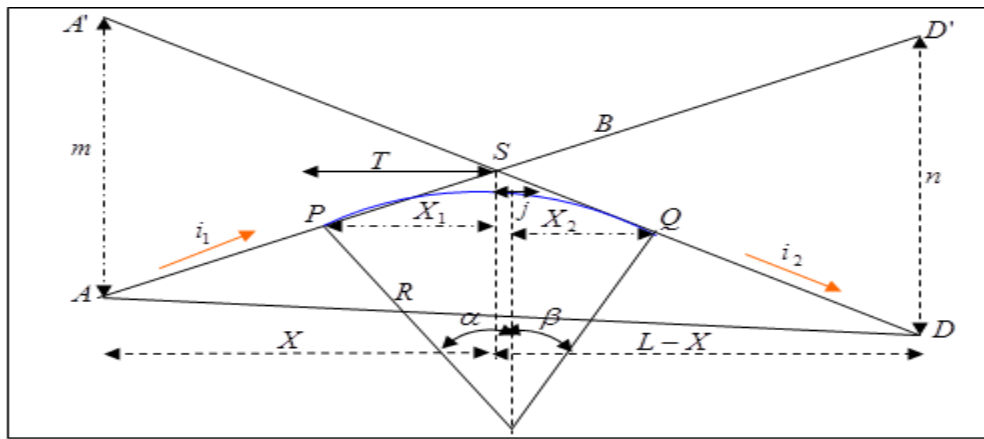


Figure III.2 pratiques du profil en long

❖ **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:

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

$$S \begin{cases} XS = X + XA \\ ZS = p_1X + ZA \end{cases}$$

**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.

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

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

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

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

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

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

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

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

❖ **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 sur la variante choisie:



Catégorie	C1	
Environnement	E1	
Vitesse (km/h)	100	
Rayon en angle saillant RV 	Route unidirectionnelle :	(3x3voies)
	Rvml (minimal absolu) en m	6000
	Rvnl (minimal normal) en m	12000
Rayon en angle rentrant RV 	Route unidirectionnelle :	(3x3voies)
	Rvml (minimal absolu) en m	3000
	Rvnl (minimal normal) en m	4200
Déclivité maximale $I_{max}$ (%)	5	

Tableau II.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 où les déclivités sont de même sens :

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

Exemple :

Pour R = 25000 m

$$\left. \begin{array}{l} P = 0.597 \% \\ P' = 3.602 \% \end{array} \right\} \longrightarrow \text{Déclivité de même sens}$$

$$T = T' = \frac{25000}{200} |0.597 - 3.602| \longrightarrow T = 375.625 \text{ m}$$

2- Calcul de la flèche :

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

$$F = \frac{375.625^2}{2 \cdot 25000} F = 2.821 \text{ m} \longrightarrow$$

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

Elément Sommet	P1 P2	Nature du rayon	Sens des pentes	Les rayons (m)	T (m)	F (m)
S1	0.597 3.602	rentrant	même sens	25000	375.625	2.821
S2	3.602 2.113	saillant	même sens	35000	260.575	0.969
S3	2.113 -3.050	rentrant	diff sens	1500	7.0275	0.016

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

# **Chapitre IV**

## **Les Raccordements**

### **Progressif**

### IV-1- Introduction :

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

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

### IV-2- 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.

### IV-3- Les éléments de la clothoïde :

**A** : Paramètre de la clothoïde.

**M** : Centre de cercle.

**R** : Rayon de cercle.

**K<sub>A</sub>** : Origine de la clothoïde.

**K<sub>E</sub>** : 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<sub>m</sub>** : Abscisse du centre du cercle.

**τ** : Angle des tangentes.

**X** : Abscisse de K<sub>E</sub>.

**Y** : Origine de K<sub>E</sub>.

**T<sub>K</sub>** : tangente courte.

**T<sub>L</sub>** : tangente longue.

**S<sub>L</sub>** : Corde (K<sub>A</sub> – K<sub>E</sub>).

**σ** : Angle polaire.

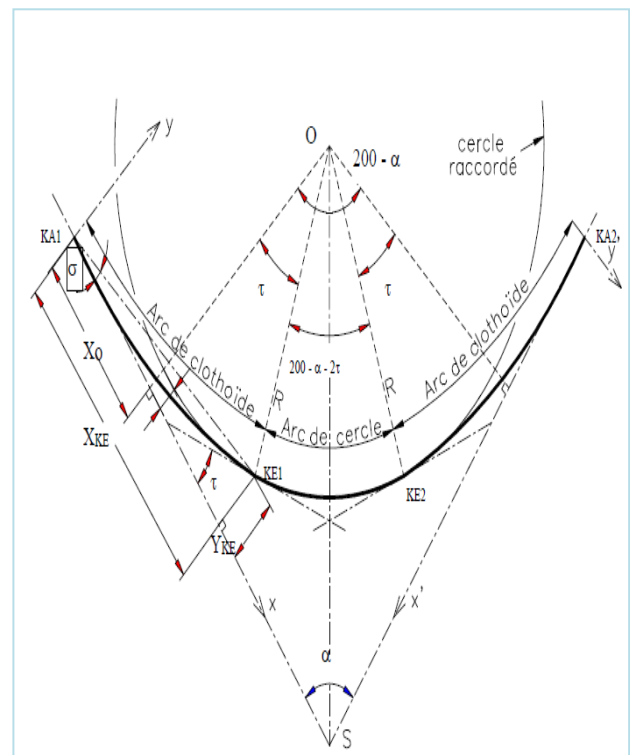


Figure IV.1 : Les éléments de la clothoïde.

#### 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.

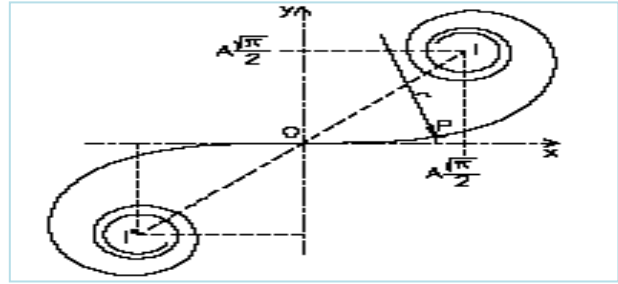


Figure IV.2 : La propriété de clothoïde.

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

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

#### IV-5- Les conditions de raccordement :

##### IV-5-1- Condition de confort optique :

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

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

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

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

- 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).

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

**IV-5-3- Condition de gauchissement :**

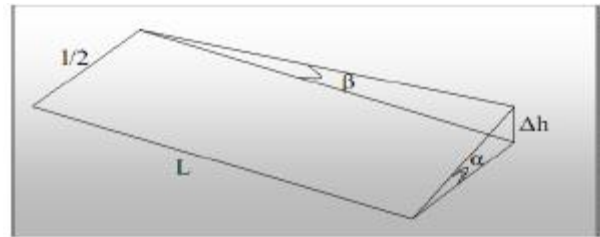
Elle se traduit par la limitation de la pente relative en profil en long du bord de la chaussée déversée.

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

**L** : Longueur de raccordement.

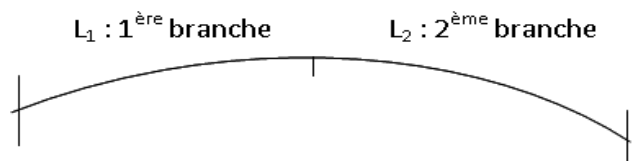
**l** : Largeur de la chaussée.

**Δd** : variation de dévers.



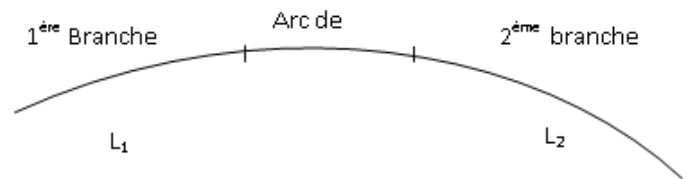
**IV-5-4- La Vérification de non chevauchement :**

**1<sup>er</sup> cas :**  $\tau = \frac{\beta}{2}$



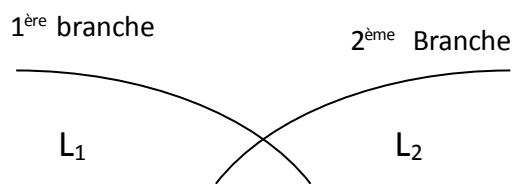
**Clothoïde sans arc de cercle.**

**2<sup>ème</sup> cas :**  $\tau < \frac{\beta}{2}$



**Clothoïde avec arc de cercle.**

**3<sup>ème</sup> cas :**  $\tau > \frac{\beta}{2}$



**Clothoïde impossible.**

**IV-6- Notion de devers :**

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

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

### IV-6 -1- Devers en alignement :

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

### IV-6 -2- Devers en courbe :

En courbe permet de :

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

### IV-6-3- Rayon de courbure :

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

Les valeurs préconisées pour les normes algériennes sont les suivantes :

	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.

### IV-6 -4- Calcul des devers :

#### ✚ 1er cas :

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

#### ✚ 2ème cas :

Le rayon choisi :  $R_{Hd} \leq R \leq R_{HNd} \rightarrow$  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  $RH_m < R < RH_N$ , la route est déversée à l'intérieur du virage et « d » est calculé par interpolation linéaire en  $1/R$ .

$$\frac{d(R) - d(RH_N)}{\frac{1}{R} - \frac{1}{RH_N}} = \frac{d(RH_m) - d(RH_N)}{\frac{1}{RH_m} - \frac{1}{RH_N}}$$

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

**IV-7- Application de projet :**

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

Symboles	Valeurs calculées	Valeurs selon B-40
RH <sub>m</sub> (7 %)	437,44	450
RH <sub>N</sub> (5 %)	755,90	600
RH <sub>d</sub> (2.5 %)	1574,80	1600
RH <sub>nd</sub> (-2.5 %)	2249,71	2200

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

Dévers associé d(R)	
d(R1)	5.37 %
d(R2)	6.35 %

Rayons Choisis(m)	
R1	600
R2	500

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

Exemple pour R=500 m :

**a- Condition d'optique :**

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

$$L \geq \sqrt{24 \times 500 \times 1} L_1 \geq 109,545 \text{ m}$$

**b- Condition de gauchissement :**

$$L2 \geq L \cdot \Delta d \cdot Vr \text{ Avec : } \Delta d = df - di \Delta d = 5 - (-2,5) \Delta d = 7.5 \%$$

- L = 32 m
- Vr = 100 Km/ h

$$L2 \geq 32 \times 0.075 \times 100 \quad L2 \geq 240m.$$

**c- Condition dynamique :**

$$L3 \geq \frac{100^2}{18} \left( \frac{100^2}{127.1500} - 0.075 \right) \quad L3 \geq 45,822 \text{ m}$$

$$L = \text{Max} (L1, L2, L3) = 240 \text{ m.}$$

N° Virage s	Conditions				Lmax (m)	L choisie (m)	Remarques
	Optique	gauchissement	dynamique	Non Chevauchement			
	L1	L2	L3	$\tau$ (g) $\beta/2$ (gr)			
<b>1</b>	120	240	31,24	3,71    18,268	240	242	P.de che
<b>2</b>	109,544	240	45,82	4,45    13,807	240	242	P.de che

**Tableau IV.1:** Longueur de la clothoïde.

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

Paramètre de la clothoïde		Virage 1	Virage 2
<b>R</b>	Rayon (m)	600	500
<b>L</b>	Longueur de la clothoïde (m)	242	242
<b>A = <math>\sqrt{R \cdot L}</math></b>	Paramètre de la clothoïde (m)	381.0511	347.8505
<b><math>\alpha = 200 - \beta</math></b>	Angle au sommet (gr)	163.464	172.386
<b><math>\beta = 200 - \alpha</math></b>	Angle au centre (gr)	36,536	27,614
<b><math>\tau = L/2 \cdot R</math></b>	Angle des tangentes (gr)	12.8384	15.406
<b><math>\gamma = 200 - \alpha - 2\tau</math></b>	Angle au centre Partie circulaire (gr)	10.8592	3.198

$X_{KE}=L - (L^3/40.R^2)$	Abscisse de l'extrémité de la clothoïde.	241.0157	243.4117
$Y_{KE}=L^2/6.R$	Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde.	16.2677	19.5213
$\Theta = \arctg(Y_{KE}/X_{KE})$	Angle Polaire (gr)	4.2904	5.0947
$L_{cercle}=\pi.R.\Theta/200$	Long. de la partie circulaire (m)	40.4360	40.0136
$SL=\sqrt{(X_{KE}^2+Y_{KE}^2)}$	Longueur de la corde KA-KE (m)	241.5640	244.1932
$X_o= X_{KE} - R.\sin \tau$	Abscisse du centre (m)	120.8351	123.5908
$Y_o=Y_{KE}+R.\cos\tau$	Ordonnées du centre (m)	604.1083	504.9551
<b>KA-O</b>	Distance Ka-cente (m)	616.0746	519.8599
$\Delta R=L^2/24.R$	Ripage (m)	1.006	1.004
$D_{cercle} = \pi R\gamma/200$	Developpée de cercle	102.4397	25.117
$DT=2L +D_{cercle}$	Développée totale (m)	586.4397	509.117
$TK= Y_{KE}/\sin \tau$	Tangente longue (m)	81.2162	81.4603
$TL= X_{KE}-(Y_{KE}/\cos\tau)$	Tangente courte (m)	224.4111	223.3045
<b>Bissectrice</b>	Bissectrice (m)	25,85	11,99

Tableau IV.2: Paramètres de clothoïde.

# **Chapitre V**

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

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

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

**b) Compactages manuels :**

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

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

**❖ Comptages automatiques :**

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

**❖ Compactages directionnels :**

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

**c) Enquêtes simplifiées :**

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

**d) Enquêtes complètes :**

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

**V-4- Différents 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 tintions.

**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.

$\tau$ : 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<sub>eff</sub>** : 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.

- **Valeur de K1 :**

Environnement	E1	E2	E3
K <sub>1</sub>	0.75	0.85	0.90-0.95

Tableau 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 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 V.4 : valeurs de **C<sub>th</sub>** 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** a **Q<sub>admet</sub>** 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<sub>adm</sub>**: Débit admissible par voie.

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

**V-6- Application de projet :**✓ **Donnée de trafics :**

On se basant sur les résultats des comptages, et des prévisions effectuées en 2011 par et on a fait une projection pour une durée de vie de 20 ans pour la Route à partir de sa mise en service est en 2016.

- TJMA (2011) = 12500V/j
- Le pourcentage (%) des poids lourds  $Z = 25\%$
- Taux de croissance annuel du trafic  $\tau = 7\%$
- Année de mise en service  $n=4$
- Environnement E1 catégorie 1

**V-6- 1- Calcul de TJMA horizon :**

$$T_n = T_0 (1 + \tau)^n \rightarrow TJMA_{2016} = 12500 \times (1 + 0,07)^4 \rightarrow TJMA_{2016} = 16385 \text{ v/j}$$

**V-6- 2- Calcul de TJMA horizon à la 20<sup>ème</sup> année :**

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

**V-6- 3- Calcul de trafic effectif :**

$$T_{eff} = [(1-Z) + PZ]. T_n \rightarrow T_{eff2036} = [(1 - 0,25) + 3 \times 0,25] \times 63405 \rightarrow T_{eff2036} = 95107,5 \text{ uvp/j}$$

**V-6- 4- Débit de point horaire normal :**

$$Q = 0,12 T_{eff} \rightarrow Q_{2036} = 0,12 \times 95107,5 \rightarrow Q_{2036} = 11412,9 \text{ uvp/j}$$

On a catégorie 01 donc  $C_{th} = 3200 \text{ uvp/h}$

$$\text{D'après B40 : } Q_{adm} = 0,75 \times 1 \times 3200 \rightarrow Q_{adm} = 2400 \text{ uvp/j}$$

**V-6- 5- Nombre de voie :**

$$N = 2/3 \times (Q/Q_{adm}) \rightarrow N = 2/3 \times (11412,9/2400) \rightarrow N = 3,17 \Rightarrow \mathbf{3 \text{ voies.}}$$

**On adopte pour la Route le profil 2x3 voies.**

**V-6- 6- Conclusion :**

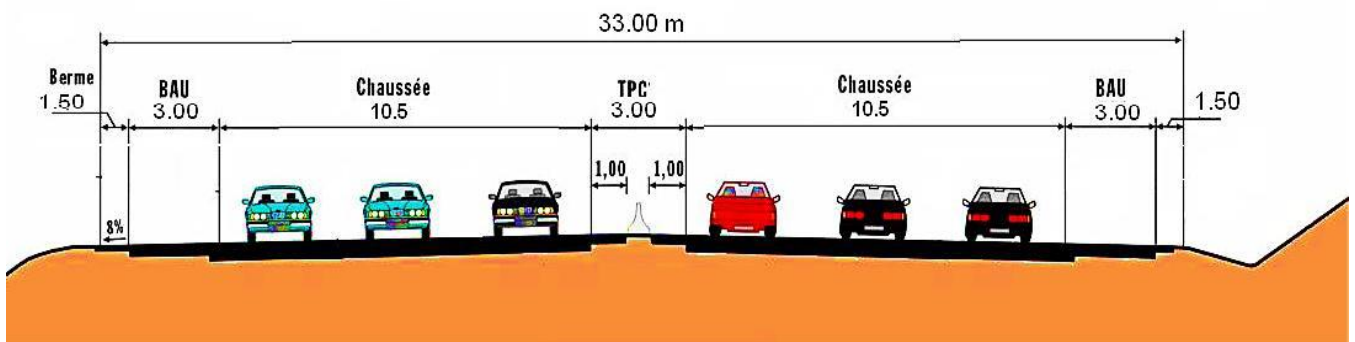
Le profil en travers retenu pour notre projet est défini comme suit :

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.

Donc pour notre cas :

- Le nombre de voies : 3 voies par sens.
- La largeur de la chaussée :  $3 \times 3,50 = 10,50\text{m}$

**Profil en travers type  
2x3 voies**



**Figure: Profil en travers type.**

# **Chapitre V**

## **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.

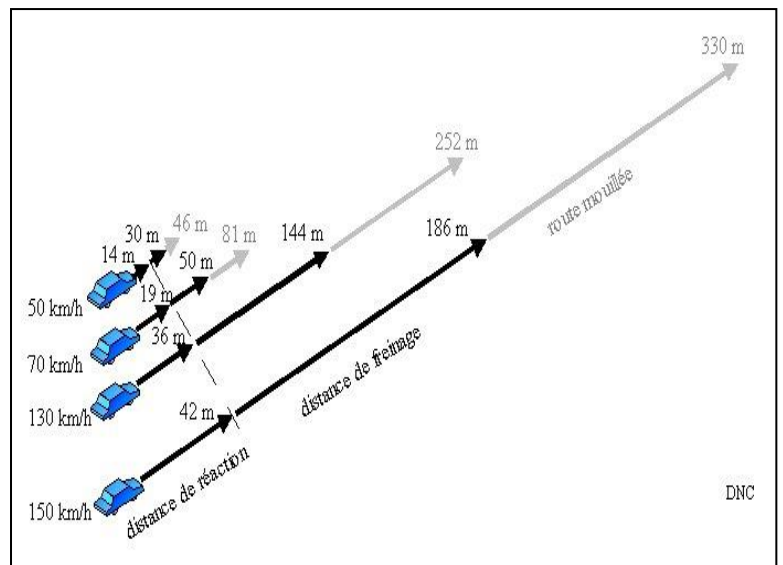
Ces paramètres sont :

**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.

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



Avec :

$V_r$  : vitesse de référence  $V_r=100 \text{ Km/h}$ .

$i$ :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 5	$f_{l2}$	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).

Catégorie 1  $V_r = 100 \text{ Km/h} \implies f_l = 0,36$

$$\text{Palier} \Rightarrow d_0 = 0.04 \frac{V_r^2 (\text{km/h})}{g \cdot f \ell}$$

$$\text{Pente} \Rightarrow d_0 = 0.04 \frac{V_r^2 (\text{km/h})}{g(f \ell - i)}$$

$$\text{Rampe} \Rightarrow d_0 = 0.04 \frac{V_r^2 (\text{km/h})}{g(f \ell + i)}$$

### VI-3- Distance d'arrêt en alignement droit ( $d_1$ ) :

C'est la distance minimum parcourue par un véhicule entre le moment où l'obstacle devient visible et celui où le véhicule s'arrête.

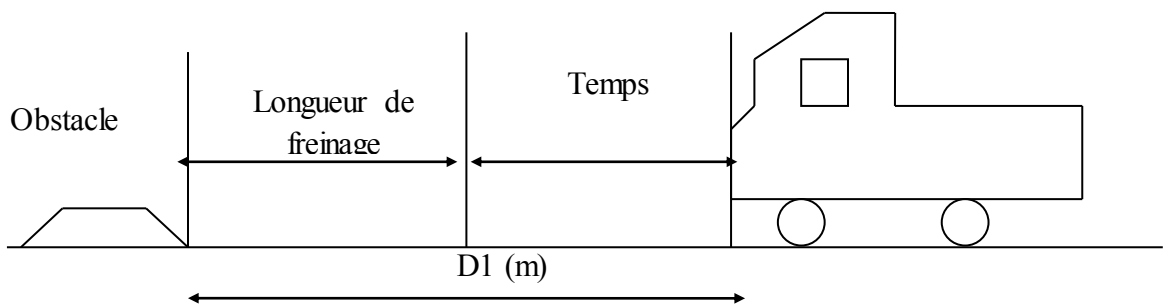


Figure N° : distance d'arrêt en alignement droit.

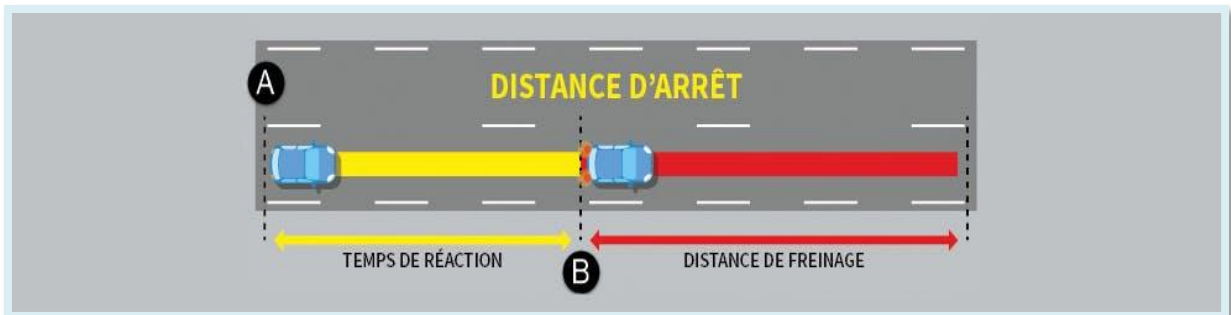


Figure N° : Temps de perception-réaction

$$V_r > 80 (\text{km/h}) \rightarrow t = 1.8 \text{ s} \rightarrow d_1 = d_0 + 0.50 V_r (\text{km/h})$$

$$V_r \leq 80 (\text{km/h}) \rightarrow t = 2 \text{ s} \rightarrow d_1 = d_0 + 0.56 V_r (\text{km/h})$$

$$\text{Pour } V_r = 100 \text{ km/h} \rightarrow t = 1.8 \text{ s} \rightarrow$$

$$d_1 = d_0 + 0.50 V_r$$

**VI-4- Distance d'arrêt en courbes (d<sub>2</sub>) :**

$$V_r > 60 \text{ (km/h)} \rightarrow t = 1.8 \text{ s} \rightarrow d_1 = 1.25 \times d_0 + 0.50 V_r$$

$$V_r \leq 60 \text{ (km/h)} \rightarrow t = 2 \text{ s} \rightarrow d_1 = 1.25 \times d_0 + 0.56 V_r$$

$$d_2 = 1,25 d_0 + 0,50 V_r$$

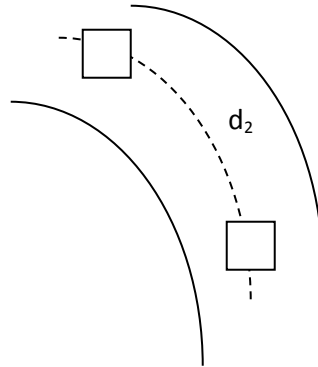


Figure N° : Distance d'arrêt en courbe.

**VI-5- Distance de visibilité de manœuvre de dépassement :**

C'est la distance de visibilité permettant en sécurité au véhicule dépassant d'abandonner en freinant ou de poursuivre en accélérant une manœuvre de dépassement amorcée dans l'hypothèse où le véhicule adverse freine.

**Valeurs retenues (voir tableau ci-après)**

	V <sub>r</sub> (km/h)	40	60	80	100	120
	Toutes catégories	Distance de visibilité et de dépassement				
▪ Minimale d <sub>m</sub> (m)		150	250	325	<b>425</b>	550
▪ Normale d <sub>N</sub> (m)		250	350	500	<b>625</b>	800
	Distance de visibilité de manœuvre de dépassement d <sub>md</sub>	70	120	200	<b>300</b>	425

Tableau N° : Distance de visibilité de manœuvre de dépassement.

### VI-6- Distance de sécurité entre véhicules :

C'est la distance de sécurité, nécessaire entre deux véhicules qui se suivent pour éviter toute collision. Il suffit que l'intervalle soit supérieur à la distance parcourue pendant le temps de perception et de réaction.

#### *Application au projet :*

#### Distance de freinage :

- **En alignement droit :  $i = 0$ ;**

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{100^2}{10(0,36)} \longrightarrow d_0 = 111,11 \text{ m}$$

- **En Rampe avec  $i=0,597\%$**

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{100^2}{10(0,36 + 0,00597)} \longrightarrow d_0 = 109,27 \text{ m}$$

- **En Rampe avec :  $i = 3,602\%$**

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{100^2}{10(0,36 + 0,03602)} \longrightarrow d_0 = 101 \text{ m}$$

- **En Rampe avec  $i= 2,113\%$**

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{100^2}{10(0,36 + 0,02113)} \longrightarrow d_0 = 104,95 \text{ m}$$

- **En Pente avec :  $i=-3,050\%$**

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{100^2}{10(0,36 - 0,0305)} \longrightarrow d_0 = 121,39 \text{ m}$$

#### Distance d'arrêt en alignement droit ( $d_1$ ) :

Pour  $d_0 = 111,11 \text{ m} \rightarrow d_1 = 0,50 (100) + 111,11 = \mathbf{161,11 \text{ m}}$

Pour  $d_0 = 109,27 \text{ m} \rightarrow d_1 = 0,50 (100) + 109,27 = \mathbf{159,27 \text{ m}}$

Pour  $d_0 = 101,00 \text{ m} \rightarrow d_1 = 0,50 (100) + 101,00 = \mathbf{151,00 \text{ m}}$

Pour  $d_0 = 104,95 \text{ m} \rightarrow d_1 = 0,50 (100) + 104,95 = \mathbf{154,95 \text{ m}}$

Pour  $d_0 = 121,39 \text{ m} \rightarrow d_1 = 0,50 (100) + 121,39 = \mathbf{171,39 \text{ m}}$

Distance d'arrêt en courbes ( $d_2$ ) :

Pour  $d_0 = 111,11 \text{ m} \rightarrow d_2 = 1,25 \times 111,11 + 0,50 (100) = \mathbf{188,89 \text{ m}}$

Pour  $d_0 = 109,27 \text{ m} \rightarrow d_2 = 1,25 \times 109,27 + 0,50 (100) = \mathbf{186,59 \text{ m}}$

Pour  $d_0 = 101,00 \text{ m} \rightarrow d_2 = 1,25 \times 101,00 + 0,50 (100) = \mathbf{176,25 \text{ m}}$

Pour  $d_0 = 104,95 \text{ m} \rightarrow d_2 = 1,25 \times 104,95 + 0,50 (100) = \mathbf{181,19 \text{ m}}$

Pour  $d_0 = 121,39 \text{ m} \rightarrow d_2 = 1,25 \times 121,39 + 0,50 (100) = \mathbf{201,74 \text{ m}}$

**VI-7- 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.

$$d_p = d + \frac{6}{3.6} V_r \quad V_r \text{ est en Km/h}$$

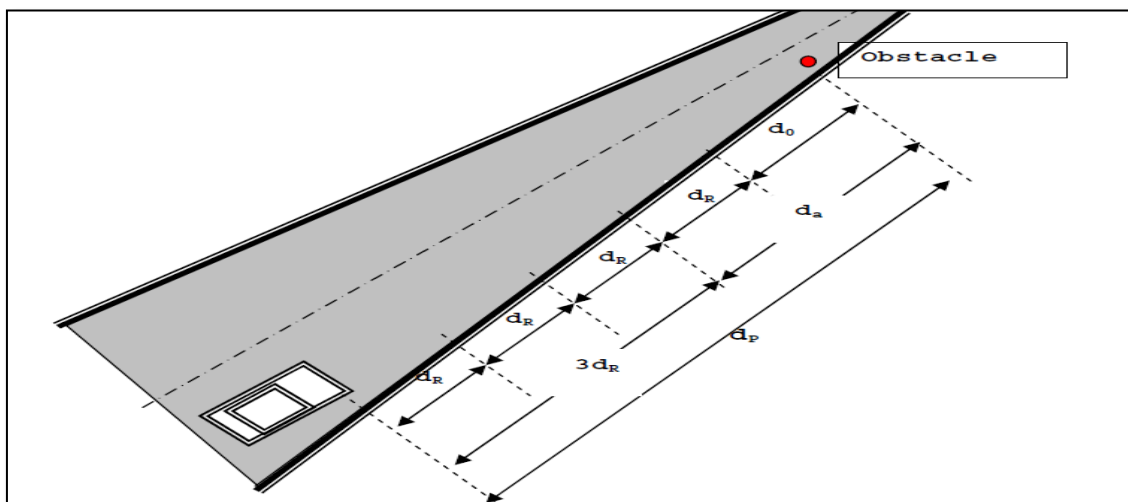


Figure VI.3 : Distance de perception.

**Application :****a- En alignement droit :**

**En palier:**  $d_p = 161,11 + (6/3,6) \times 100 = 327,78 \text{ m}$

**En rampe:**  $d_p = 159,27 + (6/3,6) \times 100 = 325,94 \text{ m}$

**En rampe:**  $d_p = 151,00 + (6/3,6) \times 100 = 317,67 \text{ m}$

**En rampe:**  $d_p = 154,95 + (6/3,6) \times 100 = 321,62 \text{ m}$

**En pente:**  $d_p = 171,39 + (6/3,6) \times 100 = 338,06 \text{ m}$

**b- En courbe :**

$$\text{En palier : } dp = 188,89 + (6/3,6) \times 100 = 355,56 \text{ m}$$

$$\text{En rampe } i=0,597: dp = 186,59 + (6/3,6) \times 100 = 353,26 \text{ m}$$

$$\text{En rampe } i=3,602: dp = 176,25 + (6/3,6) \times 100 = 342,92 \text{ m}$$

$$\text{En rampe } i=2,113: dp = 181,19 + (6/3,6) \times 100 = 347,86 \text{ m}$$

$$\text{En pente } i=-3,050: dp = 201,74 + (6/3,6) \times 100 = 368,41 \text{ m}$$

**VI-8- Espacement entre deux véhicules :**

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

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

L'espacement sera donc théoriquement :

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

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

$l$  : longueur moyenne d'un véhicule

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

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

Distance de sécurité sera donc :

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

Soit  $E$  l'espacement supplémentaire de sécurité :

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

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

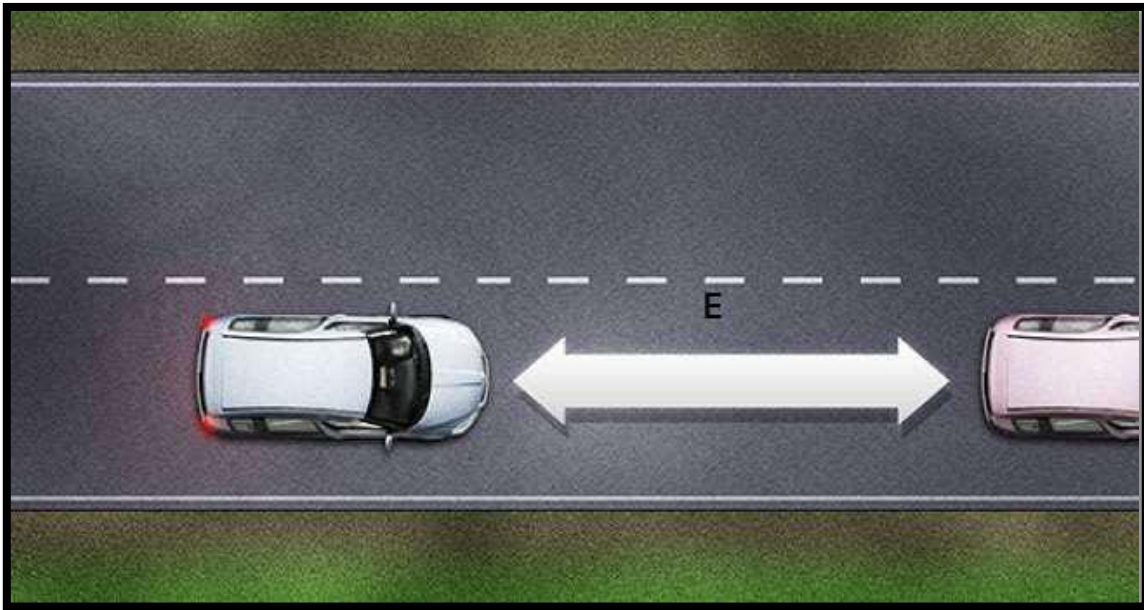
**Avec :**

$V$  : 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 «  $E_s$  », en prenant un créneau temps de sécurité entre deux véhicules  $T_s$  égale à 1,2 secondes.

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



**Figure :** 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 :**

$$E_s = \frac{V}{5} + 1 = \frac{100}{5} + 5 = 25 \text{ m}$$

➤ **2ème Cas :**

$$E_s = \frac{V}{3} = \frac{100}{3} = 33,33 \text{ m}$$

**Chapitre VII**  
**Dimensionnement du**  
**corps de chaussée**

## VII-1- Introduction :

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

Et aussi des gradients thermiques, pluie, neige, 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 :

### VII-2-1 Définition :

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

A la suite, la chaussée est appelée à :

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

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

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

## VII-2-2 Différents types de chaussées:

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

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

### VII-2-2-1- Chaussée souple :

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

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

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

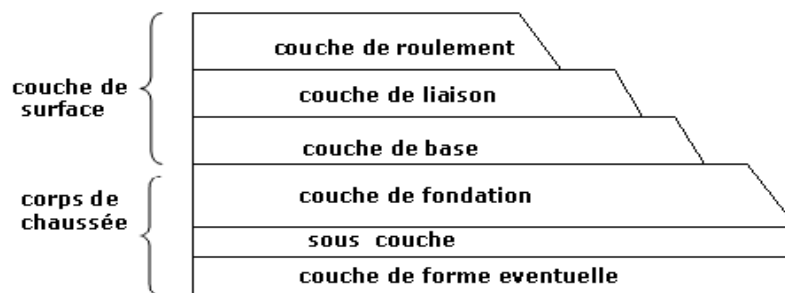


Figure N°24 : Coupe type d'une chaussée souple.

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

#### a)- Couche de roulement (surface) :

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

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

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

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

**b)- Couche de base:**

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

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

**c)- Couche de fondation:**

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

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

**d)- Couche de forme:**

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

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

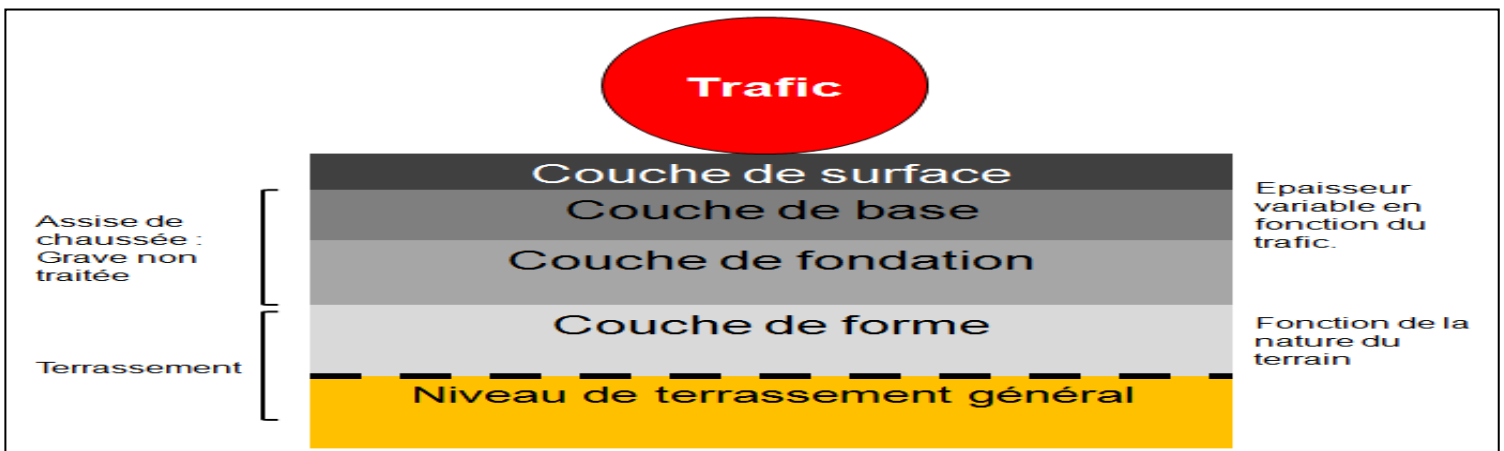


Figure VII.1 : Structure type d'une chaussée souple.

**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.

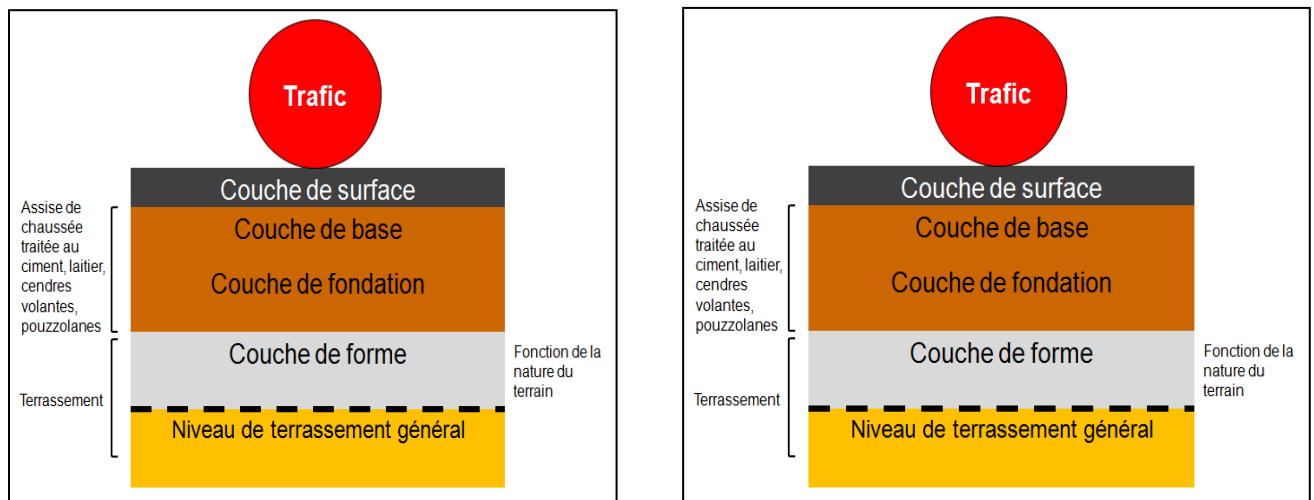


Figure VII.2 : Structure type d'une chaussée semi-rigide.

**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).

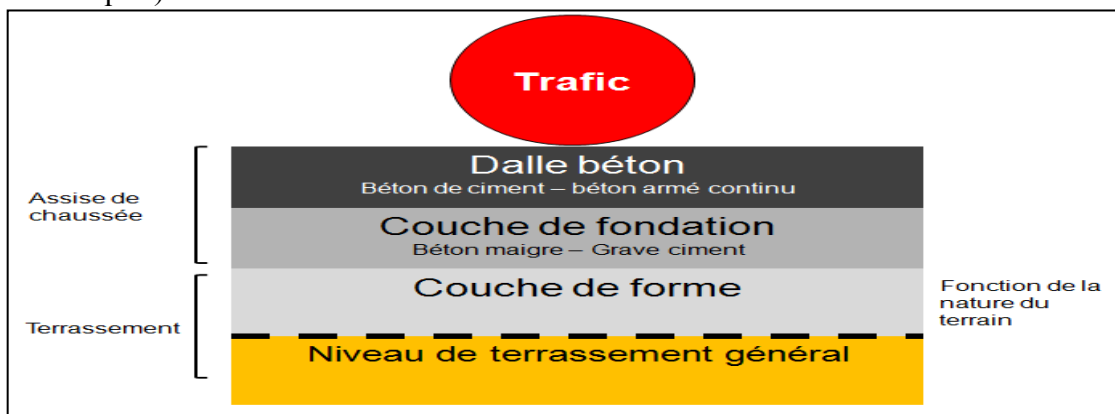


Figure VII.3 : Structure type d'une chaussée rigide.

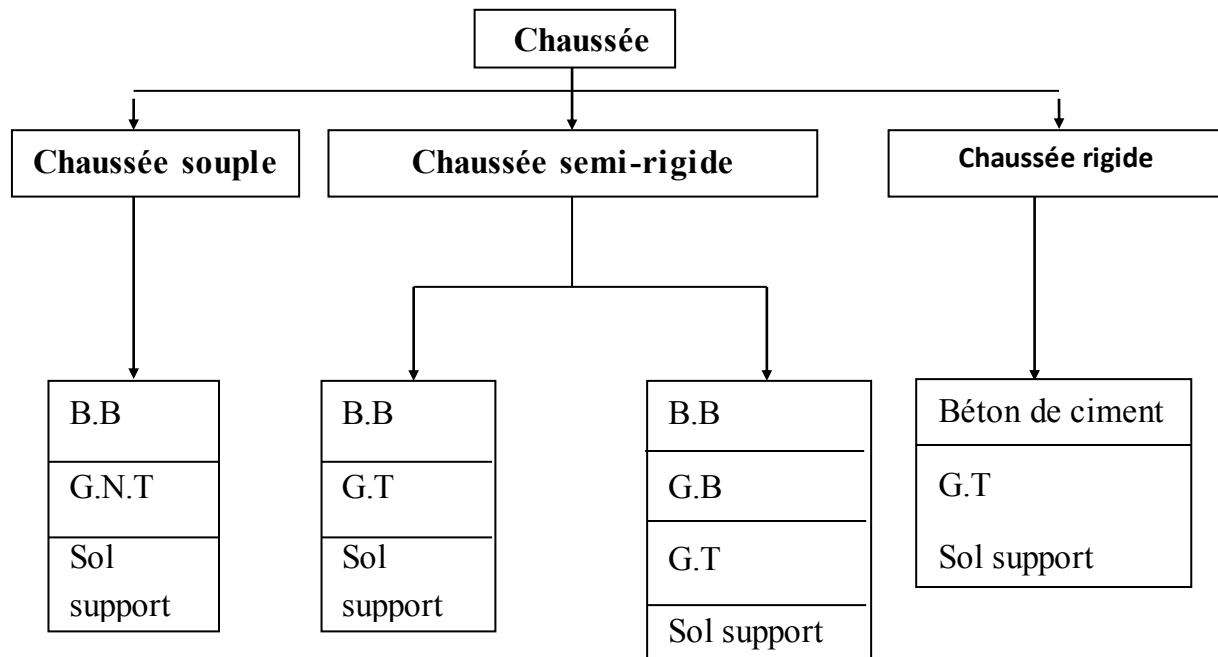


Figure I-2 : les principales structures types de chaussée.

**BB** : béton bitumineux.

**GT** : grave traitée.

**GB** : grave bitume.

**G.N.T** : grave non traitée.

### VII-3- Les Différents Facteurs à 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 à 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:

$$e_{eq} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$$

**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 :

### VII-5-1- Données de l'étude :

Chaussée unidirectionnelle à trois voies,

- ✚ Le trafic à l'année 2016 :  $TJMA_{2016} = 16385 \text{ v/j}$ .
- ✚ 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))

### VII-5-2- Répartition de trafic :

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

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

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

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

### VII-5-3- Calcul d'épaisseur:

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

$$e = 87 \text{ cm}$$

### VII-5- 4- Epaisseur équivalente :

$$e \text{ équivalente} = a1 \times e1 + a2 \times e2 + a3 \times e3$$

- e1: épaisseur réelle de la couche de surface.

- e2: épaisseur réelle de la couche de base.
- e3: épaisseur réelle de la couche de fondation

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

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

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche :

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

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

• Couche de fondation en Couche de fondation en Grave concassée GC :  $e_3?$  et  $a_3 = 1$

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

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
	<b>Somme</b>	74	74.9

Tableau VII.4: épaisseurs du corps de chaussée

Notre structure comporte : **6 BB + 11 GB + 25 GNT + 32 TUF**

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

	<b>6 BB</b>
	<b>11 GB</b>
	<b>25 GNT</b>
	<b>32 TUF</b>

Figure VII.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 :

➤ *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).

➤ *Profil en travers courants :*

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

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

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

**a) - La chaussée :**

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

**b) - La largeur roulable:**

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

**c) - La plate forme :**

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

**d) - Assiette :**

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

### e) - L'emprise :

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

### f) - Les accotements :

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

Ils comportent généralement les éléments suivants :

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

### g) - Le terre-plein central :

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

### h) - Le fossé :

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

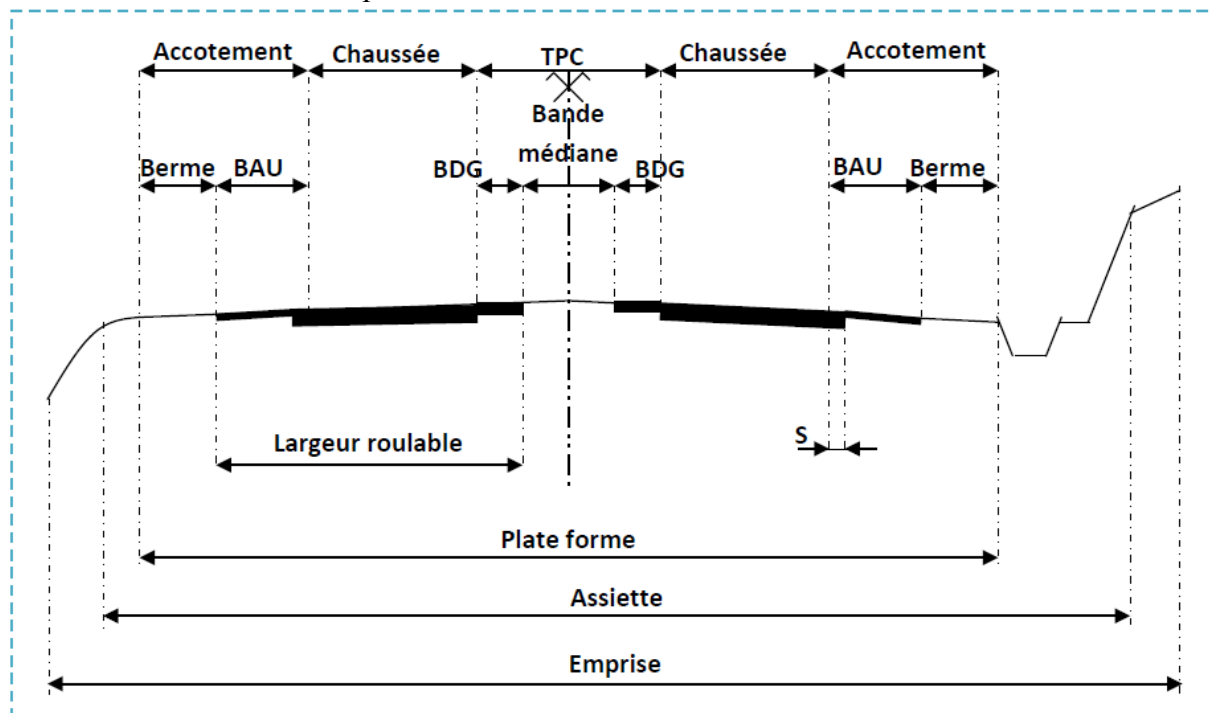


Figure VIII.1: Les éléments constitutifs du profil en travers.

### 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.

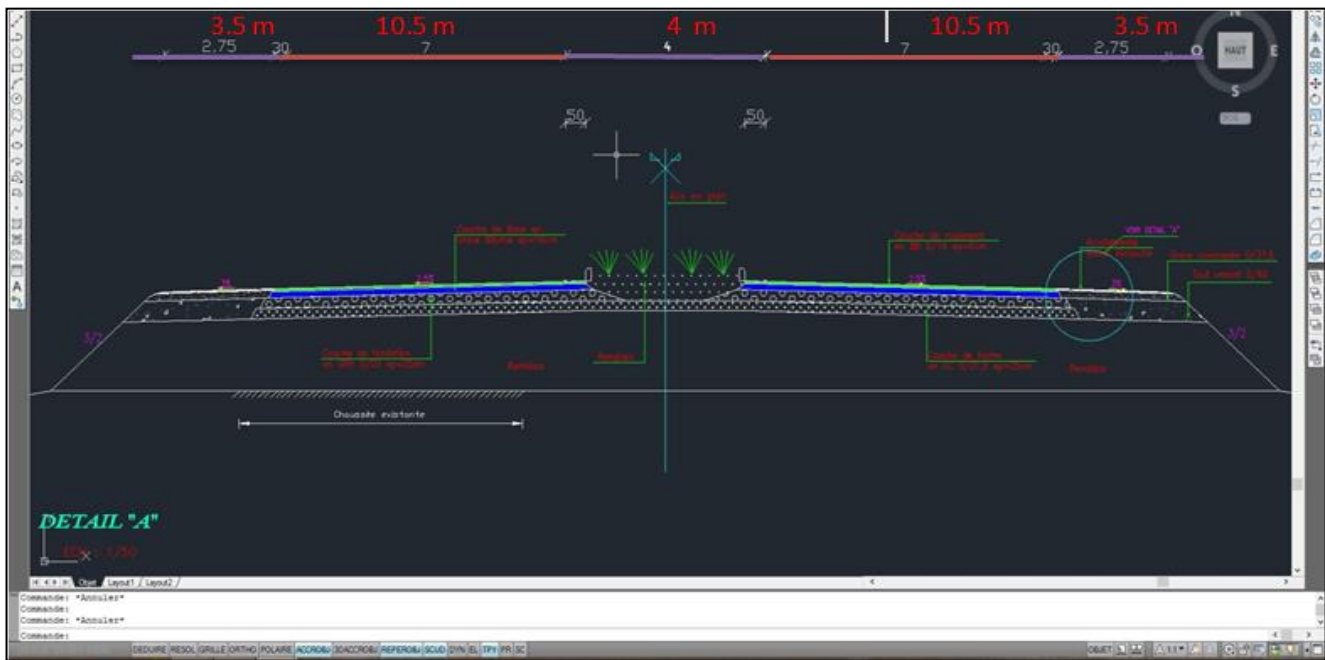


Figure VIII.2: Le profil en travers.

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

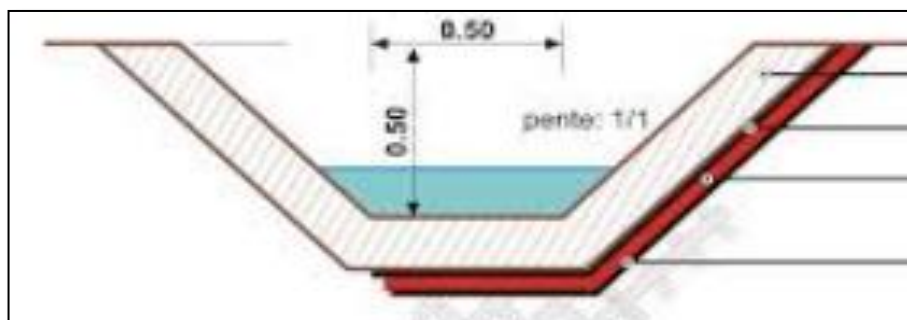


Figure VIII.3 : Dimensions du fossé.

**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.

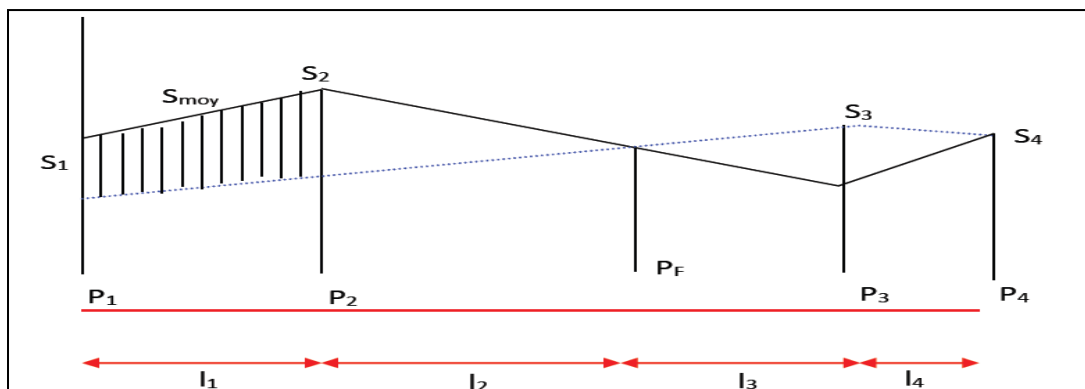


Figure IX.1: Schéma représentant la surface entre profil.

Le volume compris entre les deux profils en travers P1 et P2 de section S1 et S2 sera 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  $S_{moy}$  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 :

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

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

**Cas de déblai :**

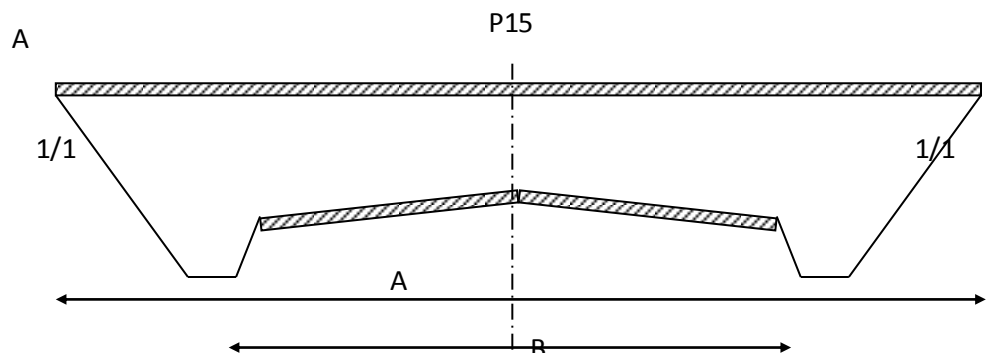


Figure N° 26 : Cubature "cas déblai"

B : largeur de la chaussée + accotement

A : emprise

e = épaisseur du corps de chaussée

x : épaisseur de la terre végétale :

$$S_U = S_C - S_{TV} + S_{CC}$$

Avec :

$S_U$  : surface utilisée

$S_C$  : surface déblai

$S_{TV}$  : surface terrain végétal

$S_{CC}$  : surface corps de chaussée

$$S_{TV} = A \cdot X$$

$$S_{CC} = B \cdot e$$

### Cas de remblai:

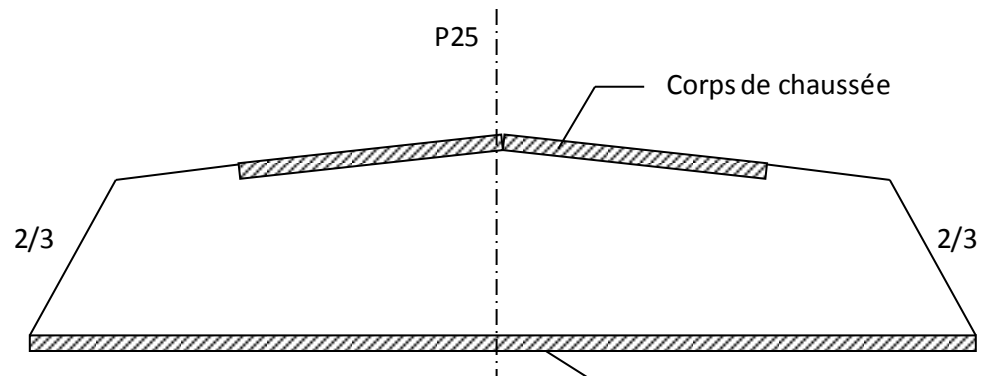


Figure N° 27 : Cubature "cas de r" Terre végétale

$$S_U = S_C + S_{TV} - S_{CC}$$

### Cas de profil mixte :

Le profil mixte c'est la combinaison des deux cas c'est à dire cas de déblai + remblai. Pour le calcul de surface d'un profil mixte on calcule la partie déblais puis la partie remblai chacun avec ses formule propres.

## IX-4- Mouvement des terres :

### IX-4-1- Métré de terrassement :

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

A cette opération deux facteurs interviennent :

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

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

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

**IX-4-2- Foisonnement :**

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

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

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

**IX-4-3- Moment de transport :**

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

**Avec :**

**v** : volume transporté

**d** : distance de transport

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

**IX-4-4- Distance moyenne de transport :**

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

**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 profils 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.

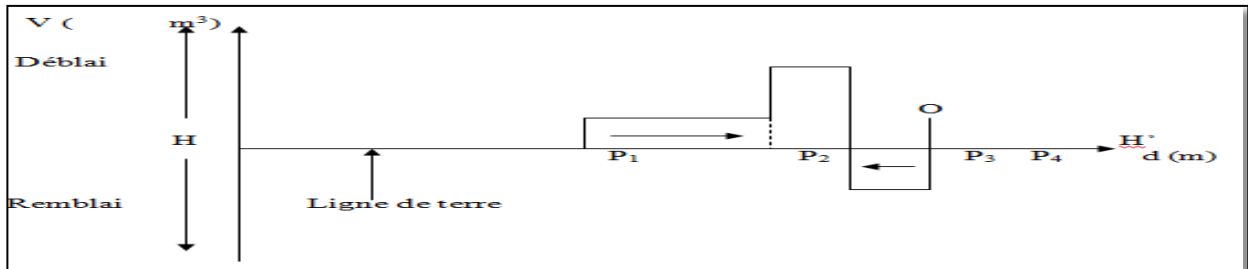


Figure IX.1 : L'épure de LALANNE.

#### 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.

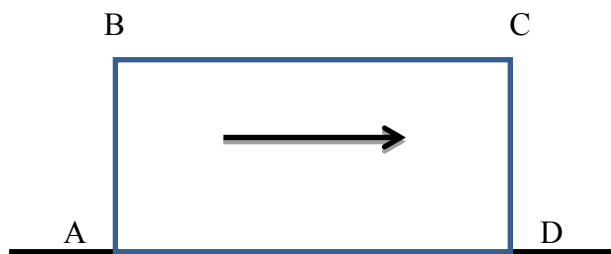


Figure IX.2 : Sens de transport.

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 sur face 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					Remblais				
			Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)	Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)
P1	0,000	12,500	14,00	15,55	29,55	369,414	369,414	0,00	0,00	0,00	0,015	0,015
P2	25,000	25,000	13,55	14,63	28,19	704,646	1074,060	0,03	0,02	0,06	1,440	1,455
P3	50,000	25,000	11,04	12,47	23,51	587,721	1661,781	0,19	0,18	0,37	9,262	10,717
P4	75,000	25,000	10,61	11,84	22,45	561,282	2223,063	0,23	0,22	0,45	11,152	21,869
P5	100,000	25,000	11,04	12,88	23,92	597,940	2821,003	0,19	0,18	0,37	9,327	31,196
P6	125,000	25,000	9,42	10,85	20,27	506,693	3327,696	0,28	0,27	0,54	13,621	44,817
P7	150,000	25,000	7,76	10,11	17,87	446,793	3774,489	0,45	0,43	0,88	21,949	66,766
P8	175,000	25,000	6,45	8,62	15,07	376,643	4151,132	0,50	0,48	0,98	24,467	91,233
P9	200,000	25,000	6,70	8,71	15,41	385,282	4536,415	0,53	0,51	1,04	26,068	117,301
P10	225,000	25,000	6,50	7,05	13,55	338,739	4875,153	0,58	0,57	1,15	28,790	146,091
P11	250,000	25,000	5,10	4,80	9,90	247,558	5122,711	0,69	0,70	1,39	34,837	180,928
P12	275,000	25,000	2,99	3,42	6,41	160,344	5283,055	0,83	0,83	1,66	41,581	222,509
P13	300,000	25,000	1,21	1,69	2,90	72,423	5355,478	1,13	1,07	2,20	55,031	277,540
P14	325,000	25,000	0,27	0,34	0,60	15,114	5370,592	2,15	2,19	4,34	108,468	386,008
P15	350,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,017	5370,609	3,41	3,53	6,94	173,538	559,546
P16	375,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5370,609	5,23	5,38	10,61	265,224	824,770
P17	400,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5370,609	5,45	5,50	10,95	273,785	1098,554
P18	425,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5370,609	7,55	7,68	15,23	380,688	1479,242
P19	450,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5370,609	9,01	8,32	17,33	433,220	1912,462
P20	475,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5370,609	9,99	8,44	18,43	460,731	2373,193
P21	500,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5370,609	5,19	11,36	16,55	413,771	2786,964
P22	525,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5370,609	10,99	10,88	21,87	546,694	3333,658
P23	550,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5370,609	9,87	8,68	18,55	463,706	3797,364
P24	575,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5370,609	6,41	5,58	11,99	299,703	4097,067
P25	600,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5370,609	7,09	6,81	13,90	347,470	4444,538
P26	625,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5370,609	10,19	8,41	18,61	465,151	4909,689
P27	650,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5370,609	9,73	8,97	18,70	467,435	5377,124
P28	675,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5370,609	10,61	10,57	21,18	529,448	5906,572
P29	700,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5370,609	13,72	12,11	25,83	645,767	6552,339
P30	725,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5370,609	14,74	13,05	27,79	694,856	7247,195
P31	750,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5370,609	11,53	10,20	21,73	543,287	7790,482
P32	775,000	25,000	0,00	2,66	2,66	66,576	5437,185	2,88	0,85	3,73	93,224	7883,706
P33	800,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	12,63	11,94	24,56	614,116	8497,822
P34	825,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	18,34	17,01	35,36	883,958	9381,780
P35	850,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	15,69	13,84	29,53	738,193	10119,973
P36	875,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	11,94	10,47	22,41	560,257	10680,229
P37	900,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	13,20	11,33	24,53	613,279	11293,509
P38	925,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	13,91	12,24	26,15	653,692	11947,201
P39	950,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	11,96	13,95	25,90	647,551	12594,752
P40	975,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	20,90	16,45	37,35	933,726	13528,477
P41	1000,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	21,30	17,80	39,10	977,432	14505,910
P42	1025,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	22,45	19,22	41,67	1041,715	15547,625
P43	1050,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	27,17	21,50	48,67	1216,679	16764,304
P44	1075,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	29,16	24,83	53,99	1349,717	18114,022
P45	1100,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	30,64	27,44	58,09	1452,226	19566,248
P46	1125,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	31,15	27,84	58,99	1474,783	21041,031

P47	1150,000	14,843	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	32,74	28,03	60,77	902,092	21943,123
P48	1154,687	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	33,05	28,04	61,09	763,636	22706,759
P49	1175,000	22,657	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	34,31	28,64	62,95	1426,156	24132,914
P50	1200,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	30,99	26,78	57,77	1444,267	25577,182
P51	1225,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	27,99	22,52	50,52	1262,908	26840,090
P52	1250,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	35,45	29,13	64,58	1614,426	28454,516
P53	1275,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	40,17	32,09	72,26	1806,524	30261,039
P54	1300,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	34,34	26,97	61,31	1532,646	31793,686
P55	1325,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	32,10	21,33	53,42	1335,538	33129,224
P56	1350,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5437,185	31,20	18,82	50,02	1250,481	34379,705
P57	1375,000	25,000	0,00	0,86	0,86	21,544	5458,728	19,30	5,75	25,06	626,385	35006,090
P58	1400,000	25,000	4,18	11,64	15,82	395,465	5854,193	5,55	0,00	5,55	138,848	35144,938
P59	1425,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5854,193	22,18	12,40	34,58	864,504	36009,442
P60	1450,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5854,193	19,74	9,24	28,98	724,500	36733,942
P61	1475,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,076	5854,269	21,42	7,73	29,15	728,720	37462,662
P62	1500,000	25,000	0,00	0,14	0,14	3,425	5857,694	19,19	6,77	25,97	649,149	38111,812
P63	1525,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	18,88	7,92	26,80	669,989	38781,800
P64	1550,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	31,47	17,11	48,58	1214,465	39996,265
P65	1575,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	45,38	31,39	76,77	1919,258	41915,523
P66	1600,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	61,60	52,00	113,60	2839,942	44755,464
P67	1625,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	64,69	52,18	116,87	2921,711	47677,176
P68	1650,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	73,03	61,73	134,76	3369,006	51046,182
P69	1675,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	77,81	69,90	147,71	3692,636	54738,818
P70	1700,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	89,88	79,91	169,80	4244,906	58983,724
P71	1725,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	96,57	85,96	182,53	4563,357	63547,081
P72	1750,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	98,94	89,77	188,71	4717,717	68264,798
P73	1775,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	99,65	90,45	190,09	4752,363	73017,161
P74	1800,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	103,94	91,11	195,06	4876,397	77893,558
P75	1825,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	107,98	91,46	199,45	4986,205	82879,763
P76	1850,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	111,73	93,23	204,96	5124,098	88003,861
P77	1875,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	111,14	92,89	204,03	5100,764	93104,624
P78	1900,000	17,098	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	109,69	89,81	199,50	3411,033	96515,657
P79	1909,195	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	109,62	87,14	196,76	2459,490	98975,147
P80	1925,000	20,402	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	109,83	84,77	194,60	3970,344	102945,491
P81	1950,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	103,77	85,84	189,61	4740,163	107685,654
P82	1975,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	100,56	87,79	188,35	4708,712	112394,366
P83	2000,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	101,29	85,81	187,11	4677,719	117072,086
P84	2025,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	105,11	86,27	191,38	4784,383	121856,468
P85	2050,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	114,47	94,64	209,11	5227,826	127084,295
P86	2075,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	115,36	100,79	216,16	5403,889	132488,184
P87	2100,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	115,62	100,92	216,54	5413,449	137901,633
P88	2125,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	117,47	99,94	217,41	5435,161	143336,793
P89	2150,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	117,35	102,42	219,77	5494,331	148831,124
P90	2175,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	114,43	98,61	213,04	5326,007	154157,131
P91	2200,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	106,85	91,97	198,81	4970,326	159127,457
P92	2225,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	102,51	86,71	189,21	4730,283	163857,740
P93	2250,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	101,13	85,46	186,59	4664,736	168522,476
P94	2275,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	90,81	78,07	168,88	4221,918	172744,394
P95	2300,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	80,25	62,93	143,18	3579,493	176323,887
P96	2325,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	69,36	44,94	114,30	2857,490	179181,378
P97	2350,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	70,78	44,72	115,50	2887,588	182068,965

P98	2375,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	68,65	42,25	110,91	2772,682	184841,648
P99	2400,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	59,28	39,50	98,78	2469,481	187311,129
P100	2425,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	44,15	30,44	74,59	1864,846	189175,975
P101	2450,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	5857,694	29,37	15,13	44,49	1112,372	190288,347
P102	2475,000	25,000	0,00	8,38	8,38	209,544	6067,238	14,10	1,41	15,51	387,727	190676,075
P103	2500,000	25,000	0,36	19,96	20,32	507,904	6575,142	5,07	0,50	5,56	139,068	190815,143
P104	2525,000	25,000	1,65	28,60	30,26	756,394	7331,537	2,54	0,05	2,59	64,824	190879,966
P105	2550,000	25,000	2,07	30,55	32,62	815,430	8146,967	1,13	0,13	1,26	31,592	190911,559
P106	2575,000	25,000	1,01	25,52	26,53	663,215	8810,182	5,44	0,22	5,66	141,438	191052,996
P107	2600,000	25,000	0,00	11,17	11,17	279,299	9089,481	19,27	4,86	24,13	603,345	191656,341
P108	2625,000	25,000	0,00	4,45	4,45	111,239	9200,720	23,68	4,00	27,69	692,176	192348,517
P109	2650,000	25,000	0,00	6,24	6,24	156,077	9356,797	16,45	1,93	18,38	459,551	192808,069
P110	2675,000	25,000	11,45	22,35	33,80	844,927	10201,724	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P111	2700,000	25,000	19,41	60,73	80,14	2003,567	12205,291	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P112	2725,000	25,000	63,57	95,06	158,62	3965,514	16170,804	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P113	2750,000	25,000	100,32	112,57	212,89	5322,169	21492,973	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P114	2775,000	25,000	99,47	116,18	215,66	5391,384	26884,357	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P115	2800,000	25,000	97,99	115,42	213,41	5335,206	32219,563	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P116	2825,000	15,530	95,58	113,61	209,19	3248,757	35468,320	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P117	2831,060	12,500	93,97	113,07	207,05	2588,082	38056,403	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P118	2850,000	21,970	92,20	110,10	202,31	4444,647	42501,049	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P119	2875,000	25,000	82,16	99,63	181,79	4544,694	47045,744	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P120	2900,000	25,000	74,05	88,87	162,92	4072,889	51118,633	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P121	2925,000	25,000	63,35	88,25	151,61	3790,217	54908,850	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P122	2950,000	25,000	46,24	69,68	115,92	2898,115	57806,965	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P123	2975,000	25,000	25,54	36,84	62,38	1559,507	59366,472	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P124	3000,000	25,000	19,13	28,99	48,12	1203,015	60569,487	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P125	3025,000	25,000	20,46	35,84	56,30	1407,507	61976,995	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P126	3050,000	25,000	25,63	42,33	67,96	1698,980	63675,975	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P127	3075,000	25,000	27,55	43,59	71,14	1778,423	65454,398	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P128	3100,000	25,000	37,40	42,44	79,83	1995,813	67450,211	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P129	3125,000	25,000	69,80	71,79	141,59	3539,703	70989,915	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P130	3150,000	25,000	49,58	83,54	133,12	3327,940	74317,855	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P131	3175,000	25,000	41,73	67,26	108,99	2724,692	77042,547	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P132	3200,000	25,000	42,16	52,88	95,04	2376,016	79418,563	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P133	3225,000	25,000	40,44	52,61	93,04	2326,076	81744,638	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P134	3250,000	25,000	37,50	52,13	89,63	2240,697	83985,335	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069

P13 5	3275,000	25,000	29,31	40,64	69,95	1748,690	85734,02 5	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P13 6	3300,000	23,127	25,84	40,88	66,72	1543,045	87277,07 0	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P13 7	3321,254	12,500	23,78	39,06	62,84	785,443	88062,51 3	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P13 8	3325,000	14,373	24,66	39,18	63,83	917,465	88979,97 8	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P13 9	3350,000	25,000	32,12	43,27	75,39	1884,690	90864,66 8	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P14 0	3375,000	25,000	35,08	46,21	81,29	2032,143	92896,81 1	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P14 1	3400,000	25,000	29,59	44,42	74,00	1850,119	94746,93 0	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P14 2	3425,000	25,000	26,93	40,93	67,85	1696,309	96443,24 0	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P14 3	3450,000	25,000	25,24	37,28	62,52	1562,946	98006,18 6	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P14 4	3475,000	25,000	27,93	37,09	65,03	1625,642	99631,82 8	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P14 5	3500,000	25,000	28,58	37,57	66,15	1653,840	101285,6 68	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P14 6	3525,000	25,000	32,77	41,02	73,79	1844,648	103130,3 15	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P14 7	3550,000	25,000	41,41	47,45	88,86	2221,417	105351,7 32	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P14 8	3575,000	25,000	44,34	50,06	94,40	2360,075	107711,8 07	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P14 9	3600,000	25,000	43,30	47,57	90,87	2271,643	109983,4 50	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P15 0	3625,000	25,000	38,03	41,69	79,72	1992,962	111976,4 12	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P15 1	3650,000	25,000	28,17	33,14	61,31	1532,695	113509,1 07	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P15 2	3675,000	25,000	24,70	28,57	53,27	1331,798	114840,9 06	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P15 3	3700,000	21,864	18,59	24,03	42,62	931,868	115772,7 74	0,00	0,00	0,00	0,000	192808,069
P15 4	3718,728	9,364	14,56	19,02	33,58	314,470	116087,2 44	0,01	0,00	0,01	0,068	192808,136

Tableau IX.1: cubatures détaillées

**Volume cumulé déblais (m<sup>3</sup>) : 116087,244 m<sup>3</sup>**

**Volume cumulé remblais (m<sup>3</sup>) : 192808,136 m<sup>3</sup>**

**Excès de remblais (m<sup>3</sup>) : 76720,892 m<sup>3</sup>**

# **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:*

##### **a- 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 planter 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 planter des points connaissant leur distance à un point connu et leur orientation par rapport à une direction connue.

### X-3- Implantation de courbes :

#### **a. Raccordement circulaire**

*Méthode d'implantation :*

**Par Abscisses et ordonnées sur la tangente :**  $X_i = R \sin (I\gamma)$

$Y_i = R [1 - \cos (I\gamma)]$

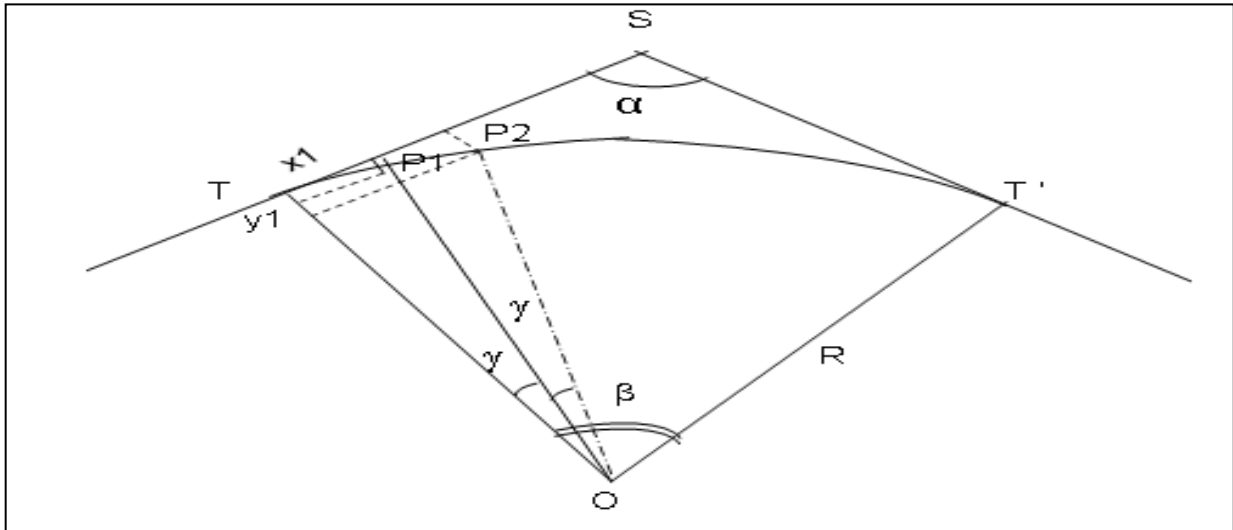


Figure X.1 : Implantation d'arc de cercle par abscisses et ordonnées sur la tangente.

➤ **Par Abscisses et ordonnées sur la corde :**

Origine : point de tangence

Origine : milieu de la corde

✓ **Par coordonnées polaires**

**b. Raccordement progressif :**

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

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

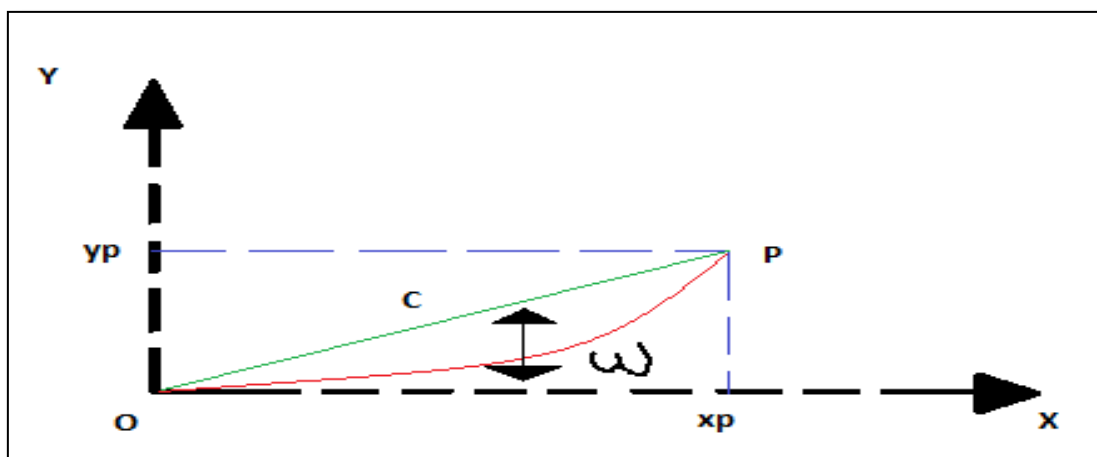


Figure X.2 : Méthode d'implantation.

✓ **Piquetage par coordonnées rectangulaires :**

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

✓ **Piquetage par coordonnées Polaires :**

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

#### 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 :*

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

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

$$n = L/\Delta L$$

$$n = 242/10$$

$$n = 24 \text{ pts}$$

<i>Implantation de clothoïde</i>	
<i>Données</i>	
<b>R</b>	<b>500</b>
<b>L</b>	<b>242</b>
<b>A</b>	<b>347.8505</b>
<b><math>\Delta L</math></b>	<b>10</b>
<b>n</b>	<b>24</b>

<b>Pts</b>	<b><math>i \Delta L</math> (m)</b>	<b>X (m)</b>	<b>Y (m)</b>
<b>KA</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>1</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>0.0013</b>
<b>2</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>0.011</b>
<b>3</b>	<b>30</b>	<b>29.999</b>	<b>0.037</b>
<b>4</b>	<b>40</b>	<b>39.999</b>	<b>0.0881</b>
<b>5</b>	<b>50</b>	<b>49.999</b>	<b>0.172</b>
<b>6</b>	<b>60</b>	<b>59.998</b>	<b>0.298</b>
<b>7</b>	<b>70</b>	<b>69.997</b>	<b>0.472</b>
<b>8</b>	<b>80</b>	<b>79.994</b>	<b>0.705</b>

<i>9</i>	<i>90</i>	<i>89.989</i>	<i>1.004</i>
<i>10</i>	<i>100</i>	<i>99.982</i>	<i>1.377</i>
<i>11</i>	<i>110</i>	<i>109.999</i>	<i>1.833</i>
<i>12</i>	<i>120</i>	<i>119.957</i>	<i>2.379</i>
<i>13</i>	<i>130</i>	<i>129.936</i>	<i>3.025</i>
<i>14</i>	<i>140</i>	<i>139.908</i>	<i>3.779</i>
<i>15</i>	<i>150</i>	<i>149.870</i>	<i>4.645</i>
<i>16</i>	<i>160</i>	<i>159.821</i>	<i>5.637</i>
<i>17</i>	<i>170</i>	<i>169.757</i>	<i>6.774</i>
<i>18</i>	<i>180</i>	<i>179.677</i>	<i>8.022</i>
<i>19</i>	<i>190</i>	<i>189.577</i>	<i>9.432</i>
<i>20</i>	<i>200</i>	<i>199.460</i>	<i>10.997</i>
<i>21</i>	<i>210</i>	<i>209.303</i>	<i>12.725</i>
<i>22</i>	<i>220</i>	<i>219.121</i>	<i>14.624</i>
<i>23</i>	<i>230</i>	<i>228.900</i>	<i>16.816</i>
<i>KE</i>	<i>242</i>	<i>240.5865</i>	<i>19.439</i>

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 :**

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

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

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

# **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.
- Éviter 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 :**

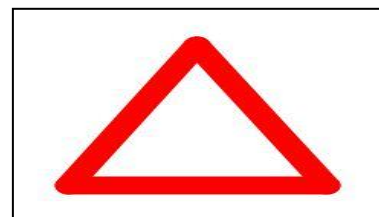
Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

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

*Elles peuvent être classées dans quatre classes:*

#### **❖ Signaux de danger :**

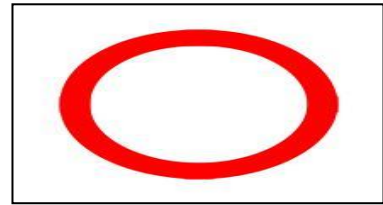
Panneaux de forme triangulaire, ils doivent être placés à 150 m en avant de l'obstacle à signaler (signalisation avancée).



❖ **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 un emploi peu fréquent en milieu urbain.

**b- Signalisation Horizontale :**

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

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

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

• **Lignes discontinue :**

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

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

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

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

• **Modulation des lignes discontinues :**

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

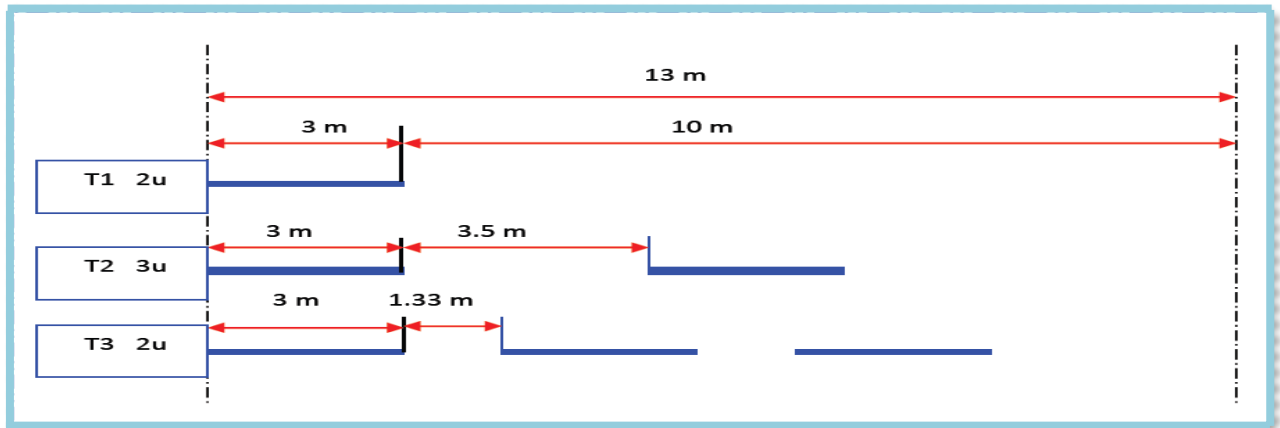


Figure XI.1 : Types de modulation.

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
T <sub>1</sub>	3.00	10.00	~ 1/3
T <sub>2</sub>	3.00	3.5	~1
T <sub>3</sub>	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.

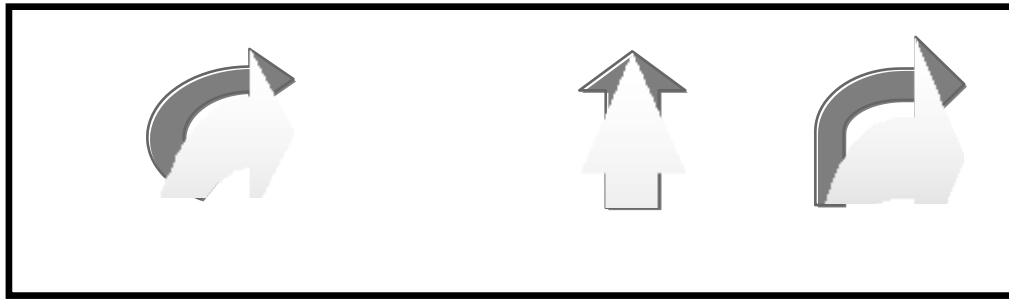


Figure XI.2 : Flèche de signalisation.

**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-6- Application au projet :**

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



Figure N°34 : Signalisations verticales.

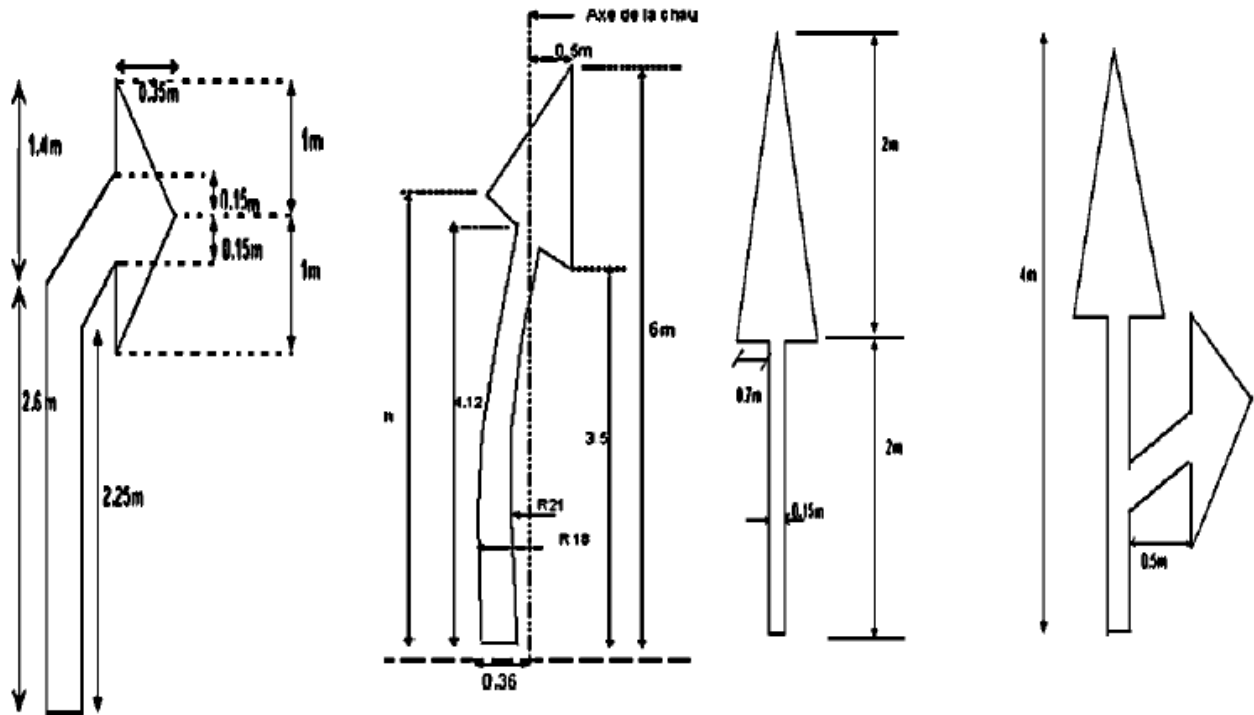


Figure N°35 : Signalisations horizontales.

### XI-7- Conclusion :

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

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

Chapitre XII  
Devis Quantitatif Et  
Estimatif

## XII- Devis quantitatif et estimatif :

### 1- Devis estimatif :

C'est une pièce technique qui fournit une prévision de dépenses ; il permet au service technique de vérifier la demande et de faire ordonner les paiements en temps utile.

### 2- Devis quantitatif :

C'est le classement rationnel et respectif des quantités d'ouvrages de même nature et de qualité défini par l'avant métré.

### DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF

N°	Désignation	Unité	Quantité	PU (DA)	MONTANT
1	Décapage de la plate-forme y compris décaissement et finition de la plate-forme, arrosage, compactage et toute sujétions de mise en œuvre.	m <sup>2</sup>	107836,14	100	10 783 614,00
2	Déblais	m <sup>3</sup>	116087,24	325	37 728 353,00
3	Remblais	m <sup>3</sup>	192808,14	500	96 404 070,00
<b>Corps de chaussée</b>					
4	F/mise en œuvre de la couche en béton bitumineux 0/10 sur une ép : de 06 cm y compris couche d'imprégnation 0/1 et toute sujétions de mise en œuvre.	T	15963,40	9400	150 055 960,00
5	F/mise en œuvre de la couche en Grave Bitumineux 0/14 sur une ép : de 8 cm	T	31926,78	9000	287 341 020,00
6	Rechargement de la plate-forme en TUF sur une ép : de 32 cm y compris arrosage, compactage et toutes sujétions de mise en œuvre	T	25400,87	1200	30 481 044,00
7	Rechargement de couche de forme en grave concassées GNT 0/31,5 sur une ép : 25 cm y compris arrosage, compactage et toute sujétions de mise en œuvre	M <sup>3</sup>	60239,21	1350	81 322 812,00
<b>Séparateurs</b>					
7	Type DBA	ML	3457,583	3500	12 101 540,5
8	Type GBA	ML	6915,166	3500	24 203 081
<b>Assainissement</b>					
9	Fossé en béton	ML	6915,166	2500	17 287 915
<b>Signalisation</b>					
10	Ligne axiale de séparation de voies	ML	3457	170	587 690
11	Ligne de rive de chaussée (Limite	ML	5185,5	170	881 535

	BAU)				
12	Ligne continue (Rive DBA)	ML	6914	170	1 175 380
			<b>MONTANT EN HT</b>		750 354 014,50
			<b>TVA 19%</b>		142 567 262,76
			<b>MONTANT EN TTC</b>		<b>892 921 277,26</b>

Tableau XII.1:Devis Quantitatif Et Estimatif

Le présent devis est arrêté à la somme : Cent quatre vingt treize millions deux cent vingt neuf mille sept cent cinq dinars et quarante quatre centime

## CONCLUSION GÉNÉRALE

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

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

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

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

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

ANNEXE

## RECAPITULATIF DES EMPRISES ET DU DECAPAGE

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Emprise (m)			Décapage du TN				
			Gauche	Droite	Totale	Epaisseur	Largeur	Surface (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)
P1	0,000	12,500	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	362,48	90,619	90,619
P2	25,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	271,857
P3	50,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	453,096
P4	75,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	634,334
P5	100,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	815,572
P6	125,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	996,811
P7	150,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	1178,049
P8	175,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	1359,287
P9	200,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	1540,525
P10	225,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	1721,764
P11	250,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	1903,002
P12	275,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	2084,240
P13	300,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	2265,479
P14	325,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	2446,717
P15	350,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	2627,955
P16	375,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	2809,193
P17	400,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	2990,432
P18	425,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	3171,670
P19	450,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	3352,908
P20	475,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	3534,147
P21	500,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	3715,385
P22	525,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	3896,623
P23	550,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	4077,861
P24	575,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	4259,100
P25	600,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	4440,338
P26	625,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	4621,576
P27	650,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	4802,815
P28	675,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	4984,053
P29	700,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	5165,291
P30	725,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	5346,529
P31	750,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	5527,768
P32	775,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	5709,006
P33	800,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	5890,244
P34	825,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	6071,483
P35	850,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	6252,721
P36	875,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	6433,959
P37	900,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	6615,197
P38	925,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	6796,436
P39	950,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	6977,674
P40	975,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	7158,912
P41	1000,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	7340,151
P42	1025,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	7521,389
P43	1050,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	7702,627
P44	1075,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	7883,865
P45	1100,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	8065,104
P46	1125,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	8246,342

P47	1150,000	14,843	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	430,43	107,608	8353,950
P48	1154,687	12,500	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	362,48	90,619	8444,569
P49	1175,000	22,657	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	657,00	164,250	8608,819
P50	1200,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	8790,057
P51	1225,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	8971,295
P52	1250,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	9152,533
P53	1275,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	9333,772
P54	1300,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	9515,010
P55	1325,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	9696,248
P56	1350,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	9877,487
P57	1375,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	10058,725
P58	1400,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	10239,963
P59	1425,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	10421,201
P60	1450,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	10602,440
P61	1475,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	10783,678
P62	1500,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	10964,916
P63	1525,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	11146,155
P64	1550,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	11327,393
P65	1575,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	11508,631
P66	1600,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	11689,869
P67	1625,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	11871,108
P68	1650,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	12052,346
P69	1675,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	12233,584
P70	1700,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	12414,823
P71	1725,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	12596,061
P72	1750,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	12777,299
P73	1775,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	12958,538
P74	1800,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	13139,776
P75	1825,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	13321,014
P76	1850,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	13502,252
P77	1875,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	13683,491
P78	1900,000	17,098	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	495,80	123,950	13807,440
P79	1909,195	12,500	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	362,48	90,619	13898,059
P80	1925,000	20,402	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	591,63	147,908	14045,967
P81	1950,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	14227,206
P82	1975,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	14408,444
P83	2000,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	14589,682
P84	2025,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	14770,920
P85	2050,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	14952,159
P86	2075,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	15133,397
P87	2100,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	15314,635
P88	2125,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	15495,874
P89	2150,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	15677,112
P90	2175,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	15858,350
P91	2200,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	16039,588
P92	2225,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	16220,827
P93	2250,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	16402,065
P94	2275,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	16583,303
P95	2300,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	16764,542
P96	2325,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	16945,780
P97	2350,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	17127,018
P98	2375,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	17308,256

P99	2400,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	17489,495
P100	2425,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	17670,733
P101	2450,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	17851,971
P102	2475,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	18033,210
P103	2500,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	18214,448
P104	2525,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	18395,686
P105	2550,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	18576,924
P106	2575,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	18758,163
P107	2600,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	18939,401
P108	2625,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	19120,639
P109	2650,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	19301,878
P110	2675,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	19483,116
P111	2700,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	19664,354
P112	2725,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	19845,592
P113	2750,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	20026,831
P114	2775,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	20208,069
P115	2800,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	20389,307
P116	2825,000	15,530	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	450,34	112,586	20501,893
P117	2831,060	12,500	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	362,48	90,619	20592,512
P118	2850,000	21,970	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	637,09	159,272	20751,784
P119	2875,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	20933,022
P120	2900,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	21114,260
P121	2925,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	21295,499
P122	2950,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	21476,737
P123	2975,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	21657,975
P124	3000,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	21839,214
P125	3025,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	22020,452
P126	3050,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	22201,690
P127	3075,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	22382,928
P128	3100,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	22564,167
P129	3125,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	22745,405
P130	3150,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	22926,643
P131	3175,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	23107,882
P132	3200,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	23289,120
P133	3225,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	23470,358
P134	3250,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	23651,596
P135	3275,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	23832,835
P136	3300,000	23,127	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	670,65	167,661	24000,496
P137	3321,254	12,500	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	362,48	90,619	24091,115
P138	3325,000	14,373	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	416,78	104,196	24195,311
P139	3350,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	24376,550
P140	3375,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	24557,788
P141	3400,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	24739,026
P142	3425,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	24920,264
P143	3450,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	25101,503
P144	3475,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	25282,741
P145	3500,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	25463,979
P146	3525,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	25645,218
P147	3550,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	25826,456
P148	3575,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	26007,694
P149	3600,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	26188,932
P150	3625,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	26370,171

P151	3650,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	26551,409
P152	3675,000	25,000	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	724,95	181,238	26732,647
P153	3700,000	21,864	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	634,01	158,504	26891,151
P154	3718,728	9,364	14,499	14,499	28,998	0,250	28,998	271,54	67,885	26959,036

## RECAPITULATIF DES TABULATIONS

Profil n°	Abscisse	Élément			Longueur d'application			Altitude		Point d'axe	
		Origine	Axe	Projet	Avant	Après	Total	TN	Projet	X	Y
P1	0,000	Extremité	AD	RP	0,000	12,500	12,500	226,288	226,288	257002,250	3977747,772
P2	25,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	226,408	226,438	257023,243	3977761,348
P3	50,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	226,402	226,587	257044,235	3977774,924
P4	75,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	226,513	226,736	257065,228	3977788,500
P5	100,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	226,699	226,886	257086,220	3977802,076
P6	125,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	226,763	227,035	257107,213	3977815,652
P7	150,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	226,746	227,185	257128,206	3977829,229
P8	175,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	226,845	227,334	257149,198	3977842,805
P9	200,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	226,962	227,483	257170,191	3977856,381
P10	225,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	227,057	227,633	257191,184	3977869,957
P11	250,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	227,085	227,782	257212,176	3977883,533
P12	275,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	227,100	227,931	257233,169	3977897,109
P13	300,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	227,111	228,081	257254,161	3977910,685
P14	325,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	227,104	228,230	257275,154	3977924,261
P15	350,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	227,163	228,379	257296,147	3977937,837
P16	375,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	227,177	228,529	257317,139	3977951,413
P17	400,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	227,312	228,678	257338,132	3977964,989
P18	425,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	227,314	228,827	257359,125	3977978,565
P19	450,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	227,397	228,977	257380,117	3977992,141
P20	475,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	227,507	229,126	257401,110	3978005,718
P21	500,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	227,772	229,276	257422,102	3978019,294
P22	525,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	227,705	229,425	257443,095	3978032,870
P23	550,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	227,946	229,574	257464,088	3978046,446
P24	575,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	228,318	229,724	257485,080	3978060,022
P25	600,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	228,407	229,873	257506,073	3978073,598
P26	625,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	228,388	230,022	257527,066	3978087,174
P27	650,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	228,519	230,172	257548,058	3978100,750
P28	675,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	228,604	230,321	257569,051	3978114,326
P29	700,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	228,591	230,470	257590,043	3978127,902
P30	725,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	228,678	230,620	257611,036	3978141,478
P31	750,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	228,961	230,769	257632,029	3978155,054
P32	775,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	230,067	230,918	257653,021	3978168,630
P33	800,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	229,195	231,068	257674,014	3978182,206
P34	825,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	228,983	231,217	257695,007	3978195,783
P35	850,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	229,352	231,367	257715,999	3978209,359
P36	875,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	229,759	231,516	257736,992	3978222,935
P37	900,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	229,811	231,665	257757,984	3978236,511
P38	925,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	229,924	231,815	257778,977	3978250,087
P39	950,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	230,137	231,964	257799,970	3978263,663
P40	975,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	229,856	232,126	257820,962	3978277,239

P41	1000,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	229,975	232,314	257841,955	3978290,815
P42	1025,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	230,102	232,526	257862,948	3978304,391
P43	1050,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	230,003	232,764	257883,940	3978317,967
P44	1075,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	230,148	233,026	257904,933	3978331,543
P45	1100,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	230,321	233,314	257925,925	3978345,119
P46	1125,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	230,602	233,626	257946,918	3978358,695
P47	1150,000	Interv	AD	RP	12,500	2,343	14,843	230,855	233,964	257967,911	3978372,272
P48	1154,687	Axe	Arc	RP	2,343	10,157	12,500	230,899	234,030	257971,846	3978374,817
P49	1175,000	Interv	Arc	RP	10,157	12,500	22,657	231,175	234,326	257988,922	3978385,819
P50	1200,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	231,732	234,714	258009,988	3978399,280
P51	1225,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	232,396	235,126	258031,111	3978412,653
P52	1250,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	232,308	235,564	258052,289	3978425,938
P53	1275,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	232,529	236,026	258073,522	3978439,135
P54	1300,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	233,408	236,514	258094,810	3978452,243
P55	1325,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	234,204	237,026	258116,152	3978465,262
P56	1350,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	234,833	237,564	258137,549	3978478,192
P57	1375,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	236,306	238,126	258158,999	3978491,033
P58	1400,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	238,807	238,714	258180,502	3978503,785
P59	1425,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	237,113	239,326	258202,059	3978516,447
P60	1450,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	238,027	239,964	258223,668	3978529,018
P61	1475,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	238,668	240,626	258245,329	3978541,500
P62	1500,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	239,473	241,314	258267,042	3978553,891
P63	1525,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	240,256	242,026	258288,806	3978566,192
P64	1550,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	240,267	242,764	258310,622	3978578,402
P65	1575,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	239,885	243,526	258332,488	3978590,521
P66	1600,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	239,933	244,313	258354,404	3978602,549
P67	1625,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	240,103	245,126	258376,371	3978614,485
P68	1650,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	240,299	245,963	258398,387	3978626,330
P69	1675,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	240,736	246,826	258420,452	3978638,083
P70	1700,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	240,851	247,713	258442,566	3978649,744
P71	1725,000	Interv	Arc	AD	12,500	12,500	25,000	241,318	248,614	258464,728	3978661,312
P72	1750,000	Interv	Arc	AD	12,500	12,500	25,000	241,960	249,515	258486,938	3978672,788
P73	1775,000	Interv	Arc	AD	12,500	12,500	25,000	242,830	250,415	258509,196	3978684,172
P74	1800,000	Interv	Arc	AD	12,500	12,500	25,000	243,609	251,316	258531,502	3978695,463
P75	1825,000	Interv	Arc	AD	12,500	12,500	25,000	244,331	252,216	258553,854	3978706,660
P76	1850,000	Interv	Arc	AD	12,500	12,500	25,000	245,043	253,117	258576,252	3978717,765
P77	1875,000	Interv	Arc	AD	12,500	12,500	25,000	245,974	254,018	258598,697	3978728,776
P78	1900,000	Interv	Arc	AD	12,500	4,598	17,098	247,075	254,918	258621,187	3978739,693
P79	1909,195	Axe	AD	AD	4,598	7,902	12,500	247,532	255,249	258629,470	3978743,685
P80	1925,000	Interv	AD	AD	7,902	12,500	20,402	248,121	255,819	258643,713	3978750,535
P81	1950,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	249,110	256,719	258666,243	3978761,371
P82	1975,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	250,233	257,620	258688,772	3978772,207
P83	2000,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	251,187	258,521	258711,302	3978783,043
P84	2025,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	251,876	259,421	258733,832	3978793,879
P85	2050,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	252,257	260,322	258756,361	3978804,715
P86	2075,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	252,740	261,222	258778,891	3978815,551
P87	2100,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	253,710	262,123	258801,420	3978826,387
P88	2125,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	254,564	263,024	258823,950	3978837,223
P89	2150,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	255,331	263,924	258846,479	3978848,059
P90	2175,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	256,345	264,825	258869,009	3978858,895
P91	2200,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	257,865	265,725	258891,539	3978869,731
P92	2225,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	259,101	266,626	258914,068	3978880,567

P93	2250,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	260,119	267,527	258936,598	3978891,403
P94	2275,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	261,620	268,427	258959,127	3978902,239
P95	2300,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	263,374	269,328	258981,657	3978913,075
P96	2325,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	265,278	270,228	259004,186	3978923,911
P97	2350,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	266,062	271,129	259026,716	3978934,747
P98	2375,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	267,007	272,030	259049,246	3978945,583
P99	2400,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	268,512	272,930	259071,775	3978956,419
P100	2425,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	270,253	273,831	259094,305	3978967,255
P101	2450,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	272,211	274,720	259116,834	3978978,091
P102	2475,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	274,338	275,591	259139,364	3978988,927
P103	2500,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	275,897	276,444	259161,893	3978999,763
P104	2525,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	277,154	277,280	259184,423	3979010,599
P105	2550,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	277,897	278,097	259206,953	3979021,435
P106	2575,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	278,611	278,897	259229,482	3979032,271
P107	2600,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	277,807	279,679	259252,012	3979043,107
P108	2625,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	278,624	280,443	259274,541	3979053,942
P109	2650,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	279,807	281,189	259297,071	3979064,778
P110	2675,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	282,122	281,917	259319,600	3979075,614
P111	2700,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	283,139	282,628	259342,130	3979086,450
P112	2725,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	288,714	283,320	259364,660	3979097,286
P113	2750,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	290,417	283,995	259387,189	3979108,122
P114	2775,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	291,293	284,652	259409,719	3979118,958
P115	2800,000	Interv	AD	RP	12,500	12,500	25,000	291,766	285,291	259432,248	3979129,794
P116	2825,000	Interv	AD	RP	12,500	3,030	15,530	292,332	285,912	259454,778	3979140,630
P117	2831,060	Axe	Arc	RP	3,030	9,470	12,500	292,483	286,060	259460,239	3979143,257
P118	2850,000	Interv	Arc	RP	9,470	12,500	21,970	292,542	286,515	259477,292	3979151,499
P119	2875,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	292,359	287,100	259499,753	3979162,476
P120	2900,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	292,353	287,668	259522,159	3979173,566
P121	2925,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	292,499	288,218	259544,509	3979184,767
P122	2950,000	Interv	Arc	AD	12,500	12,500	25,000	291,807	288,750	259566,803	3979196,080
P123	2975,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	290,468	289,275	259589,039	3979207,505
P124	3000,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	290,335	289,539	259611,219	3979219,040
P125	3025,000	Interv	Arc	RP	12,500	12,500	25,000	290,325	289,386	259633,341	3979230,686
P126	3050,000	Interv	Arc	AD	12,500	12,500	25,000	290,238	288,816	259655,404	3979242,443
P127	3075,000	Interv	Arc	AD	12,500	12,500	25,000	289,772	288,054	259677,408	3979254,310
P128	3100,000	Interv	Arc	AD	12,500	12,500	25,000	289,258	287,292	259699,352	3979266,286
P129	3125,000	Interv	Arc	AD	12,500	12,500	25,000	290,485	286,529	259721,236	3979278,373
P130	3150,000	Interv	Arc	AD	12,500	12,500	25,000	289,505	285,767	259743,060	3979290,568
P131	3175,000	Interv	Arc	AD	12,500	12,500	25,000	287,459	285,004	259764,822	3979302,873
P132	3200,000	Interv	Arc	AD	12,500	12,500	25,000	286,625	284,242	259786,523	3979315,286
P133	3225,000	Interv	Arc	AD	12,500	12,500	25,000	285,838	283,480	259808,161	3979327,807
P134	3250,000	Interv	Arc	AD	12,500	12,500	25,000	284,714	282,717	259829,736	3979340,437
P135	3275,000	Interv	Arc	AD	12,500	12,500	25,000	283,379	281,955	259851,248	3979353,174
P136	3300,000	Interv	Arc	AD	12,500	10,627	23,127	282,496	281,192	259872,696	3979366,019
P137	3321,254	Axe	AD	AD	10,627	1,873	12,500	281,762	280,544	259890,880	3979377,023
P138	3325,000	Interv	AD	AD	1,873	12,500	14,373	281,685	280,430	259894,080	3979378,969
P139	3350,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	281,297	279,667	259915,441	3979391,959
P140	3375,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	280,792	278,905	259936,802	3979404,948
P141	3400,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	279,706	278,143	259958,162	3979417,937
P142	3425,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	278,704	277,380	259979,523	3979430,926
P143	3450,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	277,759	276,618	260000,884	3979443,915
P144	3475,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	277,122	275,855	260022,245	3979456,904

P145	3500,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	276,401	275,093	260043,605	3979469,894
P146	3525,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	275,929	274,331	260064,966	3979482,883
P147	3550,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	275,679	273,568	260086,327	3979495,872
P148	3575,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	275,096	272,806	260107,688	3979508,861
P149	3600,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	274,177	272,043	260129,048	3979521,850
P150	3625,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	273,061	271,281	260150,409	3979534,840
P151	3650,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	271,638	270,519	260171,770	3979547,829
P152	3675,000	Interv	AD	AD	12,500	12,500	25,000	270,600	269,756	260193,131	3979560,818
P153	3700,000	Interv	AD	AD	12,500	9,364	21,864	269,563	268,994	260214,491	3979573,807
P154	3718,728	Extremité	AD	AD	9,364	0,000	9,364	268,423	268,423	260230,493	3979583,538

## AXE EN PLAN

Éléments caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	63,4544	1154,687	0,000	257002,250	3977747,772
Arc 1	Rayon	-6000,0000	754,508	1154,687	257971,846	3978374,817
	Centre X	261230,104				
	Centre Y	3973336,587				
Droite 2	Gisement	71,4600	921,865	1909,195	258629,470	3978743,685
Arc 2	Rayon	5000,0000	490,194	2831,060	259460,239	3979143,257
	Centre X	257293,044				
	Centre Y	3983649,172				
Droite 3	Gisement	65,2186	397,474	3321,254	259890,880	3979377,023
				3718,728	260230,493	3979583,538
Longueur totale de l'axe 3718.728 mètres						

## COVADIS - LISTING DU PROFIL EN LONG DU PROJET

Caractéristiques	Long. 2D (m)	Long. 3D (m)	S = Abscisse	Z projet (m)	X	Y	Z TN (m)
			0,000	226,288	257002,250	3977747,772	226,288
Rampe = 0.597 %	949,377	949,394					
			949,377	231,960	257799,446	3978263,325	230,138
Arc de parabole Rayon = 25000.0000	751,246	751,440					
			1700,623	247,736	258443,118	3978650,033	240,854
Rampe = 3.602 %	720,628	721,096					
			2421,251	273,696	259090,926	3978965,630	269,951
Arc de parabole Rayon = 35000.0000	521,198	521,416					
			2942,450	288,591	259560,076	3979192,652	291,880
Rampe = 2.113 %	29,175	29,181					
			2971,624	289,207	259586,040	3979205,955	290,530
Arc de parabole Rayon = 1500.0000 S haut = 3003.324 Z haut = 289.542	77,444	77,453					
			3049,068	288,845	259654,582	3979242,003	290,268
Pente = -3.050 %	669,660	669,971					
			3718,728	268,423	260230,493	3979583,538	268,423
Longueur totale	<b>3718,728</b>						