



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/2022

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTERACADEMIQUE

Filière : Travaux Publics

Spécialité : VOA

Thème

**ETUDE D'UN TRACE ROUTIER RELIANT LA DAIRA DE ZEMMOURA A
LA DAIRA DE AMMI-MOUSSA SUR 5,5 KM**

Présenté par :

- Mr ZIANE Mohamed Sidali
- Mr TAHLAITI Bakhlouf

Soutenu le 11/07/2022 devant le jury composé de :

Président : Mr Belguesmia Nouredine

Examineur : Mr Soltane Benallou Kadour

Invité d'honneur : Mr Cherif Mourad

Encadrante : Mme Guerzou Tourkia

Co-Encadrant : Mr Zelmat Yassine

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciements

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

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

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

Nous tenons également à remercier les membres du jury

- **Mr BELGUASSMIA NOUR EDDINE**
- **Mr SOULTANE BENALLOU KADDOUR**
- **Mr CHERIF MOURAD**

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

Nos plus grands remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail, trouvent ici notre profonde gratitude.

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 tracé routier la Wilaya de Relizane reliant la daïra de Ammi-Moussa à la daïra de Zemmoura sur 5,5 Km 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 = 1100V/j
- Le pourcentage (%) des poids lourds Z = 35%
- Taux de croissance annuel du trafic $\tau = 5\%$
- Durée d'étude et d'exécution : n= 5 ans
- Durée de vie : 20 ans

Les calculs sont faits manuellement et modélisé par le logiciel COVADIS 2013

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 road section connecting Ammi-Moussa district with Zemmoura district Relizane on 5,5 km 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 = 1100 V/ d
- The percentage (%) of heavy vehicles Z = 35%
- Annual traffic growth ratio $\tau = 5\%$
- Study and execution time: n = 5 years
- Lifespan: 20 years

The calculations are done manually and modeled by the COVADIS 2013 software

مختصرة نبذة

مشروع نهاية الدراسة هو جزء من مسار جديد يتكون من دراسة مسودة أولية و مفصلة لطريق الرابط بين دائرة عمى موسى و دائرة زمورة ولاية غليزان بطول 5, 5 كم 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 و أمان المستخدم لأن أي إهمال يمكن أن يكون قاتلاً. مع فئة طريقنا هي الفئة 01. و

• متوسط الحركة اليومية $TJMA = 1100$ س.ح.بث / يوم

• النسبة المئوية (%) من مركبات البضائع الثقيلة = 35 %

• معدل نمو الحركة السنوية $r = 5\%$

• وقت الدراسة و التنفيذ: ن = 5 سنوات

• عمر الطريق: 20 سنة

يتم إجراء العمليات الحسابية يدويًا وعلى طريق برنامج COVADIS 2013

Liste des figures

Figure I.1 levé topographique	04
Figure II.1 Les éléments de tracé en plan	08
Figure II.2 Détermination de l'angle au centre	11
Figure II.3 Les éléments d'un raccordement circulaire	11
Figure II.4 Schéma représentant la surface entre profil	14
Figure II.5 Calcul de surfaces cas de remblai	14
Figure II.6 Calcul de surfaces cas de déblai	15
Figure II.7 La dénivelée cumulée moyenne H/L	24
Figure III.1 Eléments du profil en long	58
Figure III.2 Pratiques du profil en long	59
Figure IV.1 Les éléments de la clothoïde	64
Figure IV.2 La propriété de clothoïde	65
Figure V.1 Distance de freinage	80
Figure V.2 Temps de perception-réaction	82
Figure V.3 Distance de perception	84
Figure V.4 L'espacement entre deux véhicules	86
Figure VI.1 Structure type d'une chaussée souple	91
Figure VI.2 Structure type d'une chaussée semi-rigide	92
Figure VI.3 Structure type d'une chaussée rigide	92
Figure VI.4 La structure de chaussée	98
Figure VII.1 Les éléments constitutifs du profil en travers	101
Figure VIII.1 Types de modulation	117
Figure IX.2 Flèche de signalisations.....	118
Figure IX.3 Signalisations Verticales.....	119
Figure IX.4 Paramètres de l'implantation des luminaires.....	131
Figure X.1 Schéma représentant la surface entre profil	
Figure X.2 L'épure de LALANNE	96
Figure X.3 Sens de transport	96

Liste des tableaux

Tableau II.1: Les coordonnées des sommets de l'axe de "variante 1	16
Tableau II.2 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante01"	16
Tableau II.3 : dénivelé de profil "variante 01 "	17
Tableau II.4 : Classification de terrain et Dénivelée cumulée "variante 01 "	25
Tableau II.5: Sinuosité "variante 01"	25
Tableau II.6 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité "variante 01"	26
Tableau II.7 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40. "Variante 01 "	26
Tableau II.8: Devers en fonction de l'environnement	26
Tableau II.9 : Valeur du coefficient ft	27
Tableau II.10 : Valeur du coefficient « F"»	27
Tableau II.11: Eléments des raccordements circulaires "variante 1"	28
Tableau II.12: Cubatures approchées de la 'variante 01'	30
Tableau II.13 : les coordonnées des sommets de l'axe de "variante 2"	35
Tableau II.14 : Valeurs des gisements, distances et des angles au centre "variante 02 "	36
Tableau II.15 : dénivelé de profil 'variante 02'	36
Tableau II.16: Classification de terrain et Dénivelée cumulée 'variante 02'	42
Tableau II.17 : Sinuosité 'variante 02'	42
Tableau II.18 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité 'variante 02'	43
Tableau II.19 : VVL et VPL en fonction de la Cat et E sur B40' variante 02'	43
Tableau II.20 : Eléments des raccordements circulaires "variante 2 "	45
Tableau II.21 : Cubatures approchées de la 'variante 02 '	46
Tableau II.22 : Comparaison entre les deux variantes	51
Tableau III.1: Valeur de déclivité maximal	55
Tableau III.2 : Rayons convexes	57
Tableau- III.3 : Rayons concaves (angle rentrant). Cat1, V80	58
Tableau III.4 : Caractéristique des rayons verticaux	60
Tableau III.5: les valeurs de tangente et la flèche	61
Tableau IV.1 : Devers	67
Tableau IV.2: Longueur de la clothoïde	69
Tableau IV.3: Paramètres de clothoïde	70

Tableau V.1 coefficient d'équivalence "p" (selon le B40)	74
Tableau V.2 : Coefficient « K1 »	75
Tableau V.3 : Coefficient « K2»	75
Tableau V.4 : valeurs de C_{th} capacité théorique du profil en travers en régime stable	76
Tableau V.5 : résultats du calcul de trafic	78
Tableau VI.1 : coefficient de frottement longitudinal fl en fonction de la vitesse (B40)	80
Tableau VI.2 : les différentes distances selon les normes B40	87
Tableau VII. 1 : la portance de sol en fonction de l'indice de CBR	93
Tableau VII. 2 : Les classes de portance des sols	95
Tableau VII.3 : Coefficient d'équivalence	95
Tableau VII.4 : épaisseurs du corps de chaussée	98
Tableau IX.1 : cubatures détaillées	108
Tableau. X.1 : Caractéristiques des lignes discontinues	127

SOMMAIRE

Dédicace

Remerciement

Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction générale 01

Chapitre I : Présentation et contexte du projet

I-1- Contexte de projet 03

I-2 - Découpage administratif03

I-3 - Infrastructures routières 03

I-4 -Donnes de base 04

I-4-1- levé topographique 04

I-4-2-Catégorie de la route 04

I-4-3-Trafic 05

Chapitre II : Etude des variantes

II-1-Tracé En Plan 08

II-1-1-Définition 08

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

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

II-1-3-1-Alignement droit 09

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

II-1-3-3- Arcs en cercle 09

II-1-4- Les variantes 10

II-1-4-1- Calcul de gisement de distance et des angles au centre 10

II-1-4-2- Détermination des éléments des raccordements circulaires 11

II-1-4-3- Environnement de la route	12
II-1-4-4- La vitesse de référence	12
II-1-4-5- Courbes en plan	12
II-1-4-6- Calcul des Cubatures Approchées	13
II-2- Etude des variantes	15
II-2-1- Etude de la variante 1	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	17
II-2-1-5- La vitesse de référence	26
II-2-1-6- Stabilité en courbe	26
II-2-1-7- Détermination des éléments des raccordements circulaire	26
II-2-1-8- Cubatures Approchées	30
II-2-2- Etude de la variante 2	35
II-2-2-1- les coordonnées des sommets	35
II-2-2-2- Calcul de gisements et des angles au centre	36
II-2-2-3- Environnement de la route	43
II-2-2-4- La vitesse de référence	43
II-2-2-5- Stabilité en courbe	43
II-2-2-6- Détermination des éléments des raccordements circulaire	45
II-2-2-7- Cubatures Approchées	46
II-2-3- Le choix de la variante	51
II-3- Conclusion	51

Chapitre III : Profil en long

III-1- Définition	53
III-2- La ligne de projet (ligne rouge)	53
III-3- Règles à respecter dans le tracé du profil en long	53
III-4- Les éléments de composition du profil en long	54
III-5- Coordination entre le tracé en plan et le profil en long	54
III-6- Déclivité	54
III-7- Les raccordements en profil en long	55
III-8- Eléments nécessaires au calcul du profil en long	58

III-9- Détermination pratique du profil en long	59
III-10- Application de projet	60

Chapitre IV : Les raccords progressifs

IV-1- Introduction	64
IV-2- Définition de la Clothoïde	64
IV-3- Les éléments de la clothoïde	64
IV-4- Propriétés de la clothoïde	65
IV-5- Les conditions de raccordement	65
IV-5-1- Condition de confort optique	65
IV-5-2- Condition de confort dynamique	66
IV-5-3- Condition de gauchissement.....	66
IV-5-4- La Vérification de non chevauchement	66
IV-6- Notion de devers	67
IV-6 -1- Devers en alignement	67
IV-6 -2- Devers en courbe	67
IV-6-3- Rayon de courbure	67
IV-6 -4- Calcul des devers	67
IV-7- Application de projet	68
IV-7-1- Calcul des dévers associés aux rayons de la variante choisie	68
IV-7-2- Calcul de la longueur de Clothoïde et la vérification de non chevauchement	69
IV-7-3 : Calcul des paramètres des deux clothoïde	70

Chapitre V : Etude du trafic

V-1- Introduction	72
V-2- Analyse de trafic	72
V-3- Mesure des trafics	72
V-4- Différents types de trafic	72
V-4-1- Trafic normal.....	73
V-4-2 Trafic dévié	73
V-4-3 Trafic induit	73
V-4-4- Trafic total	74
V-5- Calcul de la capacité	74
V-5-1- Définition de la capacité	74

V-5-2- Calcul de trafic moyen journalier (TJMA) horizon	74
V-5-3- Calcul de trafic effectif	74
V-5-4- débit de point horaire normal	75
V-5-5- Débit horaire admissible	75
V-5-6- Déterminations du nombre des voies	76
V-6- Application de projet	76
V-6-1- Projection future de trafic	77
V.6.2 Calcul du trafic effectif	77
V-6-3- Débit de pointe horaire normal	77
V-6-4- La capacité admissible	77
V.6.5 : Le nombre des voies	78
V-7- Conclusion	78

Chapitre VI : Paramètres cinématiques

VI-1- Définition	80
VI-2- Distance de freinage	80
VI-2-1 Application	81
VI-3- Temps de perception et de réaction	81
VI-4- Distance d'arrêt	82
VI.4.1 Application	83
VI-5- Distance de perception	83
VI-5-1- Application	84
VI-6- Espacement entre deux véhicules	85
VI-7- Distance de visibilité de dépassant et de manœuvre	86

Chapitre VII : Dimensionnement du corps de chaussée

VII-1- Introduction	89
VII-2- La chaussée	89
VII-2-1 Définition	89
VII-2-2 Différents types de chaussées	90
VII-2-2-1- Chaussée souple	90
VIII-2-2-2- Chaussée semi-rigide	91
VII-2-2-3 - Chaussée rigide	92
VII-3- Les Différents Facteurs à prendre en compte pour le dimensionnement	92

VII-3-1 - Trafic	93
VII-3-2 – Environnement	93
VII-3-3 - Le Sol Support	93
VII-3-4 – Matériaux	94
VII-4- Méthodes De Dimensionnement	94
VII-4-1- Méthode C.B.R (California – Bearing – Ratio)	94
VII-4-2- Méthode A.A.S.H.O (American Association of State Highway Officials)	96
VII-4-3- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves	96
VII-5- Application au Projet	96
VII-5- 1- Données de l'étude	96
VII-5- 2- Répartition de trafic	97
VII-5- 3- Calcul d'épaisseur	97
VII-5- 4- Epaisseur équivalente	97

Chapitre VIII : Profil en travers

VIII-1- Définition	100
VIII-2- Types De Profil En Travers	100
VIII-2-1- profil en travers type	100
VIII-2-2- profil en travers courants	100
VIII-3- Les éléments de composition du profil en travers	100
VIII-4- Application au projet	102

Chapitre IX : Cubatures et mouvements des terres

IX-1- Introduction	104
IX-2- Cubatures terrassements	104
IX-3- Méthode utilisée	104
IX-3-1- Description de la Méthode	104
IX-4- Mouvement des terres	105
IX-4-1- Métré de terrassement	105
IX-4-2- Foisonnement	106
IX-4-3- Moment de transport	106
IX-4-4- Distance moyenne de transport	106
IX-4-5- Epure de LALANNE	106
IX-4-6- Principe de l'épure de LALANNE	107

IX-4-7- Etablissement de l'épure de LALANNE	107
IX-4-8- Ligne de répartition des sens de transport	107
IX-5- Calculs des cubatures	108

Chapitre X : Signalisation routière

X -1- Introduction	115
X-2- L'objectif de la signalisation routière	115
X-3- Règles à respecter pour la signalisation	115
X-4- Types de signalisations	115
X -5- Caractéristiques générales des marques	118
X-6- Application au projet	118
X-7- Eclairage	120
X-7-1- Introduction.....	120
X-7-2- Catégorie d'éclairage.....	120
X-7-3- Paramètre de l'implantation des luminaires.....	120
X-7-4- Application au projet.....	121
X-7- Conclusion	121
Devis	123
Conclusion générale	124

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Les infrastructures de transport, et en particulier les routes, doivent présenter une efficacité économique et sociale. A travers des avantages et des coûts sociaux des aménagements réalisés, elles sont le principal vecteur de communication et d'échange entre les populations et jouent un rôle essentiel dans l'intégration des activités économiques à la vie locale.

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 tracé routier la Wilaya de Relizane reliant la daïra de Ammi-Moussa à la daïra de Zemmoura 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 variantes seront traitées. 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 ».

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 de la direction des travaux publics de la wilaya de Relizane; du ministère des travaux publics de la république algérienne démocratique et populaire, désignée par le terme « client », le projet concernant l'étude préliminaire, avant-projet sommaire et avant-projet détaillé d'un évitement reliant la wilaya de Relizane entre la Daïra de Zemmoura et la Daïra de Ammi-Moussa sur 5,5 KM.

Ce projet s'inscrit dans le cadre du programme de développement pour desservir le réseau routier et en particulier, relier la wilaya de Relizane afin d'assurer le transport de la marchandise et des voyageurs.

I-1 - CONTEXTE DE PROJET :

La wilaya de Relizane est située à nord-ouest de l'Algérie, sur une superficie de 41.851 km², occupant une position géographique stratégique vu qu'elle fondée sur l'intersection de deux axes importants (Alger, Oran, Mostaganem, Tiaret) et la richesse de ses terres irriguées.

Limites par :

- Au Nord : par la wilaya de Mostaganem.
- Au Sud : par la wilaya de Tiaret.
- A l'est : par la wilaya de Chlef et Tissimsillet.
- A l'ouest : par la wilaya de Mescara.

I-2 - DECOUPAGE ADMINISTRATIF :

- 13 Daïras.
- 38 Communes.
- 6 Subdivisions de travaux publics (STP).
- 14 Unités d'Intervention Routière (UIR).
- 10 Maisons cantonnières.

I-3 - INFRASTRUCTURES ROUTIERES :

- RN : 314.677 km
- CW : 476.36 km
- CC : 2083 Km
- Les ouvrages d'art sur RN : 46
- Les ouvrages d'art sur CW : 44
- Les ouvrages d'art sur CC : 55

- Autoroute est-ouest : 84.7 km
- Les ouvrages d'art sur autoroute est-ouest : 56
- Les ouvrages d'art sur pénétrante : 14
- 02 trimé au centre-ville
- Aéroport de classe C : fermé à la circulation

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.

La ville de Relizane est reliée au reste du pays par les routes nationales RN 07, RN 04, RN 90A, RN 23 et RN 90.

La wilaya de Relizane situé dans le nord-ouest de l'Algérie, elle a une superficie de 4870 km² et une population de 741478 habitants en 2021.

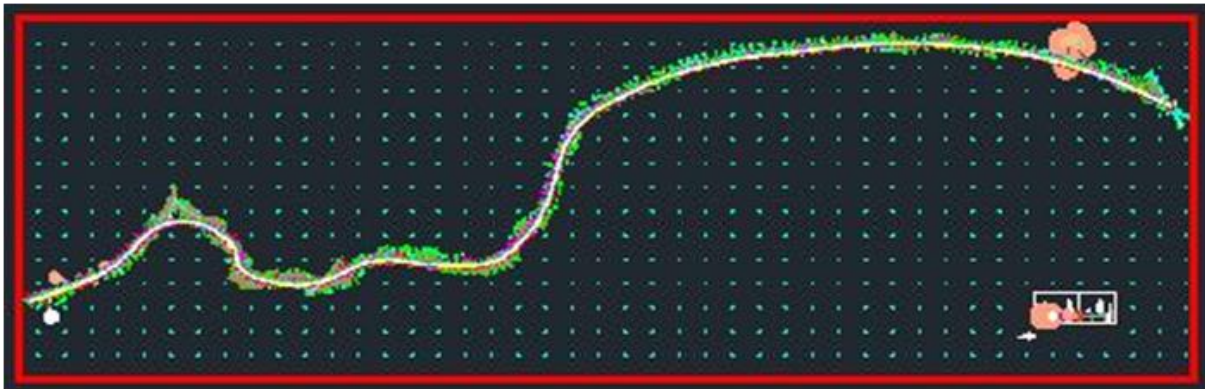


Figure I.1 : Levé topographique.

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 légères diversifiées avec le réseau précédent.

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

La catégorie de notre route est la catégorie 03.

I-5-3-Trafic :

- Trafic Moyen Journalier Annuel TJMA = 1100V/j
- Le pourcentage (%) des poids lourds $Z = 35\%$
- Taux de croissance annuel du trafic $\tau = 5\%$
- Durée d'étude et d'exécution : $n = 5$ ans
- Durée de vie : 20 ans

Chapitre II

Etude Des Variantes

II-1- TRACE EN PLAN :

II-1-1-Définition :

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

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

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

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

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

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

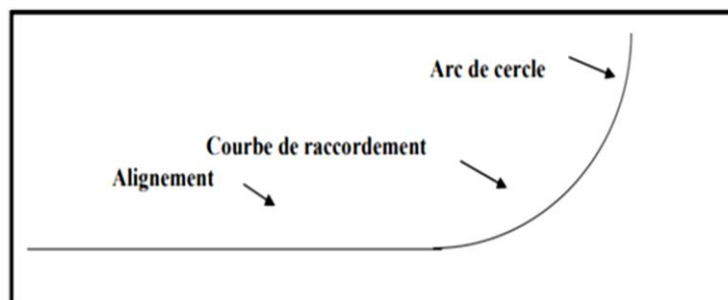


Figure II.1 : Les éléments de tracé en plan.

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

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

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

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

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

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

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures:

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

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

II-1-4-Les variantes :

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

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

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

❖ Gisement :

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

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

❖ Distance :

La distance S_1S_2 est donnée par la relation :

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

❖ L'angle au centre :

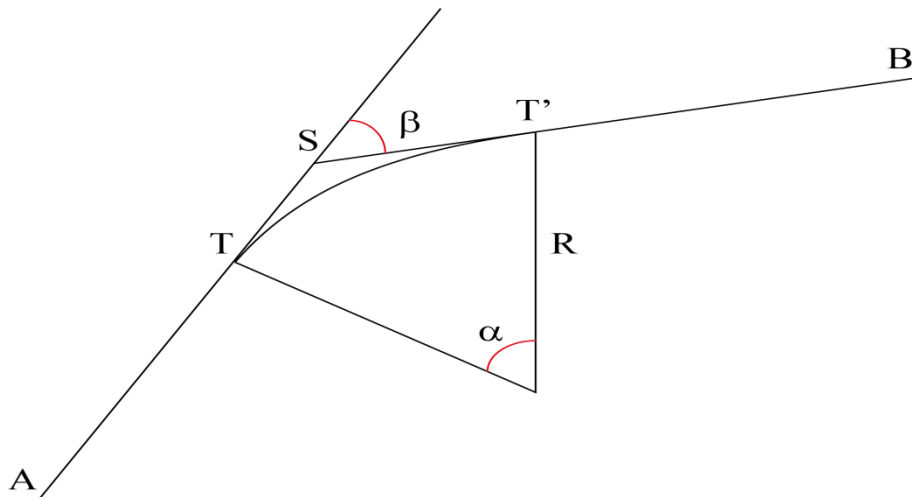


Figure II.2 : Détermination de l'angle au centre.

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

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

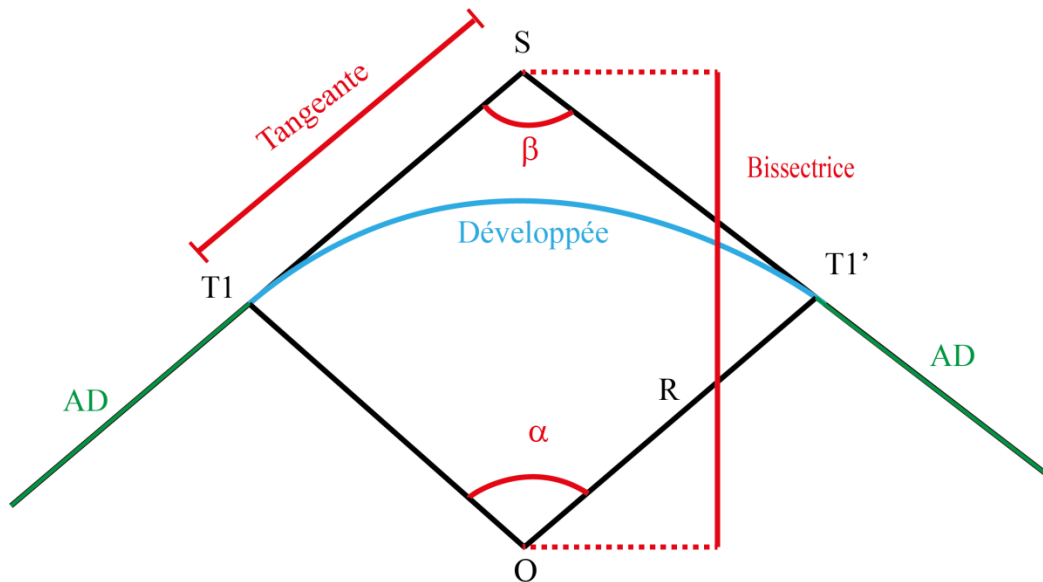


Figure II.3 : Les éléments d'un raccordement circulaire.

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

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

❖ **La tangente**

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

❖ **Bissectrice :**

$$\text{Biss} = \frac{R}{\cos \frac{\beta}{2}}$$

❖ **La développée :**

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

❖ **La flèche :**

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

II-1-4-3-Environnement de la route :

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

- La dénivelée cumulée moyenne.
- La sinuosité.

II-1-4-4- La vitesse de référence :

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

- La catégorie.
- L'environnement.

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

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

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

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

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

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

❖ **Le rayon minimal normal (RHN) :**

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

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

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

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

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

$D_{\min} = 2.5\%$ en catégorie 1 – 2

$D_{\min} = 3\%$ en catégorie 3– 4

❖ **Le rayon non déversé RHnd :**

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

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

II-1-4-6- Calcul des Cubatures approchés :

❖ **Méthode de calcul approximatif :**

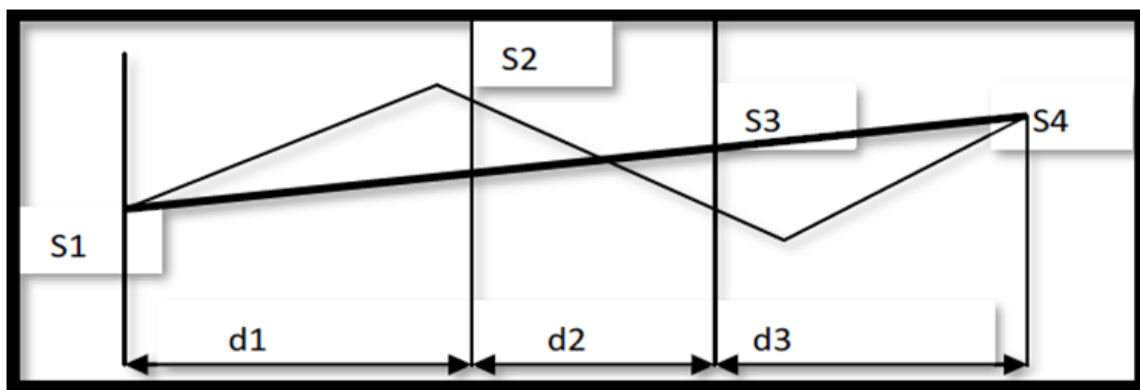


Figure II.4 : Schéma représentant la surface entre profil.

❖ Calcul des surfaces :

• En remblai :

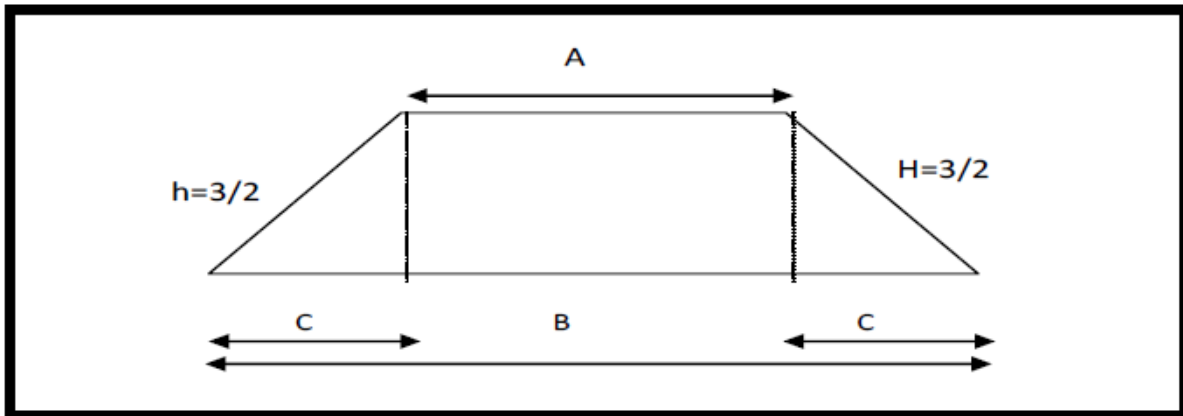


Figure II.5: Calcul de surfaces cas de remblai.

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 :

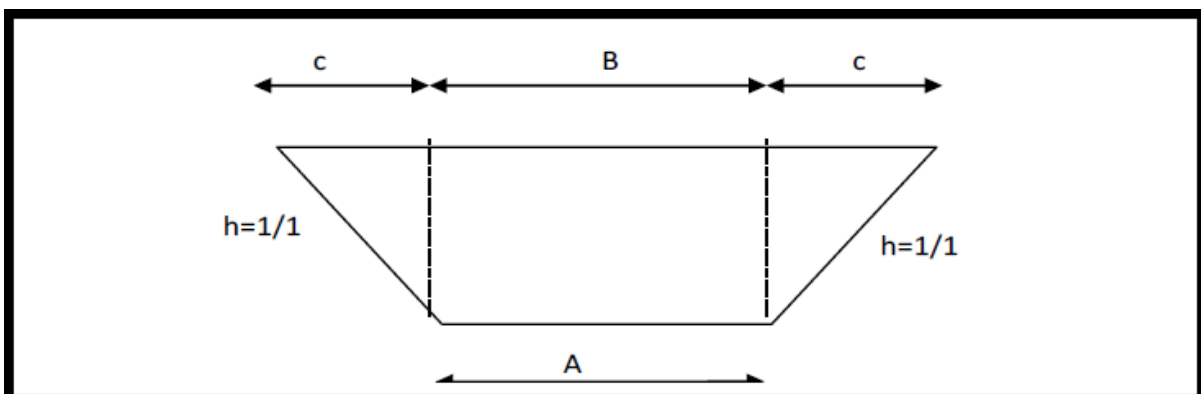


Figure II.6: Calcul de surfaces cas de déblai.

Avec :

- ✓ **h** : différence entre C.T.N et C.P.
- ✓ **A** : largeur de la chaussée + 2 accotements
- ✓ **SD** = Ah + h²

II-2-Etude des variantes :

II-2-1- Etude de la variante 1 :

II-2-1-1- Introduction :

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

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

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

II-2-1-2-Les coordonnées des sommets :

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

	X	Y		X	Y
A	601428,6503	894123,0439	S18	601010,1515	896791,1149
S1	601546,0846	894316,0599	S19	601002,4176	896887,836
S2	601562,1064	894637,6092	S20	600945,693	897012,2854
S3	601626,9196	894760,8513	S21	600773,4703	897160,2423
S4	601576,6914	894961,9749	S22	600712,429	897257,0759
S5	601212,8033	895316,0441	S23	600714,7818	897302,656
S6	601146,3471	895339,2097	S24	600805,6932	897430,0591
S7	601127,6714	895419,6895	S25	600691,1292	897734,3388

S8	601157,5333	895484,2664	S26	600709,8312	897849,7727
S9	601275,0524	895572,3587	S27	600745,9704	898034,3118
S10	601453,9537	895925,6808	S28	600723,9048	898075,8552
S11	601449,0251	896016,2345	S29	600664,7034	898100,8793
S12	601358,0517	896173,3024	S30	600519,3385	898112,0516
S13	601295,7583	896233,3309	S31	600417,9941	898313,3519
S14	600977,817	896462,315	S32	600463,0571	898473,0999
S15	600920,6368	896551,0594	S33	600529,2538	898593,1093
S16	600950,5406	896657,6841	B	600382,6548	898844,7909
S17	600952,5215	896701,9667			

II-2-1-3- Calcul de gisements et des angles au centre :

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

	DX	DY	G	Distance	Beta
A-S1	117,4343	193,0160	34,7967	225,934	/
S2-S3	16,0218	321,5493	3,1694	321,948	-31,6273
S3-S4	64,8132	123,2421	30,8222	139,246	27,6527
S4-S5	-50,2282	201,1236	384,4199	207,301	353,5977
S5-S6	-363,8882	354,0691	349,1294	507,720	-35,2905
S6-S7	-66,4562	23,1657	321,3531	70,378	-27,7763
S7-S8	-18,6756	80,4797	385,4839	82,618	64,1308
S8-S9	29,8619	64,5770	27,5743	71,147	-357,9096
S9-S10	117,5192	88,0922	59,0498	146,871	31,4755
S10-S11	178,9012	353,3221	29,8388	396,033	-29,2110
S11-S12	-4,9286	90,5537	396,5385	90,688	366,6997
S12-S13	-90,9734	157,0679	366,5785	181,512	-29,9600
S13-S14	-62,2934	60,0285	348,8214	86,509	-17,7571
S14-S15	-317,9413	228,9841	339,7353	391,817	-9,0861
S15-S16	-57,1801	88,7444	363,5615	105,571	23,8262
S16-S17	29,9038	106,6247	17,4073	110,739	-346,1542
S17-S18	1,9809	44,2825	2,8459	44,327	-14,5614
S18-S19	57,6300	89,1482	36,5341	106,154	33,6882
S19-S20	-7,7339	96,7211	394,9203	97,030	358,3862
S20-S21	-56,7246	124,4494	372,7737	136,767	-22,1467
S21-S22	-172,2227	147,9569	345,1844	227,050	-27,5893
S22-S23	-61,0413	96,8336	364,1931	114,467	19,0087
S23-S24	2,3528	45,5801	3,2832	45,641	-360,9099
S24-S25	90,9114	127,4031	39,4562	156,513	36,1730
S25-S26	-114,5639	304,2797	377,0758	325,132	337,6195
S26-S27	18,7019	115,4339	10,2253	116,939	-366,8505
S27-S28	36,1392	184,5391	12,3114	188,044	2,0861
S28-S29	-22,0656	41,5434	368,9169	47,040	356,6055

S29-S30	-59,2015	25,0241	325,4595	64,273	-43,4575
S30-S31	-145,3649	11,1723	304,8833	145,794	-20,5762
S31-S32	-101,3443	201,3003	370,3079	225,372	65,4246
S32-S33	45,0630	159,7479	17,5035	165,982	-352,8044
S33-S34	66,1967	120,0095	32,0899	137,056	14,5865
S34-B	-146,5991	251,6816	366,4224	291,264	334,3324

II-2-1-4- Environnement de la route :

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

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

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Point d'axe			DH
			X	Y	Z	
P1	0,0000	12,5000	601428,6503	894123,0439	595,9148	0,0000
P2	25,0000	17,8524	601441,6446	894144,4015	594,8290	-1,0858
P3	35,7049	12,5000	601447,2087	894153,5467	594,3640	-0,4649
P4	50,0000	19,6476	601454,5221	894165,8292	593,7432	-0,6209
P5	75,0000	25,0000	601466,7447	894187,6363	592,6574	-1,0858
P6	100,0000	25,0000	601478,2338	894209,8386	591,5716	-1,0858
P7	125,0000	25,0000	601488,9765	894232,4115	590,4858	-1,0858
P8	150,0000	25,0000	601498,9610	894255,3299	589,4001	-1,0858
P9	175,0000	25,0000	601508,1761	894278,5683	588,3143	-1,0858
P10	200,0000	25,0000	601516,6116	894302,1010	587,2285	-1,0858
P11	225,0000	25,0000	601524,2581	894325,9016	586,1427	-1,0858
P12	250,0000	25,0000	601531,1072	894349,9439	585,0569	-1,0858
P13	275,0000	25,0000	601537,1513	894374,2011	583,9711	-1,0858
P14	300,0000	25,0000	601542,3835	894398,6463	582,8853	-1,0858
P15	325,0000	25,0000	601546,7982	894423,2522	581,7996	-1,0858
P16	350,0000	25,0000	601550,3903	894447,9917	580,7216	-1,0780
P17	375,0000	25,0000	601553,1560	894472,8370	579,6823	-1,0393
P18	400,0000	16,6525	601555,0921	894497,7608	578,6847	-0,9976
P19	408,3050	12,5000	601555,5513	894506,0530	578,3625	-0,3221
P20	425,0000	10,6936	601556,3822	894522,7274	577,7289	-0,6337
P21	429,6921	12,5000	601556,6157	894527,4137	577,5542	-0,1747
P22	450,0000	22,6539	601558,0379	894547,6703	576,8148	-0,7393
P23	475,0000	25,0000	601560,9162	894572,5014	575,9425	-0,8723
P24	500,0000	25,0000	601565,0320	894597,1577	575,1120	-0,8306
P25	525,0000	25,0000	601570,3749	894621,5774	574,3232	-0,7888
P26	550,0000	25,0000	601576,9316	894645,6996	573,5761	-0,7471
P27	575,0000	25,0000	601584,6858	894669,4639	572,8707	-0,7054

P28	600,0000	25,0000	601593,6179	894692,8110	572,2070	-0,6637
P29	625,0000	23,4381	601603,7058	894715,6824	571,5850	-0,6220
P30	646,8761	11,0892	601613,4615	894735,2608	571,0750	-0,5100
P31	647,1784	1,5619	601613,6022	894735,5284	571,0682	-0,0068
P32	650,0000	13,9108	601614,8683	894738,0498	571,0048	-0,0634
P33	675,0000	25,0000	601621,7420	894761,9661	570,4662	-0,5386
P34	700,0000	13,4224	601620,4121	894786,8149	569,9693	-0,4969
P35	701,8448	4,9190	601619,9872	894788,6101	569,9343	-0,0350
P36	709,8379	11,5776	601618,0505	894796,3650	569,7852	-0,1491
P37	725,0000	20,0810	601614,1913	894811,0273	569,5142	-0,2711
P38	750,0000	25,0000	601607,0230	894834,9757	569,1007	-0,4135
P39	775,0000	25,0000	601598,8634	894858,6047	568,7289	-0,3718
P40	800,0000	25,0000	601589,7266	894881,8733	568,3987	-0,3301
P41	825,0000	25,0000	601579,6284	894904,7411	568,1103	-0,2885
P42	850,0000	25,0000	601568,5865	894927,1685	567,8567	-0,2536
P43	875,0000	25,0000	601556,6200	894949,1164	567,6069	-0,2498
P44	900,0000	25,0000	601543,7496	894970,5468	567,3686	-0,2383
P45	925,0000	25,0000	601529,9978	894991,4225	567,1778	-0,1908
P46	950,0000	25,0000	601515,3882	895011,7073	567,0369	-0,1408
P47	975,0000	25,0000	601499,9464	895031,3659	566,9461	-0,0908
P48	1000,0000	25,0000	601483,6992	895050,3642	566,9053	-0,0408
P49	1025,0000	21,2215	601466,6747	895068,6693	566,9144	0,0092
P50	1042,4430	12,5000	601454,3517	895081,0135	566,9504	0,0360
P51	1050,0000	16,2785	601448,9355	895086,2836	566,9736	0,0232
P52	1075,0000	25,0000	601431,0177	895103,7178	567,0828	0,1092
P53	1100,0000	25,0000	601413,0999	895121,1521	567,2419	0,1592
P54	1125,0000	25,0000	601395,1822	895138,5864	567,4511	0,2092
P55	1150,0000	25,0000	601377,2644	895156,0207	567,7103	0,2592
P56	1175,0000	25,0000	601359,3467	895173,4549	568,0195	0,3092
P57	1200,0000	25,0000	601341,4289	895190,8892	568,3787	0,3592
P58	1225,0000	25,0000	601323,5112	895208,3235	568,7632	0,3845
P59	1250,0000	25,0000	601305,5934	895225,7578	569,1330	0,3697
P60	1275,0000	25,0000	601287,6756	895243,1920	569,4432	0,3102
P61	1300,0000	18,9810	601269,7579	895260,6263	569,6909	0,2477
P62	1312,9620	12,5000	601260,4679	895269,6656	569,7948	0,1038
P63	1325,0000	18,5190	601251,6740	895277,8852	569,8762	0,0814
P64	1350,0000	25,0000	601232,3973	895293,7927	569,9989	0,1227
P65	1375,0000	25,0000	601211,8634	895308,0404	570,0591	0,0602
P66	1400,0000	25,0000	601190,2149	895320,5295	570,0568	-0,0023
P67	1425,0000	21,9273	601167,6019	895331,1734	569,9920	-0,0648
P68	1443,8546	9,4352	601150,0046	895337,9347	569,9018	-0,0902
P69	1443,8704	3,0727	601149,9897	895337,9399	569,9017	-0,0001

P70	1450,0000	3,5258	601145,7419	895342,0858	569,8647	-0,0370
P71	1450,9219	4,6663	601145,4750	895342,9675	569,8588	-0,0059
P72	1459,3326	12,0390	601143,5738	895351,1605	569,8012	-0,0576
P73	1475,0000	20,3337	601140,6186	895366,5428	569,6749	-0,1263
P74	1500,0000	25,0000	601138,3577	895391,4248	569,4226	-0,2523
P75	1525,0000	25,0000	601139,1405	895416,3970	569,1078	-0,3148
P76	1550,0000	25,0000	601142,9553	895441,0886	568,7305	-0,3773
P77	1575,0000	22,4347	601149,7455	895465,1327	568,2907	-0,4399
P78	1594,8693	9,9547	601157,1986	895483,5428	567,8965	-0,3942
P79	1594,9095	0,7617	601157,2155	895483,5792	567,8956	-0,0008
P80	1596,3927	2,5453	601158,1391	895484,7205	567,8646	-0,0310
P81	1600,0000	2,9965	601161,0255	895486,8842	567,7883	-0,0764
P82	1602,3857	12,5000	601162,9344	895488,3151	567,7371	-0,0511
P83	1625,0000	23,8071	601180,7694	895502,2168	567,2518	-0,4853
P84	1650,0000	25,0000	601199,8606	895518,3548	566,7153	-0,5365
P85	1675,0000	25,0000	601218,2630	895535,2741	566,1788	-0,5365
P86	1700,0000	25,0000	601235,9446	895552,9453	565,6423	-0,5365
P87	1725,0000	25,0000	601252,8748	895571,3376	565,1058	-0,5365
P88	1750,0000	25,0000	601269,0242	895590,4192	564,5693	-0,5365
P89	1775,0000	25,0000	601284,3647	895610,1569	564,0328	-0,5365
P90	1800,0000	25,0000	601298,8698	895630,5165	563,4962	-0,5365
P91	1825,0000	25,0000	601312,5142	895651,4626	562,9597	-0,5365
P92	1850,0000	25,0000	601325,2742	895672,9589	562,4232	-0,5365
P93	1875,0000	13,8464	601337,1278	895694,9681	561,8867	-0,5365
P94	1877,6927	12,5000	601338,3495	895697,3677	561,8289	-0,0578
P95	1900,0000	23,6536	601348,4265	895717,2692	561,3502	-0,4787
P96	1925,0000	25,0000	601359,7198	895739,5730	560,8137	-0,5365
P97	1950,0000	25,0000	601371,0131	895761,8768	560,2772	-0,5365
P98	1975,0000	25,0000	601382,3064	895784,1807	559,7407	-0,5365
P99	2000,0000	25,0000	601393,5998	895806,4845	559,2042	-0,5365
P100	2025,0000	23,3060	601404,8931	895828,7883	558,6676	-0,5365
P101	2046,6120	12,5000	601414,6560	895848,0695	558,2038	-0,4638
P102	2050,0000	14,1940	601416,1706	895851,1001	558,1311	-0,0727
P103	2075,0000	25,0000	601426,3580	895873,9235	557,5946	-0,5365
P104	2100,0000	25,0000	601434,7614	895897,4623	557,0581	-0,5365
P105	2125,0000	25,0000	601441,3310	895921,5773	556,5216	-0,5365
P106	2150,0000	25,0000	601446,0281	895946,1258	555,9851	-0,5365
P107	2175,0000	25,0000	601448,8247	895970,9627	555,4486	-0,5365
P108	2200,0000	20,8066	601449,7045	895995,9410	554,9121	-0,5365
P109	2216,6132	8,3557	601449,2259	896012,5455	554,5555	-0,3565
P110	2216,7114	3,5787	601449,2205	896012,6436	554,5534	-0,0021
P111	2223,7706	4,1443	601447,2227	896019,3464	554,4019	-0,1515

P112	2225,0000	13,1147	601446,6065	896020,4102	554,3755	-0,0264
P113	2250,0000	25,0000	601434,0765	896042,0435	553,8390	-0,5365
P114	2275,0000	25,0000	601421,5466	896063,6768	553,3025	-0,5365
P115	2300,0000	21,2304	601409,0166	896085,3102	552,7660	-0,5365
P116	2317,4607	12,5000	601400,2653	896100,4195	552,3913	-0,3747
P117	2325,0000	16,2696	601396,4457	896106,9195	552,2295	-0,1618
P118	2350,0000	25,0000	601383,2013	896128,1208	551,6930	-0,5365
P119	2375,0000	25,0000	601369,0853	896148,7521	551,1565	-0,5365
P120	2400,0000	25,0000	601354,1221	896168,7774	550,6200	-0,5365
P121	2425,0000	25,0000	601338,3377	896188,1620	550,0835	-0,5365
P122	2450,0000	25,0000	601321,7596	896206,8723	549,5469	-0,5365
P123	2475,0000	17,4089	601304,4166	896224,8758	549,0104	-0,5365
P124	2484,8178	4,9787	601297,4030	896231,7459	548,7997	-0,2107
P125	2484,9575	2,2107	601297,3025	896231,8428	548,7967	-0,0030
P126	2489,2392	7,5213	601294,0181	896234,5841	548,7048	-0,0919
P127	2500,0000	17,8804	601285,2862	896240,8729	548,4739	-0,2309
P128	2525,0000	25,0000	601264,9998	896255,4833	547,9374	-0,5365
P129	2550,0000	25,0000	601244,7135	896270,0938	547,4009	-0,5365
P130	2575,0000	25,0000	601224,4271	896284,7042	546,8644	-0,5365
P131	2600,0000	25,0000	601204,1408	896299,3146	546,3279	-0,5365
P132	2625,0000	25,0000	601183,8544	896313,9250	545,7914	-0,5365
P133	2650,0000	25,0000	601163,5681	896328,5354	545,2548	-0,5365
P134	2675,0000	25,0000	601143,2817	896343,1458	544,7183	-0,5365
P135	2700,0000	25,0000	601122,9954	896357,7562	544,1818	-0,5365
P136	2725,0000	25,0000	601102,7090	896372,3666	543,6453	-0,5365
P137	2750,0000	24,8856	601082,4227	896386,9770	543,1088	-0,5365
P138	2774,7711	12,5000	601062,3221	896401,4536	542,5772	-0,5316
P139	2775,0000	12,6144	601062,1364	896401,5875	542,5723	-0,0049
P140	2800,0000	25,0000	601042,1953	896416,6621	542,0358	-0,5365
P141	2825,0000	25,0000	601022,9597	896432,6273	541,4993	-0,5365
P142	2850,0000	25,0000	601004,4695	896449,4500	540,9628	-0,5365
P143	2875,0000	25,0000	600986,7628	896467,0955	540,4262	-0,5365
P144	2900,0000	25,0000	600969,8762	896485,5274	539,8897	-0,5365
P145	2925,0000	25,0000	600953,8445	896504,7076	539,3532	-0,5365
P146	2950,0000	25,0000	600938,7009	896524,5964	538,8167	-0,5365
P147	2975,0000	15,3075	600924,4767	896545,1527	538,2802	-0,5365
P148	2980,6150	2,8475	600921,4115	896549,8572	538,1597	-0,1205
P149	2980,6950	1,3087	600921,3681	896549,9244	538,1580	-0,0017
P150	2983,2324	9,6525	600921,0014	896552,3594	538,1035	-0,0545
P151	3000,0000	20,8838	600925,5293	896568,5041	537,7437	-0,3598
P152	3025,0000	25,0000	600932,2803	896592,5753	537,2072	-0,5365
P153	3050,0000	13,7089	600939,0313	896616,6466	536,6731	-0,5340

P154	3052,4178	12,5000	600939,6842	896618,9745	536,6224	-0,0507
P155	3075,0000	23,7911	600945,0768	896640,8994	536,1603	-0,4622
P156	3100,0000	25,0000	600949,3842	896665,5201	535,6724	-0,4879
P157	3125,0000	16,2366	600951,9236	896690,3855	535,2096	-0,4628
P158	3132,4733	3,7664	600952,3372	896697,8471	535,0761	-0,1335
P159	3132,5328	3,9986	600952,3399	896697,9067	535,0750	-0,0011
P160	3140,4704	8,4023	600954,7279	896705,3797	534,9357	-0,1393
P161	3149,3375	4,7648	600959,5417	896712,8263	534,7830	-0,1527
P162	3150,0000	12,8313	600959,9007	896713,3831	534,7717	-0,0113
P163	3175,0000	25,0000	600972,4486	896734,9960	534,3589	-0,4128
P164	3200,0000	25,0000	600982,9826	896757,6589	533,9711	-0,3878
P165	3225,0000	25,0000	600991,4157	896781,1845	533,6083	-0,3628
P166	3250,0000	25,0000	600997,6782	896805,3785	533,2705	-0,3378
P167	3275,0000	25,0000	601001,7184	896830,0411	532,9577	-0,3128
P168	3300,0000	25,0000	601003,5030	896854,9687	532,6699	-0,2878
P169	3325,0000	14,5482	601003,0171	896879,9554	532,4033	-0,2666
P170	3329,0963	2,1067	601002,7211	896884,0410	532,3600	-0,0433
P171	3329,2134	3,7113	601002,7117	896884,1577	532,3588	-0,0012
P172	3336,5189	4,1489	601000,8872	896891,1937	532,2816	-0,0772
P173	3337,5113	6,7406	601000,4756	896892,0967	532,2711	-0,0105
P174	3350,0000	18,7444	600995,1779	896903,4059	532,1392	-0,1319
P175	3375,0000	25,0000	600983,8718	896925,7012	531,8750	-0,2641
P176	3400,0000	25,0000	600971,6468	896947,5062	531,6109	-0,2641
P177	3425,0000	25,0000	600958,5241	896968,7830	531,3468	-0,2641
P178	3450,0000	25,0000	600944,5265	896989,4948	531,0826	-0,2641
P179	3475,0000	25,0000	600929,6783	897009,6055	530,8185	-0,2641
P180	3500,0000	25,0000	600914,0053	897029,0803	530,5544	-0,2641
P181	3525,0000	25,0000	600897,5347	897047,8853	530,2902	-0,2641
P182	3550,0000	25,0000	600880,2951	897065,9879	530,0261	-0,2641
P183	3575,0000	23,7670	600862,3163	897083,3567	529,7620	-0,2641
P184	3597,5339	11,7456	600845,5036	897098,3584	529,5239	-0,2381
P185	3598,4912	1,2330	600844,7775	897098,9821	529,5138	-0,0101
P186	3600,0000	13,2544	600843,6342	897099,9668	529,4978	-0,0159
P187	3625,0000	25,0000	600825,0423	897116,6777	529,2337	-0,2641
P188	3650,0000	25,0000	600807,1335	897134,1189	528,9696	-0,2641
P189	3675,0000	25,0000	600789,9365	897152,2622	528,7054	-0,2641
P190	3700,0000	25,0000	600773,4788	897171,0787	528,4413	-0,2641
P191	3725,0000	25,0000	600757,7867	897190,5382	528,1772	-0,2641
P192	3750,0000	25,0000	600742,8854	897210,6098	527,9130	-0,2641
P193	3775,0000	17,5542	600728,7986	897231,2611	527,6489	-0,2641
P194	3785,1084	12,5000	600723,3392	897239,7684	527,5421	-0,1068
P195	3800,0000	10,2297	600715,3981	897252,3659	527,3848	-0,1573

P196	3805,5677	3,7042	600712,4290	897257,0759	527,3259	-0,0588
P197	3807,4083	9,7161	600712,5239	897258,9141	527,3065	-0,0194
P198	3825,0000	21,2958	600714,4576	897276,3890	527,1206	-0,1859
P199	3850,0000	25,0000	600720,6884	897300,5702	526,8565	-0,2641
P200	3875,0000	21,3195	600730,8444	897323,3827	526,5924	-0,2641
P201	3892,6390	9,1791	600740,2233	897338,3097	526,4060	-0,1864
P202	3893,3583	3,6805	600740,6410	897338,8952	526,3984	-0,0076
P203	3900,0000	15,8209	600744,4128	897344,3617	526,3282	-0,0702
P204	3925,0000	25,0000	600757,0140	897365,9365	526,0641	-0,2641
P205	3950,0000	25,0000	600766,9637	897388,8551	525,8000	-0,2641
P206	3975,0000	25,0000	600774,1210	897412,7933	525,5358	-0,2641
P207	4000,0000	25,0000	600778,3846	897437,4121	525,2717	-0,2641
P208	4025,0000	25,0000	600779,6941	897462,3630	525,0076	-0,2641
P209	4050,0000	37,0655	600778,0310	897487,2928	524,7594	-0,2481
P210	4099,1310	74,5242	600766,2309	897534,8703	524,2718	-0,4876
P211	4199,0483	112,9345	600731,0239	897628,3793	523,2801	-0,9917
P212	4325,0000	75,4758	600704,6291	897751,0634	522,0301	-1,2501
P213	4350,0000	25,0000	600703,7713	897776,0451	521,7819	-0,2481
P214	4375,0000	25,0000	600704,3836	897801,0340	521,5338	-0,2481
P215	4400,0000	22,6753	600706,4640	897825,9436	521,2857	-0,2481
P216	4420,3505	10,1909	600709,2365	897846,1025	521,0837	-0,2020
P217	4420,3818	2,3247	600709,2415	897846,1333	521,0834	-0,0003
P218	4425,0000	3,6865	600710,0268	897850,6842	521,0376	-0,0458
P219	4427,7548	12,5000	600710,5397	897853,3908	521,0102	-0,0273
P220	4450,0000	23,6226	600714,8149	897875,2213	520,7894	-0,2208
P221	4475,0000	25,0000	600719,6195	897899,7553	520,5413	-0,2481
P222	4500,0000	25,0000	600724,4241	897924,2893	520,2932	-0,2481
P223	4525,0000	25,0000	600729,2287	897948,8232	520,0451	-0,2481
P224	4550,0000	21,3900	600734,0333	897973,3572	519,7969	-0,2481
P225	4567,7800	12,5000	600737,4504	897990,8058	519,6205	-0,1765
P226	4575,0000	16,1100	600738,6326	897997,9273	519,5488	-0,0717
P227	4600,0000	25,0000	600739,5216	898022,8698	519,3007	-0,2481
P228	4625,0000	25,0000	600735,4376	898047,4918	519,0526	-0,2481
P229	4650,0000	13,9925	600726,5434	898070,8115	518,8044	-0,2481
P230	4652,9849	1,9581	600725,1748	898073,4641	518,7748	-0,0296
P231	4653,9162	2,1722	600724,7380	898074,2866	518,7656	-0,0092
P232	4657,3294	2,3875	600722,2689	898076,5467	518,7317	-0,0339
P233	4658,6913	8,8353	600721,0145	898077,0769	518,7182	-0,0135
P234	4675,0000	20,6544	600705,8593	898083,0980	518,5563	-0,1619
P235	4700,0000	25,0000	600682,1572	898091,0341	518,3082	-0,2481
P236	4725,0000	25,0000	600657,9791	898097,3735	518,0600	-0,2481
P237	4750,0000	25,0000	600633,4324	898102,0882	517,8119	-0,2481

P238	4775,0000	14,9476	600608,6262	898105,1572	517,5638	-0,2481
P239	4779,8951	9,5008	600603,7481	898105,5642	517,5152	-0,0486
P240	4794,0016	10,0524	600589,6830	898106,6452	517,3752	-0,1400
P241	4800,0000	15,4992	600583,7156	898107,2481	517,3157	-0,0595
P242	4825,0000	25,0000	600559,3846	898112,8090	517,0675	-0,2481
P243	4850,0000	25,0000	600536,6435	898123,0929	516,8194	-0,2481
P244	4875,0000	25,0000	600516,3987	898137,6897	516,5713	-0,2481
P245	4900,0000	23,7313	600499,4574	898156,0176	516,3232	-0,2481
P246	4922,4626	12,5000	600487,6129	898175,0681	516,1002	-0,2229
P247	4925,0000	4,5403	600486,4719	898177,3345	516,0750	-0,0252
P248	4931,5432	12,5000	600483,5296	898183,1789	516,0101	-0,0649
P249	4950,0000	21,7284	600475,6390	898199,8618	515,8269	-0,1832
P250	4975,0000	25,0000	600466,2783	898223,0383	515,5788	-0,2481
P251	5000,0000	25,0000	600458,4825	898246,7868	515,3307	-0,2481
P252	5025,0000	25,0000	600452,2860	898271,0019	515,0825	-0,2481
P253	5050,0000	25,0000	600447,7164	898295,5760	514,8344	-0,2481
P254	5075,0000	25,0000	600444,7940	898320,4000	514,5863	-0,2481
P255	5100,0000	25,0000	600443,5318	898345,3635	514,3382	-0,2481
P256	5125,0000	25,0000	600443,9354	898370,3556	514,0900	-0,2481
P257	5150,0000	25,0000	600446,0031	898395,2653	513,8419	-0,2481
P258	5175,0000	25,0000	600449,7255	898419,9819	513,5938	-0,2481
P259	5200,0000	17,2741	600455,0863	898444,3957	513,3489	-0,2449
P260	5209,5482	4,8273	600457,5613	898453,6172	513,2608	-0,0881
P261	5209,6546	7,7259	600457,5902	898453,7197	513,2598	-0,0010
P262	5225,0000	20,0483	600462,3981	898468,2872	513,1259	-0,1339
P263	5249,7513	12,5000	600472,7828	898490,7319	512,9298	-0,1961
P264	5250,0000	1,7662	600472,9030	898490,9497	512,9280	-0,0018
P265	5253,2836	12,5000	600474,4889	898493,8249	512,9038	-0,0241
P266	5275,0000	23,3582	600483,9258	898513,3718	512,7550	-0,1488
P267	5300,0000	25,0000	600492,0921	898536,9832	512,6071	-0,1479
P268	5325,0000	25,0000	600497,2510	898561,4285	512,4836	-0,1235
P269	5350,0000	25,0000	600499,3219	898586,3263	512,3681	-0,1156
P270	5375,0000	25,0000	600498,2725	898611,2880	512,2525	-0,1156
P271	5400,0000	25,0000	600494,1193	898635,9241	512,1369	-0,1156
P272	5425,0000	25,0000	600486,9269	898659,8501	512,0213	-0,1156
P273	5450,0000	17,2922	600476,8077	898682,6928	511,9057	-0,1156
P274	5459,5843	12,5000	600472,1839	898691,0870	511,8614	-0,0443
P275	5475,0000	20,2078	600464,4249	898704,4077	511,7901	-0,0713
P276	5500,0000	25,0000	600451,8419	898726,0102	511,6746	-0,1156
P277	5525,0000	25,0000	600439,2590	898747,6127	511,5590	-0,1156
P278	5550,0000	25,0000	600426,6760	898769,2152	511,4434	-0,1156
P279	5575,0000	25,0000	600414,0930	898790,8177	511,3278	-0,1156

P280	5600,0000	25,0000	600401,5100	898812,4202	511,2122	-0,1156
P281	5625,0000	18,7309	600388,9270	898834,0227	511,0966	-0,1156
P282	5637,4617	6,2309	600382,6548	898844,7909	511,0390	-0,0576
						84,87

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.

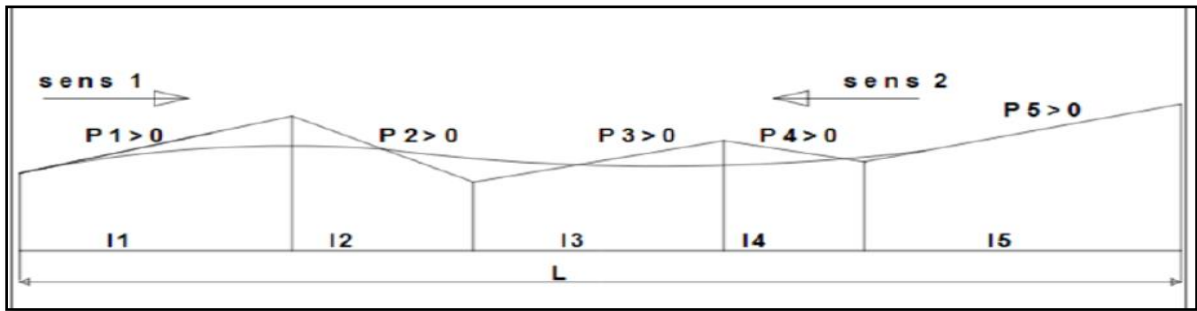


Figure II.7: La dénivelée cumulée moyenne H/L.

❖ **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 :

- $\Sigma \Delta H = 84,8757m$;
- $\Sigma Distance = 5637,4617m$;

$$Dc = \frac{\Sigma \Delta H}{\Sigma Distance} = \frac{84,8757}{5637,461} = 0,0151 \quad \Rightarrow \quad Dc=1,51\%$$

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

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

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

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

B) -Sinuosité :

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

$$\sigma = \frac{L_s}{L_T} = \frac{437,799}{5637,361} = 0,0776$$

Avec :

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

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

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

Tableau II.5: Sinuosité "variante 01".

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

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

Environnement de la route :

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

Tableau II.6 : Environnement en fonction du relief et de la sinuosité "variante01".

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

Dans notre cas, nous avons :

Terrain Vallonné
Sinuosité faible  Environnement E2

II-2-1-5- La vitesse de référence :

La vitesse est donc fonction de :

- La catégorie
- L'environnement

La catégorie de notre tronçon est **CAT3** et environnement **E2** (Voir Tableau III.7)

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

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

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

II-2-1-6- Stabilité en courbe :

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

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

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

- ✓ **Détermination du coefficient transversal f_t :**

Tableau II.9 : Valeur du coefficient f_t .

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	/

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

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

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

- ✓ **Tableau récapitulatif :**

Vitesse réf	Dmax	Dmin	d=dmax-2%	Ft	f''
80 km/h	8%	-3%	6%	0.15	0.07

▪ **Détermination des rayons en plan :**

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

$$RHm = \frac{80^2}{127 (0,15 + 0,08)} \longrightarrow \boxed{RHm = 219 \text{ m}}$$

❖ **Le rayon minimal normal (RHN) :**

$$RHN = \frac{(80+20)^2}{127 (0,15 + 0,08)} \longrightarrow \boxed{RHN = 442 \text{ m}}$$

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

$$RHd = \frac{80^2}{127 * 2 * 0,03} \longrightarrow \boxed{RHd = 839 \text{ m}}$$

❖ **Le rayon non déversé RHnd :**

$$RHnd = \frac{80^2}{127 (0,07 - 0,03)} \longrightarrow \boxed{RHnd = 1259 \text{ m}}$$

1) Paramètres fondamentaux :

D'après le règlement des normes d'aménagements routiers B40, pour un environnement E2 et une catégorie C3 et une vitesse de base VB = 80 km/h on définit les paramètres dans le tableau suivants :

Paramètres	Symboles	Valeurs calculées	Valeurs selon B-40
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (8 %)	219	220
Rayon horizontal normal (m)	RHN (6 %)	442	375
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (3 %)	839	800
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-3 %)	1259	1200

▪ **Choix des rayons:**

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

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

Rayons Choisis (m)										
R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11
750	500	75	600	300	7	205	3	600	325	15

R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	R21	R22
600	30	550	3	350	15	275	21	600	625	5
R23	R24	R25	R26	R27	R28	R29	R30	R31	R32	R33
150	210	425	225	125	5	375	125	375	175	200

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

Tableau des résultats :

Tableau II.11: Eléments des raccords circulaires "variante 1".

Virage (m)	Tangente (m)	Bissectrice (m)	Flèche (m)	Développé (m)
1	190,227	773,748	23,019	372,597
2	110,333	512,029	11,746	217,186
3	28,611	80,272	4,926	54,666
4	170,699	623,809	23,03	238,362
5	66,504	307,283	7,11	130,891
6	3,858	7,993	0,869	7,052
7	40,349	216,735	124,098	135,535
8	0,757	3,094	0,091	1,483
9	140,121	616,144	15,721	275,307
10	86,995	336,442	184,23	170,005
11	3,526	15,425	0,413	7,059
12	84,225	605,883	5,825	167,356
13	2,144	30,077	0,076	4,282
14	104,139	559,772	9,602	205,842
15	1,35	3,29	0,264	2,537
16	40,202	352,301	2,286	80,053
17	4,064	15,541	0,522	7,938
18	93,223	290,371	14,558	179,76
19	3,69	21,293	0,317	6,976
20	132,084	614,366	14,03	260,02
21	94,01	632,031	6,953	186,62
22	1,505	5,245	0,234	3,07
23	43,8	156,264	6,013	85,231
24	111,993	237,997	24,703	205,771
25	113,219	439,822	14,323	221,299
26	3,687	225,03	0,03	7,373
27	44,332	132,628	7,19	85,204
28	1,776	5,306	0,288	3,413
29	61,134	379,951	4,886	121,203
30	70,552	143,536	16,142	128,462
31	145,741	402,325	25,47	278,001
32	20,137	176,155	1,147	40,098

33	113,388	229,906	26,016	206,302
				1506,127

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

$$Lad = AT1 + T1T2 + T2T3 + \dots + T33B$$

$$Lad = 35,707 + 21,388 + 0,302 + 7,991 + 270,517 + 0,016 + 38,411 + 30,041 + 5,993 + 168,917 + 0,167 + 93,761 + 0,140 + 285,534 + 0,082 + 69,187 + 0,061 + 8,867 + 0,117 + 0,993 + 0,956 + 18,952 + 0,336 + 0,720 + 99,920 + 0,033 + 140,025 + 0,932 + 1,363 + 14,108 + 9,079 + 0,104 + 3,531 + 177,876$$

⇒ **Lad=1506,127 m**

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

$$Lc = D1 + D2 + \dots + D33$$

$$Lc = 372,597 + 217,186 + 54,666 + 238,362 + 130,891 + 7,052 + 135,535 + 1,483 + 275,307 + 170,005 + 7,059 + 167,356 + 4,282 + 205,842 + 2,537 + 80,053 + 7,938 + 179,76 + 6,976 + 260,02 + 186,62 + 3,07 + 85,231 + 205,771 + 221,299 + 7,373 + 85,204 + 3,413 + 121,203 + 128,462 + 278,001 + 40,098 + 206,302$$

⇒ **Lc=4096,954 m**

• **Longueur totale du tronçon : LT**

$$LT = Lad + Lc$$

$$LT = 1506,127 \text{ m} + 4096,954 \text{ m} \Rightarrow \text{LT} = 5603,081 \text{ m}$$

Pourcentage Alignement droit = 27 % **non vérifier** 40 % < Lad < 80%

Pourcentage Courbe = 73% **non vérifier** 20 % < Lc < 60%

II-2-1-8- Cubatures :

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

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Déblais					Remblais				
			Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)	Surf. G (m²)	Surf. D (m²)	Surf. Tot (m²)	Volume (m³)	Cumul Vol. (m³)
P1	0,000	12,500	15,196	2,958	18,153	226,913	226,913	0,000	0,051	0,051	0,640	0,640
P2	25,000	17,852	17,844	7,888	25,732	459,372	686,285	0,000	0,000	0,000	0,000	0,640
P3	35,705	12,500	16,705	9,500	26,205	327,561	1013,846	0,000	0,000	0,000	0,000	0,640
P4	50,000	19,648	18,019	8,491	26,511	520,871	1534,718	0,000	0,000	0,000	0,000	0,640
P5	75,000	25,000	19,083	10,778	29,862	746,542	2281,260	0,000	0,000	0,000	0,000	0,640
P6	100,000	25,000	18,161	10,336	28,497	712,419	2993,679	0,000	0,000	0,000	0,000	0,640
P7	125,000	25,000	16,155	5,771	21,927	548,166	3541,845	0,000	0,000	0,000	0,000	0,640

P8	150,000	25,000	15,543	2,362	17,905	447,628	3989,473	0,000	0,076	0,076	1,909	2,549
P9	175,000	25,000	18,490	9,175	27,664	691,605	4681,078	0,000	0,000	0,000	0,000	2,549
P10	200,000	25,000	21,197	14,505	35,702	892,553	5573,631	0,000	0,000	0,000	0,000	2,549
P11	225,000	25,000	22,749	15,129	37,878	946,959	6520,590	0,000	0,000	0,000	0,000	2,549
P12	250,000	25,000	23,310	15,308	38,618	965,457	7486,047	0,000	0,000	0,000	0,000	2,549
P13	275,000	25,000	26,540	20,479	47,019	1175,474	8661,521	0,000	0,000	0,000	0,000	2,549
P14	300,000	25,000	31,486	23,407	54,894	1372,342	10033,863	0,000	0,000	0,000	0,000	2,549
P15	325,000	25,000	33,791	24,909	58,700	1467,492	11501,355	0,000	0,000	0,000	0,000	2,549
P16	350,000	25,000	34,120	25,691	59,811	1495,275	12996,630	0,000	0,000	0,000	0,000	2,549
P17	375,000	25,000	33,133	27,900	61,033	1525,833	14522,463	0,000	0,000	0,000	0,000	2,549
P18	400,000	16,652	36,673	22,076	58,750	978,325	15500,788	0,000	0,000	0,000	0,000	2,549
P19	408,305	12,500	36,835	17,863	54,698	683,731	16184,520	0,000	0,000	0,000	0,000	2,549
P20	425,000	10,694	36,530	20,049	56,579	605,035	16789,555	0,000	0,000	0,000	0,000	2,549
P21	429,692	12,500	35,539	17,604	53,142	664,281	17453,836	0,000	0,000	0,000	0,000	2,549
P22	450,000	22,654	30,649	26,869	57,519	1303,024	18756,860	0,000	3,833	3,833	86,841	89,391
P23	475,000	25,000	32,763	10,359	43,123	1078,063	19834,923	0,000	0,002	0,002	0,058	89,449
P24	500,000	25,000	21,114	0,653	21,766	544,161	20379,084	0,015	2,842	2,857	71,425	160,874
P25	525,000	25,000	12,669	0,261	12,930	323,251	20702,335	0,285	3,405	3,690	92,258	253,132
P26	550,000	25,000	5,107	0,000	5,107	127,682	20830,017	0,918	7,330	8,248	206,205	459,336
P27	575,000	25,000	0,536	0,000	0,536	13,412	20843,429	4,709	14,751	19,459	486,480	945,817
P28	600,000	25,000	7,532	0,000	7,532	188,291	21031,720	2,296	7,699	9,995	249,865	1195,681
P29	625,000	23,438	8,135	0,000	8,135	190,661	21222,381	0,758	3,189	3,947	92,508	1288,189
P30	646,876	11,089	11,954	4,593	16,547	183,494	21405,875	0,000	0,000	0,000	0,000	1288,189
P31	647,178	1,562	12,008	4,663	16,671	26,039	21431,914	0,000	0,000	0,000	0,000	1288,189
P32	650,000	13,911	12,545	5,353	17,898	248,972	21680,885	0,000	0,000	0,000	0,000	1288,189
P33	675,000	25,000	15,025	5,898	20,923	523,086	22203,971	0,001	0,067	0,069	1,720	1289,909
P34	700,000	13,422	12,725	1,170	13,895	186,500	22390,472	0,301	3,191	3,491	46,860	1336,769
P35	701,845	4,919	12,326	0,865	13,191	64,885	22455,356	0,289	3,381	3,670	18,050	1354,819
P36	709,838	11,578	10,272	0,000	10,272	118,924	22574,281	0,459	4,010	4,469	51,736	1406,555
P37	725,000	20,081	6,886	0,000	6,886	138,272	22712,552	0,764	4,023	4,787	96,135	1502,690
P38	750,000	25,000	7,710	0,044	7,755	193,865	22906,417	0,319	2,357	2,676	66,894	1569,584
P39	775,000	25,000	7,942	1,357	9,299	232,468	23138,885	0,312	0,383	0,695	17,374	1586,958
P40	800,000	25,000	7,499	2,807	10,306	257,639	23396,524	0,206	0,228	0,434	10,844	1597,802
P41	825,000	25,000	5,755	2,512	8,267	206,679	23603,202	0,441	0,467	0,908	22,701	1620,503
P42	850,000	25,000	6,753	4,182	10,935	273,367	23876,569	0,299	0,327	0,626	15,653	1636,155
P43	875,000	25,000	8,483	6,381	14,865	371,614	24248,184	0,087	0,102	0,189	4,725	1640,880
P44	900,000	25,000	10,691	6,700	17,391	434,778		0,000	0,000	0,000	0,000	1640,880
P45	925,000	25,000	7,207	26,237	33,444	836,110	836,110	0,399	0,594	0,993	24,817	1665,698
P46	950,000	25,000	8,121	0,499	8,621	215,514	1051,624	0,297	2,816	3,113	77,826	1743,523
P47	975,000	25,000	6,523	0,398	6,921	173,017	1224,641	0,438	1,469	1,907	47,668	1791,192
P48	1000,000	25,000	4,635	0,030	4,665	116,633	1341,274	0,602	2,322	2,924	73,111	1864,303
P49	1025,000	21,221	2,729	0,000	2,729	57,915	1399,189	1,108	6,145	7,253	153,929	2018,232
P50	1042,443	12,500	4,428	0,000	4,428	55,346	1454,534	1,083	5,541	6,625	82,806	2101,039
P51	1050,000	16,279	2,978	0,000	2,978	48,472	1503,006	1,014	5,692	6,707	109,172	2210,211
P52	1075,000	25,000	2,827	0,000	2,827	70,671	1573,676	1,164	7,519	8,682	217,060	2427,271
P53	1100,000	25,000	5,152	0,000	5,152	128,808	1702,484	0,803	6,296	7,099	177,476	2604,747
P54	1125,000	25,000	3,791	0,000	3,791	94,781	1797,265	0,981	6,139	7,120	177,995	2782,741
P55	1150,000	25,000	1,511	0,000	1,511	37,766	1835,031	2,304	9,038	11,341	283,531	3066,272
P56	1175,000	25,000	0,027	0,000	0,027	0,670	1835,701	5,187	12,869	18,057	451,417	3517,689
P57	1200,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1835,701	4,012	14,091	18,102	452,551	3970,240
P58	1225,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1835,701	4,455	11,162	15,617	390,419	4360,659
P59	1250,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1835,701	4,724	10,444	15,168	379,211	4739,870

P60	1275,000	25,000	0,764	0,000	0,764	19,096	1854,798	1,754	9,953	11,706	292,659	5032,529
P61	1300,000	18,981	2,914	0,000	2,914	55,313	1910,111	0,818	4,516	5,334	101,254	5133,783
P62	1312,962	12,500	5,091	0,000	5,091	63,631	1973,742	0,639	3,347	3,985	49,814	5183,597
P63	1325,000	18,519	7,652	1,446	9,098	168,485	2142,227	0,203	1,214	1,417	26,236	5209,833
P64	1350,000	25,000	17,587	7,719	25,306	632,657	2774,884	0,000	0,000	0,000	0,000	5209,833
P65	1375,000	25,000	29,775	18,999	48,774	1219,351	3994,236	0,000	0,000	0,000	0,000	5209,833
P66	1400,000	25,000	37,802	20,845	58,646	1466,151	5460,386	0,000	0,000	0,000	0,000	5209,833
P67	1425,000	21,927	23,226	6,524	29,749	652,318	6112,704	0,000	0,175	0,175	3,841	5213,674
P68	1443,855	9,435	753,438	226,997	980,435	9250,589	15363,293	0,000	10,947	10,947	103,289	5316,963
P69	1443,870	3,073	758,699	237,802	996,501	3061,950	18425,243	0,000	10,914	10,914	33,537	5350,499
P70	1450,000	3,526	13,574	671,245	684,818	2414,514	20839,757	0,000	11,186	11,186	39,439	5389,938
P71	1450,922	4,666	13,560	643,973	657,533	3068,255	23908,012	0,000	11,078	11,078	51,691	5441,630
P72	1459,333	12,039	14,923	0,000	14,923	179,656	24087,669	0,307	16,438	16,745	201,599	5643,229
P73	1475,000	20,334	17,993	0,783	18,776	381,784	24469,452	0,000	8,803	8,803	179,007	5822,237
P74	1500,000	25,000	21,888	0,702	22,591	564,765	25034,218	0,000	5,180	5,180	129,509	5951,746
P75	1525,000	25,000	16,668	0,039	16,707	417,679	25451,896	0,225	9,323	9,548	238,709	6190,454
P76	1550,000	25,000	32,991	9,073	42,065	1051,623	26503,519	0,000	0,372	0,372	9,296	6199,750
P77	1575,000	22,435	34,873	5,599	40,472	907,966	27411,486	0,000	4,282	4,282	96,060	6295,811
P78	1594,869	9,955	48,952	22,438	71,390	710,668	28122,153	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P79	1594,909	0,762	48,965	22,431	71,396	54,383	28176,537	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P80	1596,393	2,545	47,243	22,204	69,447	176,761	28353,298	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P81	1600,000	2,996	47,333	18,032	65,365	195,866	28549,164	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P82	1602,386	12,500	47,874	15,776	63,650	795,626	29344,790	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P83	1625,000	23,807	43,817	22,648	66,465	1582,333	30927,123	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P84	1650,000	25,000	40,999	25,604	66,603	1665,072	32592,195	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P85	1675,000	25,000	43,722	31,798	75,520	1888,005	34480,200	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P86	1700,000	25,000	59,578	1777,774	1837,352	45933,802	80414,002	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P87	1725,000	25,000	42,182	35,745	77,928	1948,188	82362,190	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P88	1750,000	25,000	38,200	32,764	70,964	1774,090	84136,280	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P89	1775,000	25,000	35,580	28,917	64,498	1612,445	85748,726	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P90	1800,000	25,000	34,896	25,422	60,317	1507,933	87256,658	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P91	1825,000	25,000	34,072	24,236	58,308	1457,695	88714,354	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P92	1850,000	25,000	34,177	24,379	58,556	1463,908	90178,261	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P93	1875,000	13,846	33,881	27,608	61,490	851,411	91029,672	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P94	1877,693	12,500	34,540	27,925	62,465	780,813	91810,486	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P95	1900,000	23,654	36,235	29,143	65,379	1546,442	93356,928	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P96	1925,000	25,000	34,180	26,725	60,905	1522,622	94879,550	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P97	1950,000	25,000	33,646	27,527	61,173	1529,313	96408,863	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P98	1975,000	25,000	31,282	25,706	56,988	1424,704	97833,567	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P99	2000,000	25,000	26,421	21,215	47,636	1190,907	99024,474	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P100	2025,000	23,306	23,075	18,447	41,522	967,707	99992,181	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P101	2046,612	12,500	19,392	14,962	34,354	429,419	100421,600	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P102	2050,000	14,194	18,807	14,288	33,095	469,750	100891,351	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P103	2075,000	25,000	15,712	10,483	26,195	654,863	101546,214	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P104	2100,000	25,000	13,762	7,644	21,406	535,156	102081,370	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P105	2125,000	25,000	12,435	6,250	18,685	467,119	102548,489	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P106	2150,000	25,000	13,636	5,945	19,581	489,536	103038,025	0,000	0,000	0,000	0,000	6295,811
P107	2175,000	25,000	10,506	0,516	11,022	275,550	103313,575	0,119	0,789	0,908	22,700	6318,510
P108	2200,000	20,807	11,298	0,459	11,758	244,643	103558,218	0,139	6,168	6,307	131,230	6449,741
P109	2216,613	8,356	4,916	0,000	4,916	41,076	103599,294	1,916	14,159	16,075	134,318	6584,059
P110	2216,711	3,579	4,933	0,000	4,933	17,653	103616,947	1,910	14,251	16,161	57,835	6641,894
P111	2223,771	4,144	7,701	0,000	7,701	31,914	103648,861	0,936	17,836	18,772	77,795	6719,689

P112	2225,000	13,115	7,893	0,000	7,893	103,517	103752,379	1,280	17,437	18,717	245,473	6965,162
P113	2250,000	25,000	6,763	0,000	6,763	169,085	103921,463	1,750	23,223	24,972	624,308	7589,470
P114	2275,000	25,000	4,027	0,000	4,027	100,677	104022,140	6,465	27,240	33,705	842,627	8432,097
P115	2300,000	21,230	0,000	0,000	0,000	0,000	104022,140	17,424	34,903	52,326	1110,905	9543,002
P116	2317,461	12,500	0,000	0,000	0,000	0,000	104022,140	18,731	34,929	53,660	670,745	10213,747
P117	2325,000	16,270	0,000	0,000	0,000	0,000	104022,140	21,128	37,347	58,474	951,353	11165,101
P118	2350,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	104022,140	22,395	37,595	59,989	1499,726	12664,827
P119	2375,000	25,000	125,327	378,324	503,650	12591,257	116613,397	16,581	32,098	48,679	1216,987	13881,814
P120	2400,000	25,000	2,423	0,000	2,423	60,578	116673,975	3,884	25,460	29,345	733,620	14615,434
P121	2425,000	25,000	4,853	0,000	4,853	121,323	116795,298	10,711	31,203	41,914	1047,846	15663,280
P122	2450,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	116795,298	31,482	62,619	94,101	2352,519	18015,799
P123	2475,000	17,409	1,185	0,000	1,185	20,633	116815,931	18,397	47,221	65,618	1142,331	19158,130
P124	2484,818	4,979	0,701	0,000	0,701	3,489	116819,420	19,244	50,537	69,781	347,419	19505,549
P125	2484,957	2,211	0,668	0,000	0,668	1,477	116820,897	19,230	50,603	69,833	154,379	19659,928
P126	2489,239	7,521	0,195	0,000	0,195	1,463	116822,360	18,690	52,252	70,942	533,575	20193,502
P127	2500,000	17,880	0,036	0,000	0,036	0,651	116823,011	15,705	36,831	52,536	939,367	21132,869
P128	2525,000	25,000	0,074	0,000	0,074	1,858	116824,869	15,873	35,592	51,466	1286,638	22419,507
P129	2550,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	116824,869	20,699	39,924	60,623	1515,582	23935,088
P130	2575,000	25,000	251,568	3273,779	3525,347	88133,674	204958,542	27,168	0,000	27,168	679,195	24614,283
P131	2600,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	204958,542	28,750	36,082	64,832	1620,795	26235,078
P132	2625,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	204958,542	21,852	25,150	47,003	1175,065	27410,142
P133	2650,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	204958,542	19,654	20,956	40,609	1015,234	28425,376
P134	2675,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	204958,542	20,317	21,693	42,009	1050,237	29475,614
P135	2700,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	204958,542	26,079	25,659	51,737	1293,433	30769,047
P136	2725,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	204958,542	25,733	25,294	51,027	1275,671	32044,718
P137	2750,000	24,886	0,000	0,000	0,000	0,000	204958,542	27,918	26,309	54,227	1349,471	33394,189
P138	2774,771	12,500	0,000	0,000	0,000	0,000	204958,542	29,006	26,880	55,886	698,577	34092,765
P139	2775,000	12,614	0,000	0,000	0,000	0,000	204958,542	29,029	26,886	55,915	705,338	34798,104
P140	2800,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	204958,542	25,249	26,841	52,089	1302,236	36100,340
P141	2825,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	204958,542	19,122	25,094	44,216	1105,393	37205,733
P142	2850,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	204958,542	12,616	19,622	32,238	805,951	38011,685
P143	2875,000	25,000	0,427	0,000	0,427	10,667	204969,209	3,851	9,993	13,844	346,096	38357,781
P144	2900,000	25,000	4,844	0,280	5,124	128,102	205097,312	0,570	0,739	1,309	32,718	38390,499
P145	2925,000	25,000	7,045	0,000	7,045	176,113	205273,425	0,737	4,972	5,709	142,718	38533,217
P146	2950,000	25,000	35,278	0,450	35,728	893,198	206166,623	0,389	1,273	1,662	41,550	38574,767
P147	2975,000	15,307	19,031	682,814	701,845	10743,481	216910,104	0,000	0,000	0,000	0,000	38574,767
P148	2980,615	2,847	430,403	1506,774	1937,177	5516,094	222426,198	0,000	0,000	0,000	0,000	38574,767
P149	2980,695	1,309	418,673	1484,688	1903,361	2490,973	224917,171	0,000	0,000	0,000	0,000	38574,767
P150	2983,232	9,653	286,798	2490,849	2777,646	26811,257	251728,428	0,000	0,000	0,000	0,000	38574,767
P151	3000,000	20,884	23,170	13,723	36,892	770,455	252498,883	0,000	0,000	0,000	0,000	38574,767
P152	3025,000	25,000	24,758	14,698	39,456	986,404	253485,287	0,000	0,000	0,000	0,000	38574,767
P153	3050,000	13,709	21,847	12,998	34,845	477,692	253962,978	0,000	0,000	0,000	0,000	38574,767
P154	3052,418	12,500	21,407	12,465	33,872	423,397	254386,375	0,000	0,000	0,000	0,000	38574,767
P155	3075,000	23,791	22,531	13,591	36,122	859,384	255245,759	0,000	0,000	0,000	0,000	38574,767
P156	3100,000	25,000	30,417	10,659	41,076	1026,911	256272,670	0,000	0,000	0,000	0,000	38574,767
P157	3125,000	16,237	32,450	64,133	96,583	1568,187	257840,857	0,000	0,723	0,723	11,736	38586,503
P158	3132,473	3,766	38,029	15,937	53,966	203,259	258044,116	0,000	0,000	0,000	0,000	38586,503
P159	3132,533	3,999	38,067	16,049	54,116	216,389	258260,505	0,000	0,000	0,000	0,000	38586,503
P160	3140,470	8,402	41,995	20,702	62,697	526,800	258787,306	0,000	0,000	0,000	0,000	38586,503
P161	3149,337	4,765	35,837	20,781	56,618	269,773	259057,079	0,000	0,000	0,000	0,000	38586,503
P162	3150,000	12,831	35,254	20,613	55,867	716,847	259773,926	0,000	0,000	0,000	0,000	38586,503
P163	3175,000	25,000	5,719		5,719	142,973	259916,900	0,360	0,382	0,742	18,540	38605,043

P164	3200,000	25,000	0,460	0,000	0,460	11,506	259928,406	1,715	2,935	4,650	116,248	38721,291
P165	3225,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	259928,406	4,006	4,727	8,733	218,322	38939,613
P166	3250,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	259928,406	5,292	5,317	10,609	265,221	39204,835
P167	3275,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	259928,406	5,824	5,705	11,529	288,222	39493,056
P168	3300,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	259928,406	6,627	8,786	15,413	385,337	39878,393
P169	3325,000	14,548	0,000	0,000	0,000	0,000	259928,406	8,046	11,042	19,087	277,685	40156,079
P170	3329,096	2,107	0,000	0,000	0,000	0,000	259928,406	8,146	10,147	18,293	38,539	40194,618
P171	3329,213	3,711	0,000	0,000	0,000	0,000	259928,406	8,151	10,126	18,276	67,829	40262,447
P172	3336,519	4,149	0,000	0,000	0,000	0,000	259928,406	8,321	9,533	17,854	74,076	40336,524
P173	3337,511	6,741	0,000	0,000	0,000	0,000	259928,406	8,397	9,597	17,994	121,289	40457,813
P174	3350,000	18,744	0,000	0,000	0,000	0,000	259928,406	9,508	10,726	20,234	379,279	40837,092
P175	3375,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	259928,406	7,779	10,985	18,764	469,096	41306,188
P176	3400,000	25,000	0,011	0,000	0,011	0,269	259928,675	2,474	8,678	11,153	278,818	41585,006
P177	3425,000	25,000	0,502	0,000	0,502	12,538	259941,212	1,377	3,715	5,092	127,309	41712,315
P178	3450,000	25,000	0,029	0,000	0,029	0,717	259941,930	2,312	3,302	5,613	140,337	41852,653
P179	3475,000	25,000	0,040	0,000	0,040	0,990	259942,920	2,115	3,940	6,056	151,391	42004,044
P180	3500,000	25,000	0,979	0,000	0,979	24,486	259967,406	0,923	2,616	3,540	88,499	42092,543
P181	3525,000	25,000	0,210	644,221	644,431	16110,782	276078,188	1,668	2,560	4,228	105,700	42198,244
P182	3550,000	25,000	0,232	0,154	0,386	9,647	276087,836	2,988	3,299	6,286	157,160	42355,404
P183	3575,000	23,767	5,959	0,002	5,961	141,668	276229,504	0,424	3,617	4,041	96,041	42451,444
P184	3597,534	11,746	8,860	1,381	10,241	120,283	276349,786	0,189	0,967	1,156	13,582	42465,026
P185	3598,491	1,233	9,005	1,478	10,483	12,926	276362,712	0,177	0,860	1,037	1,278	42466,304
P186	3600,000	13,254	9,238	1,632	10,870	144,080	276506,792	0,159	0,803	0,961	12,743	42479,047
P187	3625,000	25,000	12,947	1,697	14,644	366,090	276872,881	0,126	0,301	0,426	10,662	42489,709
P188	3650,000	25,000	14,371	6,357	20,728	518,211	277391,092	0,000	0,000	0,000	0,000	42489,709
P189	3675,000	25,000	5,842	0,145	5,987	149,672	277540,765	23,053	2,517	25,570	639,248	43128,957
P190	3700,000	25,000	7,065	4,375	11,440	286,005	277826,769	5,142	0,180	5,323	133,071	43262,027
P191	3725,000	25,000	15,594	7,355	22,949	573,736	278400,505	0,000	0,000	0,000	0,000	43262,027
P192	3750,000	25,000	31,495	13,393	44,888	1122,209	279522,713	0,000	0,000	0,000	0,000	43262,027
P193	3775,000	17,554	40,906	24,760	65,667	1152,726	280675,439	0,000	0,000	0,000	0,000	43262,027
P194	3785,108	12,500	47,752	27,167	74,919	936,490	281611,930	0,000	0,000	0,000	0,000	43262,027
P195	3800,000	9,437	50,277	30,355	80,632	760,933	282372,863	0,000	0,000	0,000	0,000	43262,027
P196	3803,983	3,526	50,380	30,029	80,409	283,549	282656,412	0,000	0,000	0,000	0,000	43262,027
P197	3807,053	1,663	31,388	30,123	61,511	102,278	282758,690	3,205	0,000	3,205	5,330	43267,357
P198	3807,308	8,974	30,681	29,710	60,392	541,934	283300,623	3,622	0,000	3,622	32,506	43299,863
P199	3825,000	21,346	47,416	25,946	73,362	1565,988	284866,612	0,000	0,000	0,000	0,000	43299,863
P200	3850,000	25,000	55,887	25,655	81,543	2038,563	286905,175	0,000	0,000	0,000	0,000	43299,863
P201	3875,000	21,269	58,750	46,645	105,395	2241,698	289146,873	0,000	0,000	0,000	0,000	43299,863
P202	3892,539	9,129	60,367	46,668	107,035	977,124	290123,997	0,000	0,000	0,000	0,000	43299,863
P203	3893,258	3,731	60,290	46,556	106,846	398,600	290522,596	0,000	0,000	0,000	0,000	43299,863
P204	3900,000	15,871	59,768	45,364	105,132	1668,540	292191,136	0,000	0,000	0,000	0,000	43299,863
P205	3925,000	25,000	58,610	38,263	96,872	2421,809	294612,945	0,000	0,000	0,000	0,000	43299,863
P206	3950,000	25,000	47,200	31,159	78,359	1958,966	296571,911	0,000	0,000	0,000	0,000	43299,863
P207	3975,000	25,000	54,981	45,020	100,001	2500,019	299071,930	0,000	0,000	0,000	0,000	43299,863
P208	4000,000	25,000	34,493	27,662	62,155	1553,881	300625,811	0,000	0,000	0,000	0,000	43299,863
P209	4025,000	25,000	11,876	4,664	16,540	413,511	301039,322	0,000	0,035	0,035	0,867	43300,730
P210	4050,000	37,015	6,843	1,554	8,397	310,807	301350,129	0,401	0,446	0,847	31,355	43332,085
P211	4099,031	74,474	0,000	0,795	0,795	59,191	301409,320	69,453	33,262	102,715	7649,567	50981,652
P212	4198,948	112,985	11,384	0,000	11,384	1286,166	302695,486	0,514	13,979	14,493	1637,494	52619,146
P213	4325,000	75,526	3,043	0,000	3,043	229,801	302925,287	8,185	23,023	31,208	2357,051	54976,197
P214	4350,000	25,000	7,978	0,000	7,978	199,441	303124,727	1,021	18,696	19,717	492,927	55469,123
P215	4375,000	25,000	9,393	0,000	9,393	234,833	303359,561	2,010	16,407	18,417	460,422	55929,546

P216	4400,000	22,625	3,136	0,000	3,136	70,945	303430,506	0,880	11,615	12,495	282,703	56212,248
P217	4420,250	10,141	2,700	0,144	2,844	28,840	303459,346	5,084	5,808	10,893	110,459	56322,707
P218	4420,282	2,375	2,703	0,146	2,849	6,766	303466,112	5,052	5,795	10,847	25,759	56348,466
P219	4425,000	3,687	4,341	0,553	4,894	18,042	303484,154	0,988	4,226	5,214	19,220	56367,687
P220	4427,655	12,500	6,698	0,680	7,377	92,219	303576,373	0,296	3,524	3,821	47,759	56415,446
P221	4450,000	23,673	27,985	7,295	35,280	835,163	304411,536	0,000	0,398	0,398	9,413	56424,859
P222	4475,000	25,000	31,059	7,863	38,921	973,033	305384,569	0,000	0,417	0,417	10,434	56435,293
P223	4500,000	25,000	37,381	12,157	49,538	1238,450	306623,019	0,000	0,000	0,000	0,000	56435,293
P224	4525,000	25,000	35,012	7,645	42,657	1066,415	307689,434	0,000	0,037	0,037	0,923	56436,217
P225	4550,000	21,340	34,261	7,828	42,090	898,188	308587,622	0,000	0,262	0,262	5,580	56441,797
P226	4567,680	12,500	29,516	8,399	37,915	473,937	309061,559	0,000	0,000	0,000	0,000	56441,797
P227	4575,000	16,160	25,757	9,926	35,682	576,632	309638,192	0,000	0,000	0,000	0,000	56441,797
P228	4600,000	25,000	10,323	2,358	12,681	317,018	309955,210	0,161	0,313	0,474	11,848	56453,645
P229	4625,000	25,000	4,669	2,630	7,299	182,475	310137,685	0,512	0,554	1,066	26,651	56480,297
P230	4650,000	13,942	2,193	2,174	4,366	60,878	310198,562	0,500	0,436	0,936	13,051	56493,348
P231	4652,885	1,908	2,800	2,490	5,290	10,094	310208,656	0,431	0,428	0,859	1,640	56494,987
P232	4653,816	2,172	2,959	2,564	5,522	11,995	310220,651	0,437	0,440	0,877	1,905	56496,892
P233	4657,229	2,388	3,176	2,589	5,765	13,764	310234,416	0,460	0,476	0,936	2,235	56499,128
P234	4658,591	8,885	3,251	2,544	5,795	51,491	310285,907	0,472	0,481	0,953	8,469	56507,596
P235	4675,000	20,704	1,423	1,298	2,721	56,328	310342,235	1,037	1,001	2,038	42,203	56549,800
P236	4700,000	25,000	1,163	0,000	1,163	29,071	310371,306	1,111	2,151	3,262	81,549	56631,348
P237	4725,000	25,000	0,336	0,000	0,336	8,412	310379,718	1,684	4,068	5,753	143,814	56775,162
P238	4750,000	25,000	0,106	0,000	0,106	2,658	310382,376	5,019	10,182	15,201	380,020	57155,182
P239	4775,000	14,897	0,000	0,000	0,000	0,000	310382,376	12,333	14,198	26,532	395,255	57550,437
P240	4779,795	9,451	0,000	0,000	0,000	0,000	310382,376	12,390	14,444	26,835	253,606	57804,043
P241	4793,901	10,103	0,000	0,000	0,000	0,000	310382,376	12,507	14,543	27,050	273,271	58077,314
P242	4800,000	15,549	0,000	0,000	0,000	0,000	310382,376	12,088	14,454	26,542	412,708	58490,023
P243	4825,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	310382,376	11,481	13,207	24,688	617,193	59107,216
P244	4850,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	310382,376	10,485	12,200	22,685	567,134	59674,350
P245	4875,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	310382,376	9,420	10,676	20,096	502,392	60176,742
P246	4900,000	23,681	0,000	0,000	0,000	0,000	310382,376	9,565	10,408	19,973	472,976	60649,718
P247	4922,362	12,500	0,000	0,000	0,000	0,000	310382,376	9,626	10,648	20,274	253,419	60903,137
P248	4925,000	4,540	0,000	0,000	0,000	0,000	310382,376	9,661	10,717	20,378	92,524	60995,661
P249	4931,443	12,500	0,000	0,000	0,000	0,000	310382,376	9,919	10,866	20,786	259,821	61255,483
P250	4950,000	21,778	0,000	0,000	0,000	0,000	310382,376	10,000	11,301	21,301	463,903	61719,385
P251	4975,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	310382,376	9,772	13,197	22,969	574,227	62293,613
P252	5000,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	310382,376	8,078	12,965	21,043	526,079	62819,692
P253	5025,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	310382,376	8,467	10,182	18,648	466,210	63285,902
P254	5050,000	25,000	0,004	0,000	0,004	0,091	310382,467	6,112	8,404	14,516	362,903	63648,805
P255	5075,000	25,000	0,081	0,000	0,081	2,023	310384,490	4,399	6,732	11,131	278,276	63927,080
P256	5100,000	25,000	0,181	0,000	0,181	4,524	310389,014	3,040	4,994	8,035	200,864	64127,944
P257	5125,000	25,000	1,091	0,000	1,091	27,280	310416,294	1,391	3,345	4,736	118,401	64246,345
P258	5150,000	25,000	2,454	0,000	2,454	61,358	310477,652	0,799	2,371	3,170	79,249	64325,594
P259	5175,000	25,000	3,209	0,000	3,209	80,221	310557,873	0,763	2,462	3,225	80,636	64406,230
P260	5200,000	17,224	6,497	0,593	7,090	122,121	310679,994	0,451	0,690	1,140	19,641	64425,871
P261	5209,448	4,777	7,816	1,083	8,899	42,514	310722,508	0,316	0,426	0,742	3,544	64429,415
P262	5209,554	7,776	7,837	1,092	8,929	69,434	310791,942	0,314	0,423	0,737	5,729	64435,144
P263	5225,000	20,048	10,232	3,040	13,272	266,078	311058,020	0,101	0,139	0,239	4,794	64439,938
P264	5249,651	12,500	12,880	3,757	16,636	207,951	311265,971	0,082	0,142	0,224	2,801	64442,739
P265	5250,000	1,766	12,889	3,777	16,666	29,435	311295,406	0,080	0,140	0,220	0,388	64443,127
P266	5253,183	12,500	13,329	3,962	17,291	216,135	311511,541	0,059	0,120	0,179	2,243	64445,370
P267	5275,000	23,408	10,970	3,987	14,957	350,118	311861,659	0,021	0,196	0,217	5,078	64450,448

P268	5300,000	25,000	23,946	15,504	39,450	986,261	312847,920	0,000	0,000	0,000	0,000	64450,448
P269	5325,000	25,000	31,942	24,786	56,728	1418,191	314266,110	0,000	0,000	0,000	0,000	64450,448
P270	5350,000	25,000	56,890	46,625	103,515	2587,883	316853,993	0,000	0,000	0,000	0,000	64450,448
P271	5375,000	25,000	45,788	27,578	73,365	1834,132	318688,126	0,000	0,000	0,000	0,000	64450,448
P272	5400,000	25,000	12,493	0,618	13,110	327,761	319015,886	0,293	2,711	3,004	75,089	64525,538
P273	5425,000	25,000	0,424	0,000	0,424	10,610	319026,497	6,769	12,356	19,125	478,113	65003,650
P274	5450,000	17,242	0,000	0,000	0,000	0,000	319026,497	13,348	18,554	31,902	550,055	65553,706
P275	5459,484	12,500	0,000	0,000	0,000	0,000	319026,497	14,679	19,889	34,567	432,094	65985,799
P276	5475,000	20,258	0,000	0,000	0,000	0,000	319026,497	16,521	20,971	37,492	759,504	66745,303
P277	5500,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	319026,497	14,631	21,330	35,961	899,025	67644,328
P278	5525,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	319026,497	18,903	23,139	42,042	1051,042	68695,371
P279	5550,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	319026,497	17,436	23,146	40,582	1014,539	69709,910
P280	5575,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	319026,497	11,604	21,076	32,681	817,018	70526,927
P281	5600,000	25,000	1,023	0,000	1,023	25,577	319052,074	5,647	11,488	17,135	428,376	70955,304
P282	5625,000	18,681	8,103	2,105	10,208	190,691	319242,765	0,507	4,776	5,283	98,697	71054,001
P283	5637,361	6,181	8,387	2,016	10,402	64,295	319307,060	0,001	6,085	6,085	37,610	71091,611

- **Volume de déblai total : 319307,060 m³.**
- **Volume de remblai total : 71091,611m³.**
- **Excès de déblai : 248215,449m³.**

II-2-2-Etude de la variante 2 :

II-2-2-1- les coordonnées des sommets :

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

	X	Y
A	601431,3934	894125,4879
S 1	601563,7071	894324,6001
S 2	601529,3664	894661,9121
S 3	601664,6722	894823,0810
S 4	601585,5117	894980,7083
S 5	601080,2041	895412,4326
S 6	601485,7206	895999,0425
S 7	600893,7202	896545,0412
S 8	601041,5399	896927,1183
S 9	600681,0814	897262,0828
S 10	600821,7099	897449,9167
S 11	600740,3444	898091,4996
S 12	600406,4684	898207,0026
S13	600558,2492	898588,3058
B	600388,2762	898847,6764

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

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

POINTS	DX	DY	Distance	BETA
A-S1	132,313668	199,1122609	239,0660979	/

S1-S2	-34,3406542	337,3119709	339,0555209	43,7975808
S2-S3	135,3057694	161,1688645	210,4353918	50,919412
S3-S4	-79,1604495	157,6273349	176,3880763	74,0891137
S4-S5	-505,307638	431,7243467	664,6214867	25,3603418
S5-S6	405,5165051	586,609817	713,1302218	93,4952921
S6-S7	592,0004104	545,9987516	805,344102	91,0783054
S7-S8	147,8197413	382,0770411	409,6749214	76,0727911
S8-S9	360,4585446	334,9645745	492,0687234	75,8335468
S9-S10	140,6285578	187,8338967	234,6443352	93,2457522
S10-S11	-81,3655286	641,5828619	646,7216696	48,9437114
S11-S12	333,8760318	115,5029897	353,2904545	70,7661003
S12-13	151,7808284	381,3032644	410,4017535	102,913981
S13-B	169,9729972	259,3705278	310,103032	61,0482322

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

Tableau II.15 : dénivelé de profil 'variante 02'

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Point d'axe			DH
			X	Y	Z	
P1	0,000	12,500	601431,393	894125,488	595,931	0,000
P2	25,000	25,000	601445,230	894146,310	595,082	-0,848
P3	50,000	25,000	601459,066	894167,132	594,234	-0,848
P4	75,000	25,000	601472,903	894187,954	593,386	-0,848
P5	100,000	19,343	601486,740	894208,775	592,538	-0,848
P6	113,687	12,500	601494,314	894220,175	592,074	-0,464
P7	125,000	18,157	601500,423	894229,697	591,690	-0,384
P8	150,000	25,000	601512,809	894251,407	590,842	-0,848
P9	175,000	25,000	601523,614	894273,945	589,993	-0,848
P10	200,000	25,000	601532,783	894297,197	589,145	-0,848
P11	225,000	25,000	601540,270	894321,044	588,297	-0,848
P12	250,000	25,000	601546,035	894345,365	587,449	-0,848
P13	275,000	25,000	601550,050	894370,035	586,601	-0,848
P14	300,000	25,000	601552,294	894394,929	585,752	-0,848
P15	325,000	25,000	601552,756	894419,919	584,904	-0,848
P16	350,000	14,738	601551,433	894444,879	584,056	-0,848
P17	354,476	12,500	601551,008	894449,335	583,904	-0,152
P18	375,000	22,762	601548,930	894469,753	583,208	-0,696
P19	400,000	25,000	601546,397	894494,625	582,360	-0,848
P20	425,000	25,000	601543,865	894519,496	581,512	-0,848
P21	450,000	18,739	601541,333	894544,367	580,663	-0,848
P22	462,478	12,500	601540,070	894556,781	580,240	-0,423
P23	475,000	18,761	601539,114	894569,265	579,815	-0,425
P24	500,000	25,000	601539,080	894594,255	578,967	-0,848
P25	525,000	25,000	601541,540	894619,123	578,119	-0,848
P26	550,000	25,000	601546,472	894643,621	577,271	-0,848
P27	575,000	25,000	601553,824	894667,505	576,422	-0,848

P28	600,000	25,000	601563,524	894690,535	575,574	-0,848
P29	625,000	25,000	601575,474	894712,482	574,726	-0,848
P30	650,000	18,719	601589,556	894733,126	573,878	-0,848
P31	662,438	12,500	601597,313	894742,847	573,456	-0,422
P32	675,000	18,781	601605,391	894752,468	573,030	-0,426
P33	700,000	13,205	601621,465	894771,615	572,207	-0,822
P34	701,410	12,500	601622,372	894772,695	572,163	-0,045
P35	725,000	24,295	601635,278	894792,376	571,447	-0,716
P36	750,000	25,000	601643,535	894815,904	570,750	-0,697
P37	775,000	25,000	601645,713	894840,744	570,115	-0,635
P38	800,000	21,395	601641,679	894865,350	569,543	-0,572
P39	817,789	12,500	601635,148	894881,872	569,174	-0,369
P40	825,000	16,105	601631,911	894888,316	569,033	-0,141
P41	850,000	21,416	601620,692	894910,657	568,586	-0,447
P42	867,832	12,500	601612,689	894926,592	568,305	-0,281
P43	875,000	16,084	601609,396	894932,959	568,201	-0,104
P44	900,000	25,000	601596,740	894954,510	567,879	-0,322
P45	925,000	25,000	601582,335	894974,934	567,619	-0,260
P46	950,000	25,000	601566,280	894994,087	567,422	-0,197
P47	975,000	18,670	601548,685	895011,838	567,287	-0,135
P48	987,340	12,500	601539,471	895020,045	567,244	-0,043
P49	1000,000	18,830	601529,846	895028,268	567,215	-0,029
P50	1025,000	25,000	601510,838	895044,508	567,206	-0,010
P51	1050,000	25,000	601491,831	895060,747	567,259	0,053
P52	1075,000	25,000	601472,824	895076,987	567,374	0,115
P53	1100,000	25,000	601453,816	895093,226	567,552	0,178
P54	1125,000	25,000	601434,809	895109,466	567,775	0,223
P55	1150,000	25,000	601415,802	895125,705	568,000	0,225
P56	1175,000	25,000	601396,794	895141,945	568,225	0,225
P57	1200,000	25,000	601377,787	895158,184	568,450	0,225
P58	1225,000	25,000	601358,780	895174,424	568,676	0,225
P59	1250,000	25,000	601339,772	895190,663	568,901	0,225
P60	1275,000	25,000	601320,765	895206,903	569,126	0,225
P61	1300,000	22,796	601301,757	895223,142	569,351	0,225
P62	1320,592	12,500	601286,102	895236,518	569,537	0,186
P63	1325,000	14,704	601282,771	895239,406	569,576	0,040
P64	1350,000	25,000	601264,714	895256,686	569,774	0,198
P65	1375,000	25,000	601248,158	895275,408	569,758	-0,016
P66	1400,000	25,000	601233,218	895295,444	569,492	-0,266
P67	1425,000	25,000	601219,997	895316,653	568,976	-0,516
P68	1450,000	25,000	601208,587	895338,890	568,210	-0,766
P69	1475,000	25,000	601199,068	895361,999	567,193	-1,017
P70	1500,000	25,000	601191,506	895385,820	565,925	-1,268
P71	1525,000	25,000	601185,952	895410,188	564,443	-1,482
P72	1550,000	25,000	601182,446	895434,933	563,551	-0,892
P73	1575,000	25,000	601181,013	895459,885	563,910	0,359
P74	1600,000	25,000	601181,660	895484,869	565,522	1,613

P75	1625,000	25,000	601184,386	895509,713	568,306	2,784
P76	1650,000	25,000	601189,170	895534,244	570,778	2,472
P77	1675,000	25,000	601195,979	895558,291	571,697	0,919
P78	1700,000	25,000	601204,766	895581,688	571,170	-0,527
P79	1725,000	25,000	601215,470	895604,273	570,352	-0,818
P80	1750,000	18,089	601228,016	895625,888	569,533	-0,818
P81	1761,178	12,500	601234,200	895635,199	569,168	-0,366
P82	1775,000	19,411	601242,060	895646,569	568,715	-0,452
P83	1800,000	25,000	601256,276	895667,134	567,897	-0,818
P84	1825,000	25,000	601270,492	895687,698	567,079	-0,818
P85	1850,000	25,000	601284,708	895708,263	566,260	-0,818
P86	1875,000	25,000	601298,924	895728,827	565,442	-0,818
P87	1900,000	25,000	601313,140	895749,392	564,624	-0,818
P88	1925,000	25,000	601327,356	895769,957	563,806	-0,818
P89	1950,000	25,000	601341,572	895790,521	562,988	-0,818
P90	1975,000	25,000	601355,788	895811,086	562,169	-0,818
P91	2000,000	25,000	601370,004	895831,650	561,351	-0,818
P92	2025,000	14,864	601384,221	895852,215	560,533	-0,818
P93	2029,728	12,500	601386,909	895856,105	560,378	-0,155
P94	2050,000	22,636	601397,573	895873,335	559,715	-0,664
P95	2075,000	25,000	601408,237	895895,928	558,897	-0,818
P96	2100,000	25,000	601416,001	895919,675	558,078	-0,818
P97	2125,000	25,000	601420,744	895944,204	557,260	-0,818
P98	2150,000	25,000	601422,391	895969,134	556,442	-0,818
P99	2175,000	25,000	601420,918	895994,074	555,624	-0,818
P100	2200,000	25,000	601416,347	896018,636	554,805	-0,818
P101	2225,000	25,000	601408,749	896042,436	553,987	-0,818
P102	2250,000	25,000	601398,243	896065,104	553,170	-0,818
P103	2275,000	25,000	601384,993	896086,285	552,582	-0,588
P104	2300,000	20,430	601369,206	896105,648	552,411	-0,171
P105	2315,859	12,500	601357,986	896116,851	552,519	0,108
P106	2325,000	17,070	601351,267	896123,048	552,657	0,138
P107	2350,000	25,000	601332,890	896139,998	553,135	0,478
P108	2375,000	25,000	601314,513	896156,947	553,605	0,470
P109	2400,000	25,000	601296,135	896173,896	553,666	0,061
P110	2425,000	25,000	601277,758	896190,845	553,112	-0,554
P111	2450,000	25,000	601259,381	896207,794	552,349	-0,763
P112	2475,000	25,000	601241,004	896224,744	551,586	-0,763
P113	2500,000	25,000	601222,626	896241,693	550,824	-0,763
P114	2525,000	25,000	601204,249	896258,642	550,061	-0,763
P115	2550,000	25,000	601185,872	896275,591	549,298	-0,763
P116	2575,000	25,000	601167,495	896292,541	548,535	-0,763
P117	2600,000	25,000	601149,117	896309,490	547,773	-0,763
P118	2625,000	25,000	601130,740	896326,439	547,010	-0,763
P119	2650,000	25,000	601112,363	896343,388	546,247	-0,763
P120	2675,000	25,000	601093,986	896360,338	545,485	-0,763
P121	2700,000	17,142	601075,608	896377,287	544,722	-0,763

P122	2709,284	12,500	601068,784	896383,581	544,439	-0,283
P123	2725,000	20,358	601057,474	896394,492	543,959	-0,480
P124	2750,000	25,000	601040,525	896412,862	543,196	-0,763
P125	2775,000	25,000	601024,930	896432,395	542,434	-0,763
P126	2800,000	25,000	601010,769	896452,991	541,671	-0,763
P127	2825,000	25,000	600998,114	896474,545	540,908	-0,763
P128	2850,000	25,000	600987,030	896496,948	540,145	-0,763
P129	2875,000	25,000	600977,573	896520,084	539,383	-0,763
P130	2900,000	25,000	600969,790	896543,837	538,620	-0,763
P131	2925,000	25,000	600963,723	896568,084	537,857	-0,763
P132	2950,000	25,000	600959,402	896592,702	537,094	-0,763
P133	2975,000	25,000	600956,849	896617,566	536,332	-0,763
P134	3000,000	25,000	600956,077	896642,549	535,569	-0,763
P135	3025,000	25,000	600957,090	896667,523	534,866	-0,703
P136	3050,000	25,000	600959,882	896692,361	534,287	-0,578
P137	3075,000	25,000	600964,441	896716,937	533,834	-0,453
P138	3100,000	25,000	600970,741	896741,124	533,506	-0,328
P139	3125,000	13,758	600978,751	896764,801	533,236	-0,270
P140	3127,516	12,500	600979,651	896767,150	533,209	-0,027
P141	3150,000	17,992	600987,764	896788,120	532,967	-0,243
P142	3163,501	12,500	600992,635	896800,711	532,821	-0,146
P143	3175,000	18,250	600996,474	896811,549	532,697	-0,124
P144	3200,000	25,000	601002,634	896835,761	532,427	-0,270
P145	3225,000	25,000	601005,728	896860,553	532,157	-0,270
P146	3250,000	25,000	601005,707	896885,536	531,888	-0,270
P147	3275,000	25,000	601002,571	896910,322	531,618	-0,270
P148	3300,000	25,000	600996,369	896934,524	531,348	-0,270
P149	3325,000	25,000	600987,199	896957,764	531,078	-0,270
P150	3350,000	25,000	600975,202	896979,679	530,809	-0,270
P151	3375,000	25,000	600960,567	896999,928	530,539	-0,270
P152	3400,000	13,369	600943,522	897018,193	530,269	-0,270
P153	3401,739	12,500	600942,253	897019,383	530,251	-0,019
P154	3425,000	24,131	600925,214	897035,217	530,000	-0,251
P155	3450,000	25,000	600906,900	897052,235	529,730	-0,270
P156	3475,000	25,000	600888,587	897069,254	529,460	-0,270
P157	3500,000	25,000	600870,273	897086,272	529,190	-0,270
P158	3525,000	25,000	600851,960	897103,290	528,921	-0,270
P159	3550,000	25,000	600833,647	897120,308	528,651	-0,270
P160	3575,000	14,219	600815,333	897137,326	528,381	-0,270
P161	3578,438	12,500	600812,815	897139,666	528,344	-0,037
P162	3600,000	23,281	600797,841	897155,167	528,111	-0,233
P163	3625,000	25,000	600782,687	897175,030	527,842	-0,270
P164	3650,000	25,000	600770,127	897196,627	527,572	-0,270
P165	3675,000	25,000	600760,358	897219,622	527,302	-0,270
P166	3700,000	25,000	600753,532	897243,655	527,033	-0,270
P167	3725,000	25,000	600749,756	897268,351	526,763	-0,270
P168	3750,000	25,000	600749,088	897293,326	526,493	-0,270

P169	3775,000	25,000	600751,539	897318,189	526,223	-0,270
P170	3800,000	25,000	600757,071	897342,553	525,954	-0,270
P171	3825,000	25,000	600765,598	897366,037	525,684	-0,270
P172	3850,000	23,189	600776,985	897388,274	525,414	-0,270
P173	3871,378	12,500	600788,859	897406,039	525,184	-0,231
P174	3875,000	7,180	600791,030	897408,939	525,145	-0,039
P175	3885,738	12,500	600797,466	897417,534	525,029	-0,116
P176	3900,000	19,631	600805,172	897429,521	524,875	-0,154
P177	3925,000	25,000	600814,305	897452,723	524,605	-0,270
P178	3950,000	18,809	600817,415	897477,463	524,335	-0,270
P179	3962,618	12,500	600816,621	897490,048	524,199	-0,136
P180	3975,000	18,691	600815,063	897502,331	524,066	-0,134
P181	4000,000	25,000	600811,917	897527,133	523,796	-0,270
P182	4025,000	25,000	600808,772	897551,934	523,526	-0,270
P183	4050,000	25,000	600805,627	897576,735	523,256	-0,270
P184	4075,000	25,000	600802,482	897601,537	522,987	-0,270
P185	4100,000	25,000	600799,336	897626,338	522,717	-0,270
P186	4125,000	25,000	600796,191	897651,140	522,447	-0,270
P187	4150,000	25,000	600793,046	897675,941	522,178	-0,270
P188	4175,000	25,000	600789,900	897700,742	521,908	-0,270
P189	4200,000	25,000	600786,755	897725,544	521,638	-0,270
P190	4225,000	25,000	600783,610	897750,345	521,368	-0,270
P191	4250,000	25,000	600780,464	897775,146	521,099	-0,270
P192	4275,000	25,000	600777,319	897799,948	520,829	-0,270
P193	4300,000	25,000	600774,174	897824,749	520,559	-0,270
P194	4325,000	25,000	600771,028	897849,550	520,289	-0,270
P195	4350,000	25,000	600767,883	897874,352	520,020	-0,270
P196	4375,000	25,000	600764,738	897899,153	519,750	-0,270
P197	4400,000	19,305	600761,593	897923,954	519,480	-0,270
P198	4413,610	12,500	600759,880	897937,456	519,333	-0,147
P199	4425,000	18,195	600758,190	897948,719	519,211	-0,123
P200	4450,000	25,000	600752,695	897973,097	518,941	-0,270
P201	4475,000	25,000	600744,794	897996,805	518,671	-0,270
P202	4500,000	25,000	600734,565	898019,605	518,401	-0,270
P203	4525,000	25,000	600722,112	898041,270	518,132	-0,270
P204	4550,000	25,000	600707,557	898061,584	517,862	-0,270
P205	4575,000	25,000	600691,047	898080,343	517,592	-0,270
P206	4600,000	25,000	600672,747	898097,360	517,323	-0,270
P207	4625,000	25,000	600652,840	898112,466	517,053	-0,270
P208	4650,000	25,000	600631,524	898125,508	516,783	-0,270
P209	4675,000	20,754	600609,012	898136,357	516,513	-0,270
P210	4691,508	12,500	600593,600	898142,265	516,335	-0,178
P211	4700,000	16,746	600585,575	898145,041	516,244	-0,092
P212	4725,000	25,000	600561,949	898153,215	515,974	-0,270
P213	4750,000	16,832	600538,323	898161,388	515,704	-0,270
P214	4758,665	12,500	600530,134	898164,221	515,611	-0,094
P215	4775,000	20,668	600515,089	898170,554	515,434	-0,176

P216	4800,000	25,000	600493,993	898183,890	515,165	-0,270
P217	4825,000	25,000	600475,966	898201,152	514,895	-0,270
P218	4850,000	25,000	600461,729	898221,651	514,625	-0,270
P219	4875,000	25,000	600451,848	898244,570	514,356	-0,270
P220	4900,000	25,000	600446,717	898268,995	514,086	-0,270
P221	4925,000	25,000	600446,540	898293,953	513,816	-0,270
P222	4950,000	17,868	600451,326	898318,448	513,546	-0,270
P223	4960,736	12,500	600454,864	898328,581	513,431	-0,116
P224	4975,000	19,632	600460,139	898341,834	513,277	-0,154
P225	5000,000	25,000	600469,385	898365,061	513,007	-0,270
P226	5025,000	25,000	600478,631	898388,289	512,737	-0,270
P227	5050,000	25,000	600487,877	898411,516	512,468	-0,270
P228	5075,000	25,000	600497,123	898434,744	512,198	-0,270
P229	5100,000	17,648	600506,368	898457,971	511,928	-0,270
P230	5110,296	12,500	600510,176	898467,537	511,817	-0,111
P231	5125,000	19,852	600515,210	898481,350	511,658	-0,159
P232	5150,000	25,000	600521,875	898505,435	511,389	-0,270
P233	5175,000	25,000	600526,104	898530,064	511,255	-0,133
P234	5200,000	25,000	600527,852	898554,992	511,879	0,624
P235	5225,000	25,000	600527,103	898579,971	512,780	0,900
P236	5250,000	25,000	600523,864	898604,749	512,012	-0,767
P237	5275,000	25,000	600518,167	898629,081	511,094	-0,919
P238	5300,000	25,000	600510,070	898652,722	510,260	-0,834
P239	5325,000	25,000	600499,653	898675,437	509,605	-0,655
P240	5350,000	12,516	600487,020	898696,999	509,129	-0,476
P241	5350,032	12,500	600487,002	898697,025	509,128	-0,001
P242	5375,000	24,984	600473,317	898717,909	508,831	-0,297
P243	5400,000	25,000	600459,614	898738,819	508,683	-0,148
P244	5425,000	25,000	600445,910	898759,728	508,551	-0,132
P245	5450,000	25,000	600432,208	898780,638	508,419	-0,132
P246	5475,000	25,000	600418,505	898801,548	508,357	-0,062
P247	5500,000	25,000	600404,802	898822,458	508,675	0,318
P248	5525,000	15,075	600391,099	898843,368	509,367	0,692
P249	5530,150	2,575	600388,276	898847,676	509,523	0,155
						-84,87

- $\Sigma \Delta H = -84,8757 \text{ m}$
- $\Sigma \text{Distance} = 5530,1502 \text{ m}$

$$Dc = \frac{\Sigma \Delta H}{\Sigma \text{Distance}} = \frac{-86,4097}{5530,1592} = -0,0156 \quad \Rightarrow \quad Dc = -1,56\%$$

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

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

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
----	---------------------------	-------------------

1	Plat	Dc<1.5%
2	Plat mais inondable	Dc=1.5%
3	Terrain vallonné	1.5%<Dc≤4%
4	Terrain montagneux	Dc>4%

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

B)-Sinuosité :

$$\sigma = \frac{Ls}{LT} = \frac{395,331}{5530,150} = 0,071$$

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

Tableau II.17 : Sinuosité ‘variante 02’.

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

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

▪ **Environnement de la route :**

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

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

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

▪ **Dans notre cas, nous avons :**

Terrain Vallonné
Sinuosité faible



Environnement E2

II-2-2-4- La vitesse de référence :

La vitesse est donc fonction de :

- La catégorie
- L'environnement

La catégorie de notre tronçon est **CAT3** et environnement **E2**

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

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

À partir du **tableauII.19**, La vitesse à considérer selon les normes est : **Vr = 80 km/h**

II-2-2-5- Stabilité en courbe :

✓ **Tableau récapitulatif :**

Vitesse réf	Dmax	Dmin	d=dmax-2%	Ft	f''
80 km/h	8%	-3%	6%	0.15	0.07

▪ **Détermination des rayons en plan :**

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

$$RHm = \frac{80^2}{127 (0,15 + 0,08)} \longrightarrow \boxed{RHm = 219 \text{ m}}$$

❖ **Le rayon minimal normal (RHN) :**

$$RHN = \frac{(80+20)^2}{127 (0,15 + 0,08)} \longrightarrow \boxed{RHN = 442 \text{ m}}$$

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

$$RHd = \frac{80^2}{127 * 2 * 0,03} \longrightarrow \boxed{RHd = 839 \text{ m}}$$

❖ **Le rayon non déversé RHnd :**

$$RHnd = \frac{80^2}{127 (0,07 - 0,03)} \longrightarrow \boxed{RHnd = 1259 \text{ m}}$$

2) Paramètres fondamentaux :

D'après le règlement des normes d'aménagements routiers B40, pour un environnement E2 et une catégorie C3 et une vitesse de base $VB = 80$ km/h on définit les paramètres dans le tableau suivants :

Paramètres	Symboles	Valeurs calculées	Valeurs selon B-40
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (8 %)	219	220
Rayon horizontal normal (m)	RHN (6 %)	442	375
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (3 %)	839	800
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-3 %)	1259	1200

3) Choix des rayons:

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

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

Rayons Choisis (m)												
R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13
350	250	100	300	300	200	350	200	200	100	250	125	250

II-2-2-6- Détermination des éléments des raccordements circulaire :

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

Virage (m)	Tangente (m)	Bissectrice (m)	Flèche (m)	Développé (m)
1	125,38	371,78	20,504	240,786
2	105,676	271,417	19,727	199,958
3	65,788	119,67	16,477	116,378
4	60,556	306,051	5,931	119,506
5	270,811	404,152	77,317	440,58
6	173,766	264,943	49,024	286,13

7	238,153	423,34	60,635	418,233
8	135,539	241,601	34,437	238,239
9	179,833	268,96	51,279	292,941
10	40,453	107,872	7,298	76,881
11	155,277	294,297	37,63	277,897
12	130,857	180,965	38,657	202,096
13	129,984	281,773	28,19	239,784

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

$Lad = AT1 + T1T2 + \dots + T13B$

$Lad = 113,686 + 107,999 + 38,971 + 50,044 + 333,254 + 268,553 + 393,425 + 35,983 + 176,697 + 14,358 + 450,992 + 450,992 + 67,156 + 149,561 + 180,119$

➔ **Lad = 2380,800 m**

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

$Lc = D1 + D2 + \dots + D13$

$Lc = 240,786 + 199,958 + 116,378 + 119,506 + 440,58 + 286,13 + 418,233 + 238,239 + 292,941 + 76,881 + 277,897 + 202,096 + 239,784$

➔ **Lc = 3149,409 m**

• **Longueur totale du tronçon : LT**

$LT = Lad + Lc$

$LT = 2380,800 \text{ m} + 3149,409 \text{ m} \Rightarrow \mathbf{LT = 5530,209m}$

- **Pourcentage Alignement droit = 57% non vérifier 40 % < Lad < 80%**
- **Pourcentage Courbe = 43% non vérifier 20 % < Lc < 60%**

II-2-2-7- Cubatures :

Tableau II.21 :Cubatures

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	13,631	1,368	15,000	187,497	187,497	0,000	0,507	0,507	6,343	6,343
P2	25,000	25,000	11,011	2,952	13,963	349,069	536,566	0,099	0,177	0,276	6,890	13,233
P3	50,000	25,000	8,873	0,300	9,172	229,308	765,874	0,374	2,075	2,449	61,231	74,464
P4	75,000	25,000	6,387	0,108	6,495	162,365	928,240	0,537	3,826	4,362	109,062	183,526
P5	100,000	19,343	2,462	0,000	2,462	47,622	975,861	1,175	8,484	9,660	186,847	370,373
P6	113,687	12,500	0,016	0,000	0,016	0,205	976,067	5,832	18,442	24,274	303,424	673,798
P7	125,000	18,157	0,000	0,000	0,000	0,000	976,067	10,163	25,869	36,032	654,232	1328,030

P8	150,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	976,067	13,813	34,164	47,976	1199,411	2527,440
P9	175,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	976,067	13,612	24,914	38,526	963,143	3490,583
P10	200,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	976,067	8,894	15,299	24,193	604,824	4095,407
P11	225,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	976,067	10,024	16,988	27,012	675,299	4770,706
P12	250,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	976,067	12,380	16,874	29,255	731,364	5502,069
P13	275,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	976,067	8,413	17,655	26,068	651,692	6153,762
P14	300,000	25,000	0,050	0,000	0,050	1,240	977,307	5,897	16,445	22,342	558,554	6712,315
P15	325,000	25,000	0,677	0,000	0,677	16,913	994,220	3,853	11,522	15,374	384,362	7096,677
P16	350,000	14,738	1,869	0,000	1,869	27,541	1021,761	2,581	9,830	12,411	182,910	7279,587
P17	354,476	12,500	2,280	0,000	2,280	28,498	1050,259	2,410	8,821	11,232	140,396	7419,983
P18	375,000	22,762	4,747	0,000	4,747	108,057	1158,317	1,584	6,459	8,043	183,077	7603,060
P19	400,000	25,000	9,099	0,049	9,148	228,699	1387,016	0,416	3,051	3,467	86,687	7689,747
P20	425,000	25,000	10,387	0,798	11,185	279,629	1666,645	0,305	0,785	1,090	27,247	7716,994
P21	450,000	18,739	13,089	743,187	756,276	14171,673	15838,319	0,202	0,342	0,544	10,190	7727,185
P22	462,478	12,500	19,311	4,191	23,502	293,776	16132,094	0,000	0,299	0,299	3,740	7730,925
P23	475,000	18,761	26,144	9,709	35,854	672,662	16804,756	0,000	0,000	0,000	0,000	7730,925
P24	500,000	25,000	26,506	10,892	37,398	934,944	17739,701	0,000	0,000	0,000	0,000	7730,925
P25	525,000	25,000	20,434	6,237	26,672	666,791	18406,491	0,000	0,000	0,000	0,000	7730,925
P26	550,000	25,000	6,964	0,000	6,964	174,108	18580,600	0,757	7,048	7,805	195,127	7926,052
P27	575,000	25,000	0,009	0,000	0,009	0,218	18580,817	8,263	16,260	24,523	613,068	8539,121
P28	600,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18580,817	10,681	23,115	33,796	844,904	9384,024
P29	625,000	25,000	0,216	0,000	0,216	5,408	18586,225	5,362	16,505	21,867	546,674	9930,699
P30	650,000	18,719	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,225	8,263	14,341	22,604	423,120	10353,818
P31	662,438	12,500	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,225	5,944	10,450	16,394	204,928	10558,746
P32	675,000	18,781	0,040	0,000	0,040	0,750	18586,975	3,778	7,258	11,036	207,270	10766,017
P33	700,000	13,205	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	4,193	11,348	15,541	205,219	10971,235
P34	701,410	12,500	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	4,895	12,481	17,376	217,195	11188,430
P35	725,000	24,295	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	24,039	26,493	50,532	1227,669	12416,100
P36	750,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	24,426	7,538	31,964	799,112	13215,212
P37	775,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	10,336	0,000	10,336	258,412	13473,624
P38	800,000	21,395	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	6,388	0,000	6,388	136,661	13610,285
P39	817,789	12,500	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	9,351	0,000	9,351	116,891	13727,176
P40	825,000	16,105	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	11,658	0,000	11,658	187,756	13914,932
P41	850,000	21,416	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	11,442	2,302	13,744	294,354	14209,286
P42	867,832	12,500	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	13,765	4,287	18,053	225,662	14434,947
P43	875,000	16,084	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	14,189	5,070	19,259	309,760	14744,707
P44	900,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	9,491	8,546	18,036	450,909	15195,616
P45	925,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	7,922	11,820	19,742	493,544	15689,161
P46	950,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	12,358	18,578	30,937	773,414	16462,574
P47	975,000	18,670	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	13,814	21,951	35,765	667,728	17130,303
P48	987,340	12,500	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	18,999	24,813	43,812	547,650	17677,953
P49	1000,000	18,830	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	18,682	26,151	44,833	844,206	18522,159
P50	1025,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	9,529	18,069	27,598	689,953	19212,112
P51	1050,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	7,921	15,297	23,218	580,457	19792,568
P52	1075,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	11,045	17,378	28,423	710,565	20503,133
P53	1100,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	10,112	18,165	28,277	706,925	21210,058
P54	1125,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	12,039	18,830	30,869	771,726	21981,784
P55	1150,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	8,581	17,950	26,532	663,289	22645,073
P56	1175,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	7,944	17,595	25,539	638,486	23283,559
P57	1200,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	10,147	17,924	28,071	701,785	23985,343
P58	1225,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	12,222	20,364	32,587	814,664	24800,007
P59	1250,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	8,853	17,905	26,758	668,950	25468,957

P60	1275,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	7,399	12,359	19,759	493,969	25962,926
P61	1300,000	22,796	0,000	0,000	0,000	0,000	18586,975	4,646	9,509	14,156	322,692	26285,619
P62	1320,592	12,500	1,014	0,000	1,014	12,671	18599,646	1,308	6,184	7,492	93,651	26379,269
P63	1325,000	14,704	1,388	0,000	1,388	20,404	18620,050	1,179	5,083	6,262	92,082	26471,351
P64	1350,000	25,000	5,286	0,218	5,503	137,579	18757,629	0,552	1,193	1,744	43,607	26514,959
P65	1375,000	25,000	11,549	5,477	17,025	425,628	19183,257	0,000	0,008	0,008	0,205	26515,164
P66	1400,000	25,000	22,099	11,123	33,222	830,547	20013,805	0,000	0,000	0,000	0,000	26515,164
P67	1425,000	25,000	28,839	13,902	42,741	1068,521	21082,325	0,000	0,000	0,000	0,000	26515,164
P68	1450,000	25,000	15,513	2,635	18,149	453,716	21536,041	0,006	0,131	0,137	3,425	26518,589
P69	1475,000	25,000	2,872	0,875	3,747	93,683	21629,724	0,614	0,630	1,245	31,118	26549,707
P70	1500,000	25,000	3,935	1,513	5,448	136,204	21765,929	0,497	0,509	1,006	25,160	26574,866
P71	1525,000	25,000	6,653	3,759	10,412	260,301	22026,229	0,205	0,245	0,450	11,251	26586,118
P72	1550,000	25,000	3,175	0,003	3,177	79,434	22105,664	0,670	1,094	1,764	44,099	26630,216
P73	1575,000	25,000	1,268	0,000	1,268	31,709	22137,372	4,787	18,035	22,822	570,556	27200,772
P74	1600,000	25,000	22,140	1,801	23,941	598,526	22735,898	0,000	1,098	1,098	27,457	27228,229
P75	1625,000	25,000	34,778	18,555	53,333	1333,328	24069,226	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P76	1650,000	25,000	28,082	11,952	40,033	1000,829	25070,055	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P77	1675,000	25,000	22,037	9,459	31,496	787,402	25857,456	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P78	1700,000	25,000	25,882	14,858	40,740	1018,502	26875,959	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P79	1725,000	25,000	29,360	18,527	47,887	1197,183	28073,142	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P80	1750,000	18,089	31,390	20,249	51,638	934,089	29007,231	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P81	1761,178	12,500	31,441	20,402	51,843	648,042	29655,273	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P82	1775,000	19,411	31,181	20,151	51,333	996,414	30651,688	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P83	1800,000	25,000	30,299	20,014	50,313	1257,816	31909,504	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P84	1825,000	25,000	28,885	21,469	50,354	1258,845	33168,349	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P85	1850,000	25,000	27,440	23,150	50,590	1264,754	34433,103	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P86	1875,000	25,000	26,884	24,709	51,592	1289,812	35722,915	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P87	1900,000	25,000	27,174	25,383	52,557	1313,920	37036,834	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P88	1925,000	25,000	27,618	23,289	50,908	1272,688	38309,522	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P89	1950,000	25,000	27,479	21,574	49,053	1226,330	39535,852	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P90	1975,000	25,000	23,618	16,456	40,074	1001,848	40537,700	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P91	2000,000	25,000	19,126	12,773	31,899	797,475	41335,176	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P92	2025,000	14,864	14,825	8,598	23,423	348,161	41683,337	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P93	2029,728	12,500	14,015	7,942	21,958	274,470	41957,807	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P94	2050,000	22,636	11,774	5,843	17,617	398,776	42356,582	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,229
P95	2075,000	25,000	11,555	5,518	17,073	426,825	42783,408	0,000	0,001	0,001	0,031	27228,260
P96	2100,000	25,000	13,470	6,532	20,002	500,051	43283,458	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,260
P97	2125,000	25,000	18,376	11,276	29,652	741,306	44024,764	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,260
P98	2150,000	25,000	23,702	15,066	38,768	969,192	44993,957	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,260
P99	2175,000	25,000	28,127	19,195	47,322	1183,060	46177,017	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,260
P100	2200,000	25,000	29,897	21,939	51,837	1295,919	47472,936	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,260
P101	2225,000	25,000	29,373	17,961	47,334	1183,341	48656,277	0,000	0,000	0,000	0,000	27228,260
P102	2250,000	25,000	20,194	2,111	22,305	557,627	49213,904	0,000	1,482	1,482	37,053	27265,313
P103	2275,000	25,000	16,377	0,293	16,670	416,752	49630,656	0,130	4,892	5,022	125,555	27390,867
P104	2300,000	20,430	12,729	0,000	12,729	260,054	49890,711	0,594	9,752	10,346	211,368	27602,235
P105	2315,859	12,500	13,059	0,000	13,059	163,242	50053,952	0,451	7,877	8,327	104,091	27706,326
P106	2325,000	17,070	15,214	0,134	15,348	261,998	50315,950	0,244	3,595	3,839	65,535	27771,861
P107	2350,000	25,000	19,172	3,946	23,117	577,937	50893,886	0,000	0,125	0,125	3,113	27774,974
P108	2375,000	25,000	14,965	11,741	26,706	667,645	51561,532	0,000	0,000	0,000	0,000	27774,974
P109	2400,000	25,000	8,393	8,568	16,960	424,005	51985,537	0,000	0,000	0,000	0,000	27774,974
P110	2425,000	25,000	3,496	6,216	9,712	242,798	52228,335	0,346	0,321	0,667	16,682	27791,656
P111	2450,000	25,000	0,032	3,477	3,509	87,736	52316,071	0,980	0,648	1,628	40,707	27832,363

P112	2475,000	25,000	0,000	0,259	0,259	6,474	52322,545	5,357	2,032	7,389	184,723	28017,086
P113	2500,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	52322,545	9,765	12,448	22,213	555,335	28572,421
P114	2525,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	52322,545	14,359	29,940	44,299	1107,465	29679,886
P115	2550,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	52322,545	24,104	47,338	71,443	1786,066	31465,952
P116	2575,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	52322,545	40,415	49,274	89,690	2242,238	33708,191
P117	2600,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	52322,545	49,168	46,322	95,490	2387,253	36095,444
P118	2625,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	52322,545	50,940	47,099	98,039	2450,974	38546,417
P119	2650,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	52322,545	51,603	51,329	102,931	2573,282	41119,700
P120	2675,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	52322,545	46,914	45,448	92,362	2309,059	43428,759
P121	2700,000	17,142	0,000	0,000	0,000	0,000	52322,545	43,204	44,776	87,979	1508,151	44936,910
P122	2709,284	12,500	0,000	0,000	0,000	0,000	52322,545	41,805	42,762	84,567	1057,091	45994,001
P123	2725,000	20,358	0,000	0,000	0,000	0,000	52322,545	39,687	43,264	82,951	1688,714	47682,715
P124	2750,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	52322,545	36,776	38,059	74,835	1870,866	49553,582
P125	2775,000	25,000	0,000	1,004	1,004	25,098	52347,643	29,084	35,777	64,861	1621,531	51175,113
P126	2800,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	52347,643	25,415	29,069	54,485	1362,115	52537,228
P127	2825,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	52347,643	17,056	21,708	38,764	969,096	53506,324
P128	2850,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	52347,643	9,013	19,481	28,494	712,349	54218,672
P129	2875,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	52347,643	10,616	19,369	29,986	749,642	54968,315
P130	2900,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	52347,643	13,741	15,900	29,641	741,013	55709,328
P131	2925,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	52347,643	12,079	10,971	23,050	576,255	56285,582
P132	2950,000	25,000	0,342	0,000	0,342	8,559	52356,202	3,862	5,858	9,720	243,001	56528,583
P133	2975,000	25,000	9,236	1,224	10,459	261,482	52617,684	0,298	0,378	0,676	16,892	56545,475
P134	3000,000	25,000	17,082	7,814	24,896	622,400	53240,083	0,000	0,000	0,000	0,000	56545,475
P135	3025,000	25,000	23,089	5,863	28,952	723,804	53963,888	0,030	0,084	0,114	2,852	56548,328
P136	3050,000	25,000	26,195	3,996	30,190	754,753	54718,641	0,068	0,261	0,329	8,214	56556,542
P137	3075,000	25,000	38,030	23,311	61,340	1533,505	56252,146	0,000	0,000	0,000	0,000	56556,542
P138	3100,000	25,000	13,164	9,681	22,845	571,132	56823,278	0,000	0,000	0,000	0,000	56556,542
P139	3125,000	13,758	7,274	4,154	11,428	157,224	56980,502	0,277	0,313	0,590	8,114	56564,656
P140	3127,516	12,500	6,882	3,758	10,640	133,000	57113,501	0,316	0,352	0,668	8,351	56573,006
P141	3150,000	17,992	2,809	2,316	5,125	92,217	57205,719	0,622	0,619	1,242	22,338	56595,344
P142	3163,501	12,500	1,322	1,400	2,722	34,026	57239,745	0,720	0,717	1,437	17,958	56613,302
P143	3175,000	18,250	0,650	1,299	1,948	35,554	57275,299	0,737	0,722	1,459	26,626	56639,928
P144	3200,000	25,000	0,081	0,247	0,328	8,207	57283,506	1,600	1,320	2,920	72,993	56712,922
P145	3225,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	57283,506	2,220	7,847	10,068	251,688	56964,609
P146	3250,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	57283,506	4,334	5,083	9,417	235,433	57200,042
P147	3275,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	57283,506	7,036	0,000	7,036	175,889	57375,931
P148	3300,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	57283,506	4,867	0,000	4,867	121,665	57497,596
P149	3325,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	57283,506	4,992	0,000	4,992	124,803	57622,399
P150	3350,000	25,000	0,229	0,000	0,229	5,735	57289,241	3,076	3,415	6,490	162,262	57784,662
P151	3375,000	25,000	2,364	0,000	2,364	59,103	57348,344	0,840	3,906	4,747	118,671	57903,333
P152	3400,000	13,369	2,532	0,875	3,407	45,551	57393,895	0,534	0,532	1,066	14,248	57917,580
P153	3401,739	12,500	2,466	1,215	3,681	46,007	57439,902	0,529	0,514	1,043	13,041	57930,621
P154	3425,000	24,131	3,297	2,971	6,268	151,245	57591,147	0,557	0,527	1,084	26,164	57956,785
P155	3450,000	25,000	435,561	1,446	437,007	10925,174	68516,321	0,588	0,601	1,190	29,741	57986,526
P156	3475,000	25,000	2153,063	0,004	2153,067	53826,664	122342,985	0,048	3,748	3,797	94,918	58081,444
P157	3500,000	25,000	6,134	0,016	6,150	153,747	122496,732	0,629	1,510	2,138	53,455	58134,900
P158	3525,000	25,000	9,724	0,117	9,840	246,011	122742,744	0,380	2,639	3,019	75,476	58210,376
P159	3550,000	25,000	9,584	0,946	10,530	263,238	123005,981	0,297	0,702	0,999	24,970	58235,346
P160	3575,000	14,219	14,172	5,018	19,190	272,863	123278,845	0,000	0,000	0,000	0,000	58235,346
P161	3578,438	12,500	15,061	5,804	20,864	260,801	123539,646	0,000	0,000	0,000	0,000	58235,346
P162	3600,000	23,281	2,635	3,696	6,332	147,413	123687,059	13,802	0,468	14,270	332,228	58567,574
P163	3625,000	25,000	11,764	5,091	16,855	421,372	124108,431	0,000	0,004	0,004	0,112	58567,685

P164	3650,000	25,000	11,472	5,473	16,946	423,647	124532,078	0,014	0,080	0,094	2,346	58570,031
P165	3675,000	25,000	9,020	6,086	15,106	377,653	124909,731	0,156	0,165	0,321	8,023	58578,054
P166	3700,000	25,000	10,060	7,009	17,069	426,730	125336,461	0,000	0,000	0,000	0,000	58578,054
P167	3725,000	25,000	12,825	9,744	22,569	564,227	125900,688	0,000	0,000	0,000	0,000	58578,054
P168	3750,000	25,000	14,761	11,633	26,394	659,849	126560,538	0,000	0,000	0,000	0,000	58578,054
P169	3775,000	25,000	34,418	20,723	55,141	1378,526	127939,063	0,000	0,000	0,000	0,000	58578,054
P170	3800,000	25,000	48,456	35,915	84,371	2109,266	130048,329	0,000	0,000	0,000	0,000	58578,054
P171	3825,000	25,000	49,760	33,818	83,579	2089,466	132137,795	0,000	0,000	0,000	0,000	58578,054
P172	3850,000	23,189	37,176	23,732	60,908	1412,399	133550,193	0,000	0,000	0,000	0,000	58578,054
P173	3871,378	12,500	40,029	21,485	61,513	768,917	134319,110	0,000	0,000	0,000	0,000	58578,054
P174	3875,000	7,180	40,300	18,157	58,457	419,713	134738,823	0,000	0,000	0,000	0,000	58578,054
P175	3885,738	12,500	23,395	10,291	33,686	421,076	135159,899	0,000	0,000	0,000	0,000	58578,054
P176	3900,000	19,631	12,620	2,785	15,405	302,427	135462,326	0,044	0,186	0,230	4,511	58582,565
P177	3925,000	25,000	0,000	4,900	4,900	122,509	135584,835	1,849	1,089	2,938	73,458	58656,023
P178	3950,000	18,809	5,278	13,228	18,506	348,076	135932,911	0,000	0,000	0,000	0,000	58656,023
P179	3962,618	12,500	7,423	13,087	20,511	256,384	136189,295	0,000	0,000	0,000	0,000	58656,023
P180	3975,000	18,691	7,906	11,560	19,466	363,842	136553,137	0,000	0,000	0,000	0,000	58656,023
P181	4000,000	25,000	7,110	8,078	15,188	379,703	136932,840	0,000	0,000	0,000	0,000	58656,023
P182	4025,000	25,000	6,269	5,133	11,402	285,049	137217,889	0,000	0,000	0,000	0,000	58656,023
P183	4050,000	25,000	5,475	2,734	8,209	205,222	137423,111	0,048	0,008	0,056	1,391	58657,415
P184	4075,000	25,000	4,714	0,941	5,655	141,366	137564,477	0,128	0,085	0,213	5,318	58662,733
P185	4100,000	25,000	3,953	0,000	3,953	98,816	137663,294	0,208	0,080	0,288	7,192	58669,924
P186	4125,000	25,000	3,016	0,000	3,016	75,406	137738,699	0,000	0,000	0,000	0,000	58669,924
P187	4150,000	25,000	1,697	0,000	1,697	42,420	137781,119	0,000	0,000	0,000	0,000	58669,924
P188	4175,000	25,000	0,740	0,000	0,740	18,492	137799,611	0,000	0,000	0,000	0,000	58669,924
P189	4200,000	25,000	0,145	0,000	0,145	3,622	137803,233	0,000	0,000	0,000	0,000	58669,924
P190	4225,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	137803,233	0,088	0,000	0,088	2,190	58672,114
P191	4250,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	137803,233	0,000	0,000	0,000	0,000	58672,114
P192	4275,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	137803,233	0,000	0,000	0,000	0,000	58672,114
P193	4300,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	137803,233	0,000	0,000	0,000	0,000	58672,114
P194	4325,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	137803,233	0,000	0,000	0,000	0,000	58672,114
P195	4350,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	137803,233	0,000	0,000	0,000	0,000	58672,114
P196	4375,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	137803,233	0,000	0,000	0,000	0,000	58672,114
P197	4400,000	19,305	0,000	0,000	0,000	0,000	137803,233	0,000	0,000	0,000	0,000	58672,114
P198	4413,610	12,500	0,103	0,000	0,103	1,292	137804,525	2,912	0,000	2,912	36,399	58708,513
P199	4425,000	18,195	0,000	0,000	0,000	0,000	137804,525	8,848	3,859	12,707	231,206	58939,719
P200	4450,000	25,000	2,700	0,000	2,700	67,495	137872,021	3,297	10,245	13,542	338,540	59278,260
P201	4475,000	25,000	24,035	7,686	31,721	793,036	138665,057	0,000	0,174	0,174	4,356	59282,616
P202	4500,000	25,000	25,126	15,843	40,969	1024,236	139689,293	0,000	0,000	0,000	0,000	59282,616
P203	4525,000	25,000	20,311	15,642	35,953	898,832	140588,125	0,000	0,000	0,000	0,000	59282,616
P204	4550,000	25,000	15,335	13,024	28,359	708,964	141297,090	0,000	0,000	0,000	0,000	59282,616
P205	4575,000	25,000	10,644	8,364	19,009	475,219	141772,309	0,000	0,000	0,000	0,000	59282,616
P206	4600,000	25,000	7,936	6,750	14,685	367,134	142139,443	0,105	0,151	0,256	6,388	59289,004
P207	4625,000	25,000	3,188	1,723	4,911	122,775	142262,218	0,584	0,597	1,180	29,512	59318,516
P208	4650,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	142262,218	5,748	6,459	12,207	305,182	59623,699
P209	4675,000	20,754	0,000	0,000	0,000	0,000	142262,218	9,453	13,653	23,106	479,535	60103,234
P210	4691,508	12,500	0,000	0,000	0,000	0,000	142262,218	9,593	15,711	25,304	316,296	60419,530
P211	4700,000	16,746	0,000	0,000	0,000	0,000	142262,218	10,342	20,239	30,581	512,111	60931,640
P212	4725,000	25,000	0,000	0,000	0,000	0,000	142262,218	20,199	23,246	43,445	1086,125	62017,765
P213	4750,000	16,832	0,000	0,000	0,000	0,000	142262,218	9,816	21,762	31,577	531,524	62549,289
P214	4758,665	12,500	0,000	0,000	0,000	0,000	142262,218	3,462	15,581	19,043	238,037	62787,326
P215	4775,000	20,668	0,047	0,000	0,047	0,969	142263,187	2,261	3,709	5,970	123,377	62910,703

P216	4800,000	25,000	0,332	0,000	0,332	8,295	142271,482	1,478	2,504	3,981	99,534	63010,237
P217	4825,000	25,000	0,760	0,000	0,760	18,998	142290,480	1,187	1,886	3,073	76,814	63087,051
P218	4850,000	25,000	2,670	0,000	2,670	66,762	142357,243	0,744	1,604	2,349	58,718	63145,768
P219	4875,000	25,000	5,759	0,821	6,580	164,489	142521,732	0,433	0,475	0,907	22,687	63168,455
P220	4900,000	25,000	5,919	0,972	6,891	172,284	142694,016	0,514	0,569	1,083	27,073	63195,528
P221	4925,000	25,000	5,943	2,945	8,888	222,200	142916,216	0,528	0,542	1,070	26,752	63222,280
P222	4950,000	17,868	4,885	4,684	9,569	170,981	143087,197	0,367	0,365	0,733	13,090	63235,370
P223	4960,736	12,500	5,307	5,456	10,763	134,533	143221,729	0,288	0,286	0,574	7,170	63242,540
P224	4975,000	19,632	6,236	6,471	12,707	249,464	143471,194	0,181	0,179	0,360	7,063	63249,603
P225	5000,000	25,000	8,022	8,070	16,092	402,290	143873,484	0,000	0,000	0,000	0,000	63249,603
P226	5025,000	25,000	7,343	7,066	14,409	360,215	144233,699	0,089	0,092	0,181	4,517	63254,120
P227	5050,000	25,000	6,589	6,459	13,049	326,215	144559,914	0,161	0,163	0,324	8,096	63262,215
P228	5075,000	25,000	6,181	6,103	12,285	307,114	144867,027	0,204	0,205	0,410	10,244	63272,460
P229	5100,000	17,648	6,263	6,347	12,610	222,538	145089,565	0,185	0,185	0,370	6,530	63278,990
P230	5110,296	12,500	6,365	6,452	12,817	160,217	145249,783	0,175	0,174	0,349	4,357	63283,347
P231	5125,000	19,852	6,559	6,645	13,204	262,129	145511,911	0,154	0,153	0,308	6,105	63289,452
P232	5150,000	25,000	7,049	7,150	14,200	354,988	145866,899	0,102	0,101	0,203	5,067	63294,519
P233	5175,000	25,000	11,226	6,439	17,666	441,645	146308,544	0,005	0,057	0,062	1,551	63296,070
P234	5200,000	25,000	9,014	5,238	14,252	356,310	146664,854	0,000	0,000	0,000	0,000	63296,070
P235	5225,000	25,000	10,410	8,156	18,565	464,133	147128,987	0,000	0,000	0,000	0,000	63296,070
P236	5250,000	25,000	13,689	8,306	21,995	549,880	147678,867	0,000	0,000	0,000	0,000	63296,070
P237	5275,000	25,000	8,516	6,126	14,642	366,058	148044,925	0,000	0,003	0,003	0,074	63296,144
P238	5300,000	25,000	7,876	2,251	10,127	253,182	148298,107	0,317	0,384	0,701	17,515	63313,659
P239	5325,000	25,000	6,948	4,273	11,221	280,534	148578,641	0,403	0,457	0,860	21,506	63335,165
P240	5350,000	12,516	7,095	6,786	13,881	173,737	148752,378	0,245	0,221	0,465	5,823	63340,988
P241	5350,032	12,500	7,097	6,788	13,885	173,561	148925,938	0,244	0,220	0,465	5,810	63346,798
P242	5375,000	24,984	7,873	7,268	15,141	378,274	149304,212	0,146	0,124	0,270	6,745	63353,543
P243	5400,000	25,000	7,353	6,263	13,616	340,411	149644,623	0,234	0,227	0,461	11,534	63365,077
P244	5425,000	25,000	7,758	5,285	13,043	326,079	149970,702	0,214	0,235	0,449	11,219	63376,296
P245	5450,000	25,000	9,105	5,173	14,278	356,943	150327,645	0,202	0,214	0,415	10,385	63386,681
P246	5475,000	25,000	11,447	5,128	16,575	414,366	150742,011	0,081	0,124	0,205	5,127	63391,808
P247	5500,000	25,000	17,076	5,490	22,566	564,142	151306,153	0,000	0,000	0,000	0,000	63391,808
P248	5525,000	15,075	22,049	0,408	22,457	338,542	151644,695	0,000	1,839	1,839	27,719	63419,526
P249	5530,150	2,575	20,905	0,074	20,979	54,023	151698,719	0,000	3,240	3,240	8,344	63427,870

- **Volume de déblai total : 151698,719m³**
- **Volume de remblai total : 63427,870m³**
- **Excès de déblai: 88270,849m³**

II-2-3- Le choix de la variante :

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

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

Tableau II.22 : Comparaison entre les deux variantes

Critères	Unité	Variante N°1	Variante N°2	V1	V2
Longueur totale de l'itinéraire	m	5603,081	5530,209	-	+
Pourcentage Alignement Droit	%	27%	43%	-	+
Pourcentage courbe	%	73%	57%	-	+
Rayon minimal	m	5	100	-	+
Rayon maximal	m	750	350	+	-
Nombre de courbes	/	33	13	-	+
Déblai	m ³	319307,060	151698,719	-	+
Remblai	m ³	71091,611	63427,870	-	+
				1	7

II-3- CONCLUSION :

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

Chapitre III

Profil En Long

III-1- DEFINITION :

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

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

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

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

III-2- LA LIGNE DE PROJET (LIGNE ROUGE) :

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

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

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

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

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

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

✓ Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des versants dans la pente du profil en long.

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

✓ Eviter une hauteur excessive en remblai.

- ✓ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la
- ✓ Combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règle notamment.
- ✓ Eviter les lignes brisées constituées par de nombreux segments de pentes voisines, les remplacer par un cercle unique, ou une combinaison des cercles et arcs à courbures progressives de très grand rayon.
- ✓ Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
- ✓ Adapter le profil en long aux grandes lignes du paysage.

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

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

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

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

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

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

III-6-DECLIVITE :

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

A) Déclivité minimum :

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

Il est conseillé d'éviter les pentes inférieures à 1% et surtout celle 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.

Tableau III.1: Valeur de déclivité maximal.

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

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

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

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

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 raccords :

A)-Raccords convexes (angle saillant) :

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

❖ **Condition de confort :**

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

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

D’OU :

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

Dans notre cas **Rv min** = 0.23 V²

Tel que :

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

❖ **Condition de visibilité**

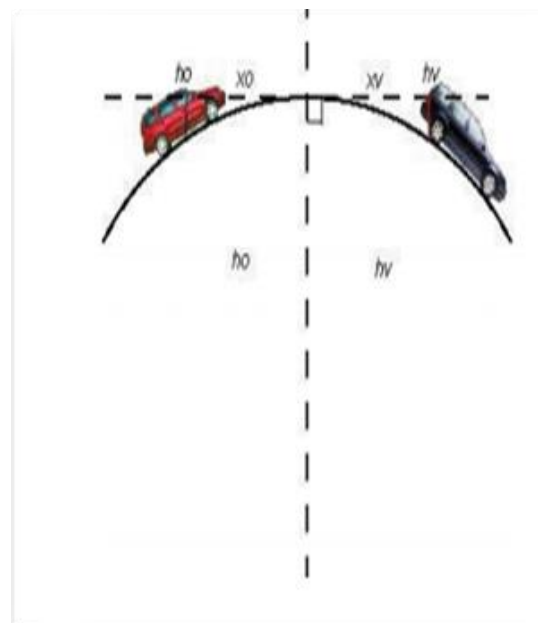
Elle intervient seulement dans les raccords des points hauts comme condition supplémentaire à celle de la condition de confort.

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

Le rayon de raccordement est donne par la formule suivante :

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

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



Dans le cas d'une route bidirectionnelle :

$$h_0 = 1.2 \text{ m}, h_1 = 0.2 \text{ m}$$

On trouve:

- $Rv = a d^2$ $a = 0.23$ pour cat 3.4.5
- $Rv = 0.23d^2$

Les rayons assurant ces deux conditions sont données par les normes en fonction de la vitesse de base et la catégorie, pour choix bidirectionnelle et pour une vitesse de base **Vb=80 (Km/h)** et pour la catégorie **3-4-5** on a :

Tableau III.2 : Rayons convexes.

Rayon	Symbole	Valeur
Min-absolu	RVm1	3500
Min- normal	RVN1	8000
Dépassement	RVD	9000

B)-Raccordements concaves (angle rentrant) :

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

Cette condition s'exprime par la relation :

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

Avec :

Rv' : rayon minimum du cercle de raccordement.

d1 : distance d'arrêt.

$$\frac{g}{30} \text{ pour la CAT 3.4.5.}$$

❖ Rayon minimal absolu :

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

$$R_{vm} (Vr) = (0.23 \times Vr)^2 = (0.23 \times 80)^2 = 1472 \text{ m}$$

❖ Rayon minimal normal :

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

$$RVN'vr = RVM'(vr + 20).$$

$$Rvn = 0.23 (Vr + 20)^2$$

$$Rvn = 0.23 \times 10000 = 2300 \text{ m}$$

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

Tableau- III.3 : Rayons concaves (angle rentrant). Cat3, V80.

Rayon	Symbole	Valeur	Selon B40
Min-absolu	R' Vm	1472	1600
Min -normal	R' VN	2300	2400

Condition esthétique :

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

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

Avec :

D : changement des devers.

Rvmin : rayon vertical minimal.

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

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

Avec :

A et B : extrémité du raccordement

G : milieu de raccordement situé sur la variante

B : bissectrice.

P, Q : deux points connus sur i_1, i_2

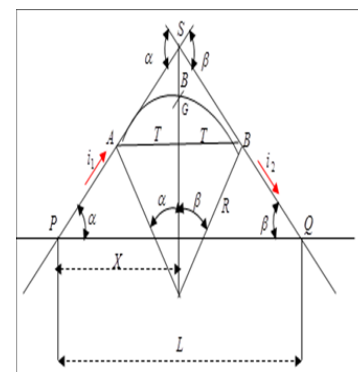
Q : centre du cercle de rayon R

T : tangente de part et l'autre du sommet

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

S : sommet ou point de changement de déclivité

L : distance entre les deux points



III-9- DETERMINATION PRATIQUE DU PROFIL EN LONG :

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

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

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

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

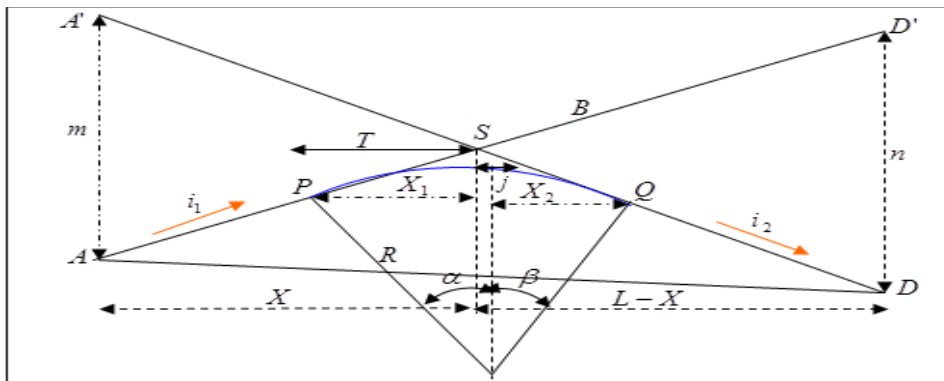


Figure III.2 : Pratiques du profil en long.

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

On a :

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

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

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

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

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

❖ **Calculs De La Tangente :**

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

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

L'équation de la parabole est:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

$$LR=2T$$

❖ **Calcul De La Flèche :**



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

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

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

III-10- APPLICATION DE PROJET :

Tableau III.4 : Caractéristique des rayons verticaux.

Catégorie	C3	
Environnement	E2	
Vitesse (km/h)	80	
Rayon en angle saillant RV 	Route bidirectionnelle :	(1×1 voies)
	RVm1 (minimal absolu) en m	3500
	RVn1 (minimal normal) en m	8000
Rayon en angle rentrant RV 	Route bidirectionnelle :	(1×1 voies)
	RVm1 (minimal absolu) en m	1472
	RVn1 (minimal normal) en m	2300
Déclivité maximale I _{max} (%)	6	

1. Calcul des tangentes :

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

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

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

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

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

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

2- Calcul de la tangente :

$$T = (R (p1+p2))/2$$

$$T1 = (1000(-0.03393+0.00901))/2=124,60m$$

3- Calcul de la flèche :

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

$$F1 = \frac{124,60^2}{2 \times 10000} = 0,78 m$$

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

Tableau III.5: les valeurs de tangente et la flèche.

Elément Sommet	P1% P2%	Nature du rayon	Sens des pentes	Les rayons (m)	T (m)	F (m)
S1	-3,393 0,901	Saillant	diff sens	1000	124,60	0,78
S2	0,901 -6,034	Rentrant	diff sens	2500	64,16	0,83
S3	-6,034 12,101	Saillant	diff sens	500	15,17	0,23
S4	12,101 -3,273	Rentrant	diff sens	400	17,66	0,39
S5	-3,273 1,916	Saillant	diff sens	1500	10,16	0,03

S6	1,916 -3,051	Rentrant	diff sens	1000	5,68	0,02
S7	-3,051 -1,079	Saillant	Mm sens	5000	49,30	0,24
S8	-1,079 5,313	Saillant	diff sens	750	15,88	0,17
S9	5,313 -3,674	Rentrant	diff sens	250	2,05	0,01
S10	-3,674 -0,527	Saillant	Mm sens	3500	55,07	0,43
S11	-0,527 3,018	Saillant	diff sens	1500	18,68	0,12

Chapitre IV
Les Raccordements
Progressif

IV-1- INTRODUCTION :

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

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

IV-2- DEFINITION DE LA CLOTHOÏDE :

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

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

IV-3- Les éléments de la clothoïde :

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

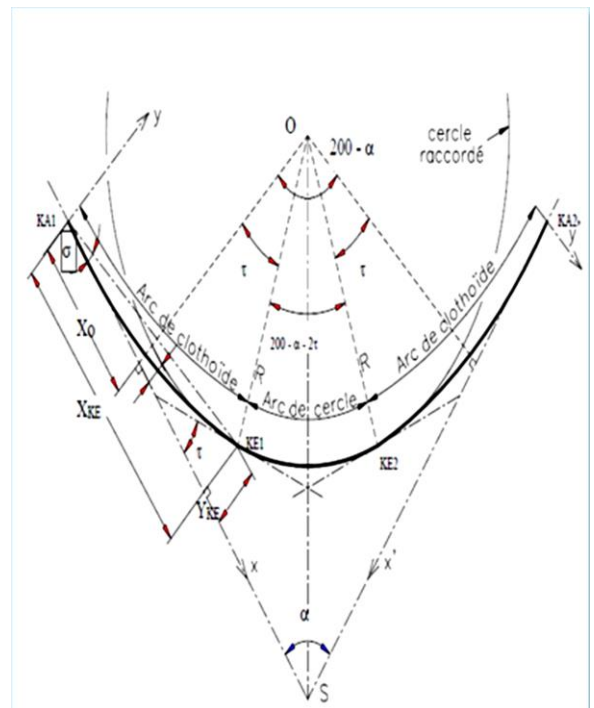


Figure IV.1 : Les éléments de la clothoïde.

S_L : Corde ($K_A - K_E$).

σ : Angle polaire.

IV-4- PROPRIETES DE LA CLOTHOÏDE :

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

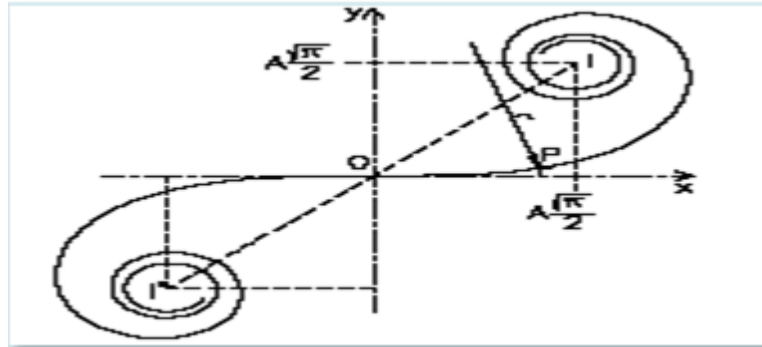


Figure IV.2 : La propriété de clothoïde.

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

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

IV-5- LES CONDITIONS DE RACCORDEMENT :

IV-5-1- Condition de confort optique :

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

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

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

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

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

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

IV-5-2- Condition de confort dynamique :

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

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

V_B : vitesse de base (Km/h).

R : le rayon (m).

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

IV-5-3- Condition de gauchissement :

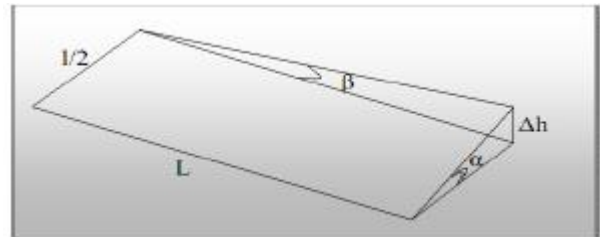
Elle se traduit par la limitation de la pente relative en profil en long du bord de la chaussée déversée.

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

L : Longueur de raccordement.

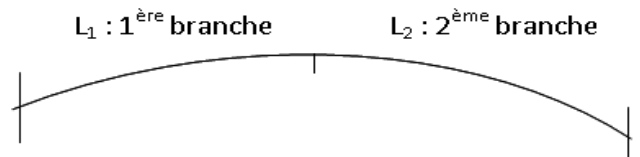
l : Largeur de la chaussée.

Δd : variation de dévers.



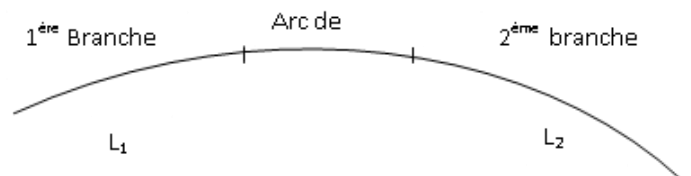
IV-5-4- La Vérification de non chevauchement :

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



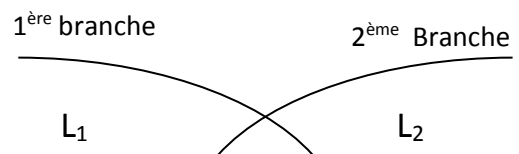
Clothoïde sans arc de cercle.

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



Clothoïde avec arc de cercle.

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



Clothoïde impossible.

IV-6- NOTION DE DEVERS :

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

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

IV-6 -1- Devers en alignement :

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

IV-6 -2- Devers en courbe :

En courbe permet de :

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

IV-6-3- Rayon de courbure :

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

Les valeurs préconisées pour les normes algériennes sont les suivantes :

Tableau IV.1 : Devers.

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

IV-6 -4- Calcul des devers :

1er cas :

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

2ème cas :

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

3ème cas :

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

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

4ème cas :

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

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

Les rayons compris entre **RHd** et **RHnd** sont au dévers 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 :

Paramètres	Symboles	Valeurs calculées	Valeurs selon B-40
Rayon horizontal minimal (m)	RHm (8 %)	219	220
Rayon horizontal normal (m)	RHN (6 %)	442	375
Rayon horizontal déversé (m)	RHd (3 %)	839	800
Rayon horizontal non déversé (m)	RHnd (-3 %)	1259	1200

- R2 dans le 2eme cas et 3eme cas : Le dévers associé « d » est celui de l'alignement droit.

Rayons Choisis	
R1	350
R2	250
R3	100
R4	300
R5	300
R6	200
R7	350

Devers associé	
d(R1)	11 %
d(R2)	11 %
d(R3)	11 %
d(R4)	11 %
d(R5)	11 %
d(R6)	11 %
d(R7)	11 %

Rayons Choisis	
R8	200
R9	200
R10	100
R11	250
R12	125
R13	250

Devers associé	
d(R8)	11 %
d(R9)	11 %
d(R10)	11 %
d(R11)	11 %
d(R12)	11 %
d(R13)	11 %

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

Exemple pour R=200 m :

a- Condition d'optique :

$$L \geq \sqrt{24 \times R \times \Delta R} \text{ Comme } R = 200 \text{ m} \leq 1500\text{m} \quad \Delta R = 1\text{m}$$

$$L \geq \sqrt{24 \times 200 \times 1} \quad L_1 \geq 69,28$$

b- Condition de gauchissement :

$$L_2 \geq L \cdot \Delta d \cdot V_r \text{ Avec : } \Delta d = df - di \Delta d = 8,5 - (-2,5) \Delta d = 11 \%$$

- $L = 7 \text{ m}$

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

$$L_2 \geq 7 \times 0,11 \times 80 \quad L_2 \geq 50,48\text{m}$$

c- Condition dynamique :

$$L_3 \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127.200} - 0,11 \right) \quad L_3 \geq 55,81\text{m}$$

$$L = \text{Max} (L_1, L_2, L_3) = 69,28\text{m}.$$

Tableau IV.2: Longueur de la clothoïde.

N° Virages		Conditions							
		Optique	gauchissement	dynamique	Non Chevauchement				
		L1	L2	L3	τ (g)	$\beta/2$ (gr)	Lmax (m)	L choisie (m)	Remarques
1	350	91,65	12,08	61,60	0,002	21,899	91,65	92	P.de che
2	250	77,46	32,56	61,60	0,002	25,460	77,46	77	P.de che
3	100	48,99	140,07	61,60	0,011	37,045	140,07	140	P.de che
4	300	84,85	20,61	61,60	0,002	12,680	84,85	85	P.de che
5	300	84,85	20,61	61,60	0,002	46,748	84,85	85	P.de che
6	200	69,28	50,48	61,60	0,003	45,539	69,28	69	P.de che
7	350	91,65	12,08	61,60	0,002	38,036	91,65	92	P.de che
8	200	69,28	50,48	61,60	0,003	37,917	69,28	69	P.de che
9	200	69,28	50,48	61,60	0,003	46,623	69,28	69	P.de che

10	100	48,99	140,07	61,60	0,011	24,472	140,07	140	P.de che
11	250	77,46	32,56	61,60	0,002	35,383	77,46	77	P.de che
12	125	54,77	80,34	61,60	0,005	51,457	80,34	80	P.de che
13	250	77,46	32,56	61,60	0,002	30,524	77,46	77	P.de che

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

Tableau IV.3: Paramètres de clothoïde.

Paramètre de la clothoïde		Virage 1	Virage 2	Virage 3
R	Rayon (m)	350	250	100
L	Longueur de la clothoïde (m)	92	77	140
$A = \sqrt{R.L}$	Paramètre de la clothoïde (m)	179,444	138,744	118,322
$\alpha = 200 - \beta$	Angle au sommet (gr)	156,202	149,081	125,911
$\beta = 200 - \alpha$	Angle au centre (gr)	43,798	50,919	74,089
$\tau = L/2.R$	Angle des tangentes (gr)	0,13	0,15	0,7
$\gamma = 200 - \alpha - 2 \tau$	Angle au centre Partie circulaire (gr)	43,538	50,619	72,684
$XKE = L - (L^3/40.R^2)$	Abscisse de l'extrémité de la clothoïde.	91,841	76,817	133,140
$YKE = L^2/6.R$	Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde.	4,030	3,952	32,667
$\Theta = \arctg(YKE/XKE)$	Angle Polaire (gr)	2,792	3,272	15,317
$L_{cercle} = \pi.R.\Theta/200$	Long, de la partie circulaire (m)	15,350	12,849	24,060
$SL = \sqrt{(XKE^2 + YKE^2)}$	Longueur de la corde KA-KE (m)	91,929	76,919	137,089
$Xo = XKE - R.\sin \tau$	Abscisse du centre (m)	91,126	76,228	132,004
$Yo = YKE + R.\cos \tau$	Ordonnées du centre (m)	354,029	253,951	132,661
$\Delta R = L^2/24.R$	Ripage (m)	1,008	0,988	8,167
$D_{cercle} = \pi R \gamma / 200$	Développée de cercle	239,363	198,780	114,172
$DT = 2L + D_{cercle}$	Développée totale (m)	423,363	352,780	394,172
$TK = YKE / \sin \tau$	Tangente longue (m)	1973,523	1677,282	2970,982
$TL = XKE - (YKE / \cos \tau)$	Tangente courte (m)	87,811	72,865	100,471
Bissectrice	Bissectrice (m)	371,780	271,417	119,670

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 est 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 identifiant les véhicules)

- Comptages manuels.

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

b) Comptages 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- DIFFERENTS TYPES DE TRAFIC :

V-4-1- Trafic normal :

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

V-4-2 Trafic dévie :

C'est le trafic attiré vers la nouvelle route aménagée et empruntant, sans investissement, d'autres routes 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 antérieurement tous s'effectuaient vers d'autres destinations.

V-4-4- Trafic total :

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

V-5- CALCUL DE LA CAPACITE :**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 :

TJMA₀: le trafic à l'année zéro.

TJMA_h : le trafic à l'année horizon.

τ: le taux de croissance annuel du trafic.

V-5-3- Calcul de trafic effectif :

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

Le trafic effectif est donné par la relation :

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

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

Z : pourcentage de poids lourds (%)

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

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

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

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

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

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

Avec :

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

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

Q : est exprimé en UVP/h

V-5-5- Débit horaire admissible :

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

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

Avec :

K1 : coefficient lié à l'environnement.

K2 : coefficient de réduction de capacité.

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

- **Valeur de K1 :**

Tableau V.2 : Coefficient « K1 ».

Environnement	E1	E2	E3
K ₁	0.75	0.85	0.90-0.95

- **Valeurs de K2:**

Tableau V.3: Coefficient « K2».

Env et CAT	Cat 1	Cat 2	Cat 3	Cat 4	Cat 5
E1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
E2	0.99	0.99	0.99	0.98	0.98
E3	0.91	0.95	0.97	0.96	0.96

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

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

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_{adm}** en prend le profil permettant d'avoir :

$$Q \leq Q_{adm}$$

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

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

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

Avec :

n: le nombre de voie.

Q_{adm} : Débit admissible par voie.

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

V-6- APPLICATION DE PROJET :

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

- Le trafic à l'année de compactage 2016 **TJMA₂₀₂₀ = 1100v/j**
- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté **$\tau = 5\%$**
- La vitesse de base sur le tracé **V_b = 80 km/h**
- Le pourcentage moyen de poids lourds **Z = 35%**
- **n = 5 ans (étude + réalisation)**
- L'année de mise en service sera en **2025**
- Environnement E2 – Catégorie **C3**
- La durée de vie estimée de **20 ans**
- Coefficient d'équivalence pour le poids lourd : **p=6**

V-6-1- Projection future de trafic :

L'année de mise en service (2020)

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

Avec :

T_n: trafic à l'horizon (année de mise en service 2025)

T₀ : trafic à l'année zéro (origine 2020)

$$TMJA_{2020} = 1100(1+0.05)^5 = 1404 \text{ v/j}$$

Donc :

$$T_1 = 1404 \text{ v/j}$$

Trafic à l'année horizon (2040) pour une durée de vie de 20 Ans :

$$TMJA_{2045} = 1100 (1+0,05)^{20} = 3725 \text{ v/j}$$

Donc :

$$T_{2045} = 3725 \text{ v/j}$$

V.6.2 Calcul du trafic effectif :

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

Avec :

- P : coefficient d'équivalence pris pour convertir le poids lourds pour une route à deux voies et un environnement E2 on a P=6.

- Z: le pourcentage de poids lourds est égal à 14 %.

$$T^{\text{eff}} = [(1-0.35) + (3 \times 0.35)] \times 3725 = 10244 \text{ uvp/j}$$

Donc :

$$T^{\text{eff}} = 10244 \text{ v/j}$$

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

➤ Année de mise en service :

$$Q (\text{uvp/h}) = 0,12 \times 10244 = 1229,28 \text{ uvp/j}$$

V-6-4- La capacité admissible :

$$Q_{\text{adm}} = K1 \times K2 \times C_{\text{th}}$$

Avec :

K1 : coefficient correcteur pris égale à 0.85 pour E2 et Cat 3.

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

C_{th} : capacité théorique pris égale à 1800 uvp/h pour route à 2 voies de 3,5 m

$$Q_{adm} = 0,85 \times 0,99 \times 1800$$

Donc : $Q_{adm} = 1514,7 \text{ v/j}$

V.6.5 : Le nombre des voies :

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

$$N = \left(\frac{2}{3} \right) \times \left(\frac{1229,28}{1514,7} \right) = 0,54 \text{ Donc : } N = 1 \text{ voies /sens}$$

Les résultats de calculs sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau V.5 : résultats du calcul de trafic

<i>TJMA</i> ₂₀₂₀ (v/j)	<i>TJMA</i> ₂₀₂₅ (v/j)	<i>TJMA</i> ₂₀₄₅ (v/j) <i>Teff</i>	<i>Teff</i> ₂₀₄₅ (uvp/j)	Q (uvp/j)	N
1100	1404	3725	10244	1229	1

V-7- CONCLUSION :

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

- Une Chaussée bidirectionnelle
- Le nombre de la voie : 2 voies
- La largeur de la chaussée : $2 \times 3,50 = 7,00\text{m}$
- La largeur de l'accotement : 2.50 m
- Plateforme : 12.00 m

Chapitre VI
Paramètres Cinématiques

VI-1- DEFINITION :

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

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.

$$d_0 = 0.04 \times \frac{V_r^2}{g(fr_1 \pm i)}$$

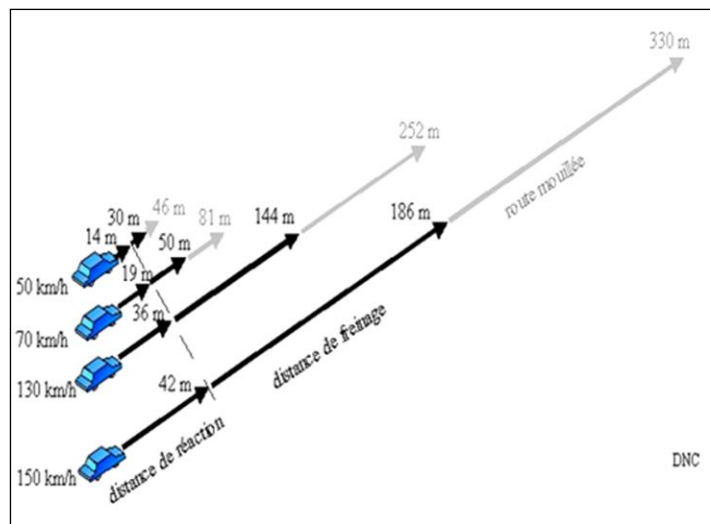


Figure VI.1.Distance de freinage.

Avec :

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

i :déclivité.

f_{r1} : coefficient de frottement longitudinal qui dépend de la vitesse V_r .

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

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

Pour notre projet on a :

$$\left[\begin{array}{l} \text{Catégorie 3} \\ V_r=80\text{km/h} \end{array} \right. \quad fl=0,43$$

❖ **En alignement droit :**

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

❖ **En rampe :**

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

❖ **En pente :**

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

VI-2-1 Application :

❖ **En alignement droit : i = 0;**

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0,43)} \longrightarrow d_0=59\text{m}$$

❖ **En Pente avec: i=-3,393 %**

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0,43-0,03393)} \longrightarrow d_0=65\text{m}$$

❖ **En Rampe avec : i = 0,901%**

$$d_0 = 0,04 \times \frac{V_r^2}{g(fl \pm i)} = 0,04 \times \frac{80^2}{10(0,43+0,00901)} \longrightarrow d_0=58\text{m}$$

VI-3- TEMPS DE PERCEPTION ET DE REACTION :

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

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

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

❖ Le freinage.

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

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

- **Dans une attention concentrée :**

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

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

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

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

$$d_1 = v \times t \text{ Avec } V = 80 \text{ Km/h} = 22 \text{ m/s}$$

VI-4- DISTANCES D'ARRÊT:

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

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

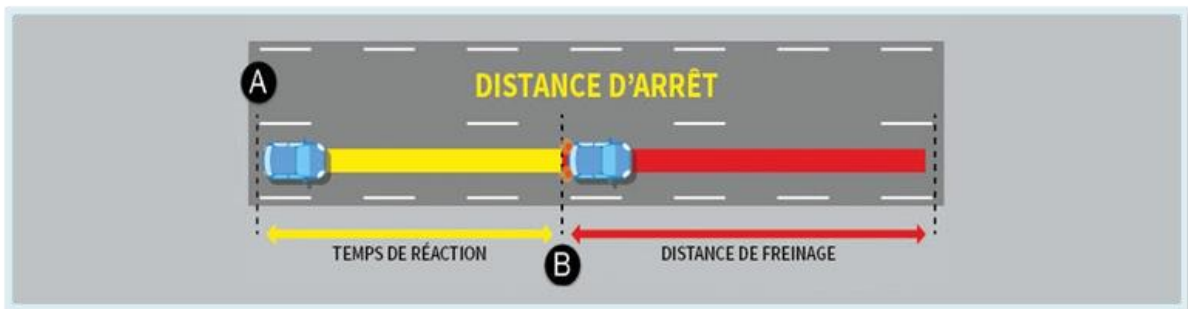


Figure VI.2: Temps de perception-réaction.

a-En alignement droit :

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

b-En courbe :

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

$$\text{Si } \left\{ \begin{array}{ll} t = 1.8 \text{ s} : & d = 1.25 \times d_0 + 0.50 \times Vr \\ t = 2 \text{ s} : & d = 1.25 \times d_0 + 0.55 \times Vr \end{array} \right.$$

VI.4.1 Application

a-En alignement droit :

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

❖ En palier avec : $i=0$

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

❖ En pente avec : $i=-3,393\%$:

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

❖ En Rampe avec : $i = 0,901\%$:

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

b- En courbe:

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

❖ En palier : $i = 0$:

$$d = (1,25 \times 59) + (0.55 \times 80) = 118\text{m}$$

❖ En pente avec $i = -3,393\%$:

$$d = (1,25 \times 65) + (0.55 \times 80) = 117 \text{ m}$$

❖ En rampe avec : $i = 0,901\%$:

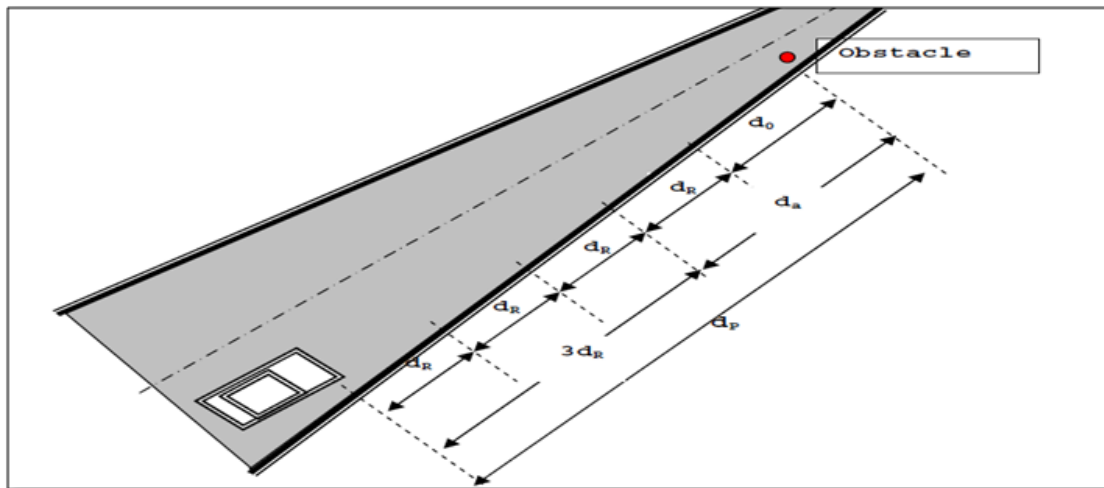
$$d = (1,25 \times 58) + (0.55 \times 80) = 117\text{m}$$

VI-5- DISTANCE DE PERCEPTION :

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

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

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



FigureVI.3 : Distance de perception.

VI-5-1- Application :

a- En alignement droit :

En palier: $dp = 103 + (6/3,6) \times 80 = 236 \text{ m}$

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

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

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

En rampe: $dp = 90 + (6/3,6) \times 80 = 223 \text{ m}$

En pente: $dp = 108 + (6/3,6) \times 80 = 241 \text{ m}$

En rampe: $dp = 101 + (6/3,6) \times 80 = 234 \text{ m}$

En pente: $dp = 108 + (6/3,6) \times 80 = 241 \text{ m}$

En pente: $dp = 105 + (6/3,6) \times 80 = 238 \text{ m}$

En rampe: $dp = 97 + (6/3,6) \times 80 = 230 \text{ m}$

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

En pente: $dp = 104 + (6/3,6) \times 80 = 237 \text{ m}$

En rampe: $dp = 100 + (6/3,6) \times 80 = 233 \text{ m}$

b- En courbe :

En palier: $dp = 118 + (6/3,6) \times 80 = 251 \text{ m}$

En pente: $dp = 125 + (6/3,6) \times 80 = 258 \text{ m}$

En rampe: $dp = 117 + (6/3,6) \times 80 = 250 \text{ m}$

En pente: $dp = 130 + (6/3,6) \times 80 = 263 \text{ m}$

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

En pente: $dp = 124 + (6/3,6) \times 80 = 257 \text{ m}$

En rampe: $dp = 115 + (6/3,6) \times 80 = 248\text{m}$

En pente: $dp = 124 + (6/3,6) \times 80 = 257\text{m}$

En pente: $dp = 120 + (6/3,6) \times 80 = 253\text{m}$

En rampe: $dp = 110 + (6/3,6) \times 80 = 243\text{m}$

En pente: $dp = 125 + (6/3,6) \times 80 = 258\text{m}$

En pente: $dp = 119 + (6/3,6) \times 80 = 252\text{m}$

En rampe: $dp = 114 + (6/3,6) \times 80 = 247\text{m}$

VI-6- ESPACEMENT ENTRE DEUX VEHICULES :

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

La distance de freinage ne change pas et reste d_0 , mais par contre la distance parcourue pendant le temps de perception et de réaction du second véhicule au 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 :

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

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

Avec :

V : la vitesse en km/h

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

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

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

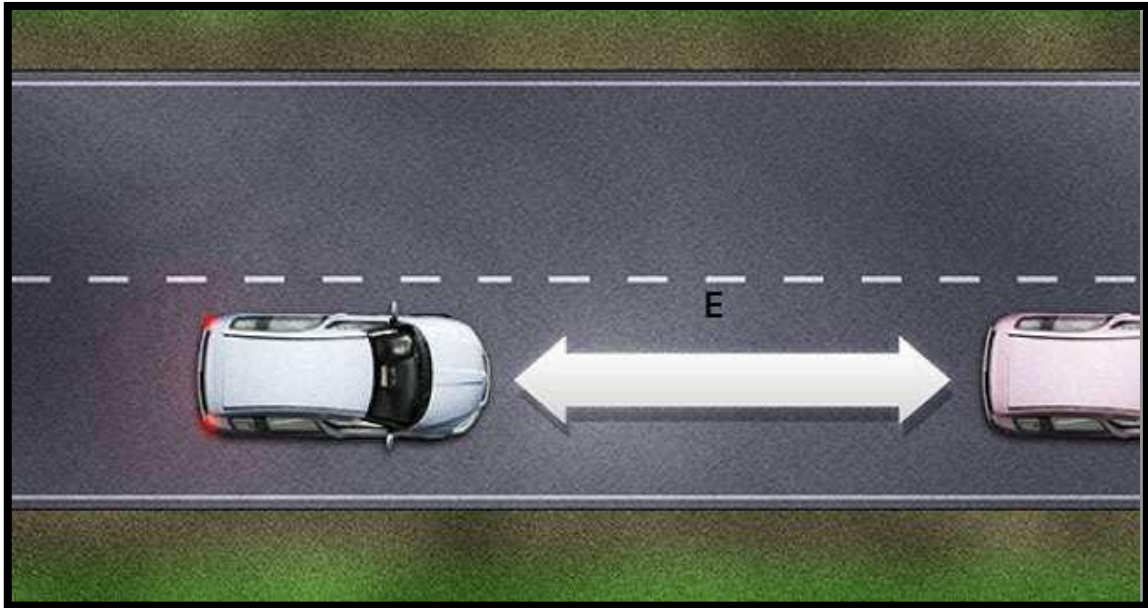


Figure VI.4 : L'espace entre deux véhicules.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

dvdm = 320m

dvdN = 480 m

dmd = 200m

	Distance de freinage	Distance d'arrêt d1		Distance de perception dp	
	d ₀	alignement droit	courbe	alignement droit	courbe
En palier i=0%	59	103	118	236	251
En pente i= -3,393%	65	109	125	242	258
En Rampe i = 0,901 %	58	102	117	235	250
En pente i = -6,034 %	69	113	130	246	263
En rampe i= 12,101%	46	90	102	223	235
En pente i= -3,273 %	64	108	124	241	257
En rampe i= 1,916%	57	101	115	234	248
En pente i = -3,051%	64	108	124	241	257
En pente i = -1,079 %	61	105	120	238	253
En rampe i = 5,313 %	53	97	110	230	243
En pente i = - 3,674 %	65	109	125	242	258
En pente i = -0,527 %	60	104	119	237	252
En rampe i= 3,018%	56	100	114	233	247

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 CHAUSSEE :

VII-2-1 Définition :

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

A la suite, la chaussée est appelée à :

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

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

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

VII-2-2 Différents types de chaussées :

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

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

VII-2-2-1- Chaussée souple :

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

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

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

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

a)- Couche de roulement (surface):

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

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

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

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

b)- Couche de base:

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

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

c)- Couche de fondation:

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

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

d)- Couche de forme:

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

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

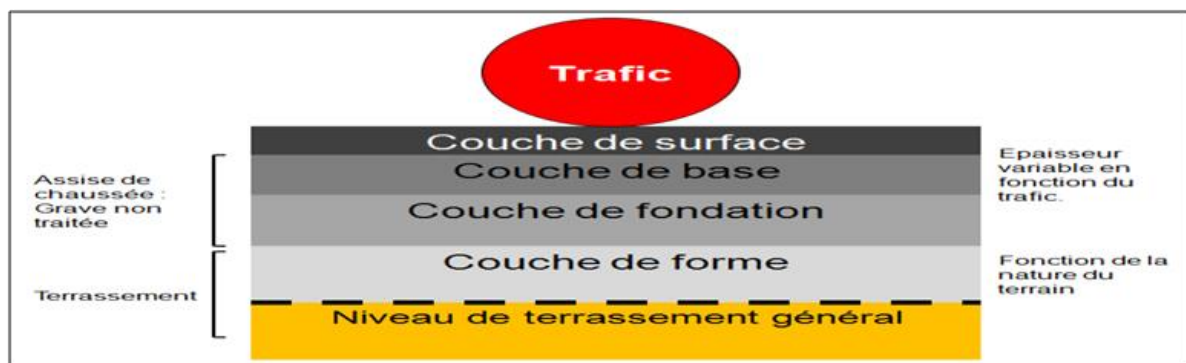


Figure VII.1 : Structure type d'une chaussée souple.

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.

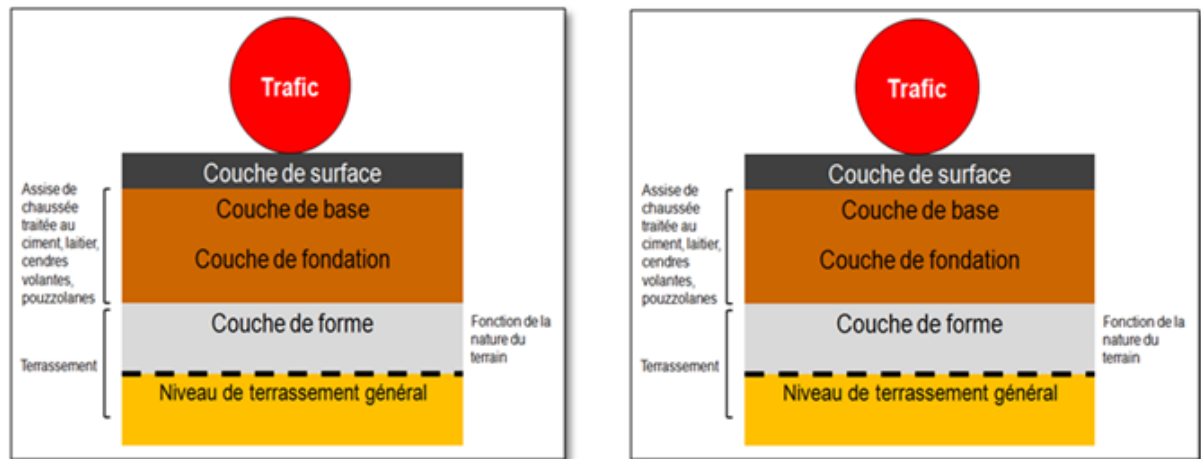


Figure VII.2 : Structure type d'une chaussée semi-rigide.

➤ 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 stabilisée mécaniquement : elle peut être traitée aux liants hydrocarbonés ou aux liants hydrauliques.
- Ce type de chaussée est pratiquement inexistant en Algérie (sauf pour les chaussées aéronautiques).



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

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

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

VII-3-1 - Trafic :

Le trafic de dimensionnement est essentiellement le poids lourds (véhicules supérieur a 3.5 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.

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

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

Détermination de la classe du sol:

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

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

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

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

VII-3-4 - Matériaux:

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

VII-4- METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

Nous avons deux grandes familles de méthodes :

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

Cette dernière contient elle-même les méthodes suivantes :

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

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

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

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

Avec:

e: épaisseur équivalente

I: indice CBR (sol support)

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

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

Log: logarithme décimal

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

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

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 :

Tableau VII.3: Coefficient d'équivalence.

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobé 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

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 2020 : **TJMA** 2022 = **1100 v/j**.

- Le taux d'accroissement annuel du trafic noté $\tau = 5 \%$
- Le pourcentage moyen de poids lourds $Z = 35 \%$
- La durée de vie estimée de 20 ans
- ICBR = 9 (ce sol appartient à la classe (S2))

VII-5- 2- Répartition de trafic :

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

$$\text{TPL}_{2022} = \text{TMJA } 2022 * \% \text{ PL}$$

$$\text{TPL}_{2022} = 1100 \times 0.35 = 385 \text{ V/j}$$

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

$$\text{TPL}_{2042} = \text{TPL}_{2022} \times (1 + \tau)^{20}$$

$$\text{TPL}_{2042} = 385 \times (1 + 0.04)^{20}$$

$$\text{TPL}_{2042} = 1022 \text{ VPL/j}$$

VII-5- 3- Calcul d'épaisseur:

$$e = \frac{100 + \sqrt{6.5} (75 + 50 \log \frac{1022}{10})}{9 + 5}$$

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

VII-5- 4- Epaisseur équivalente :

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

e_1 : épaisseur réelle de la couche de surface.

- e_2 : épaisseur réelle de la couche de base.
- e_3 : épaisseur réelle de la couche de fondation
- e_4 : épaisseur réelle de la couche d'assise (support)

On a proposé les matériaux suivants de chaque couche :

- ✓ Couche de roulement en béton bitumineux à module élevé (BB) : $a_1 \times e_1 = 2 \times 5 = 10 \text{ cm}$
- ✓ Couche de base en Grave bitumineux (GB) : $a_2 \times e_2 = 8 \times 1,7 = 13,6$
- ✓ Couche de fondation en TUF: $a_3 \times e_3 = 26 \times 0,6 = 15,6 \text{ cm}$
- ✓ Après la vérification, la structure proposée est comme suit :

Tableau VII.4: épaisseurs du corps de chaussée

Les couches	Matériaux utilisés	Epaisseur réelle (cm)	Epaisseur équivalente (cm)
Couche de roulement	BB	5	10
Couche de base	GB	8	13,6
Couche de fondation	TUF	26	15,6
	Somme	39	39.2

Notre structure comporte : **5 BB + 8 GB + 26 TUF**

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

Couche de roulement	5 BB
Couche de base	8 GB
Couche de fondation	26 TUF

Figure VII.4 : La structure de chaussée.

Chapitre VIII

Profile En Travers

VIII-1- DEFINITION:

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

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

VIII-2- TYPES DE PROFIL EN TRAVERS:

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

VIII-2-1- profil en travers type :

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

VIII-2-2- profil en travers courants :

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

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

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

a) - La chaussée :

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

b) - La largeur roulable:

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

c) - La plate forme :

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

d) - Assiette :

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

e) - L'emprise :

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

f) - Les accotements :

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

Ils comportent généralement les éléments suivants :

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

g) - Le terre-plein central :

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

h) - Le fossé :

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

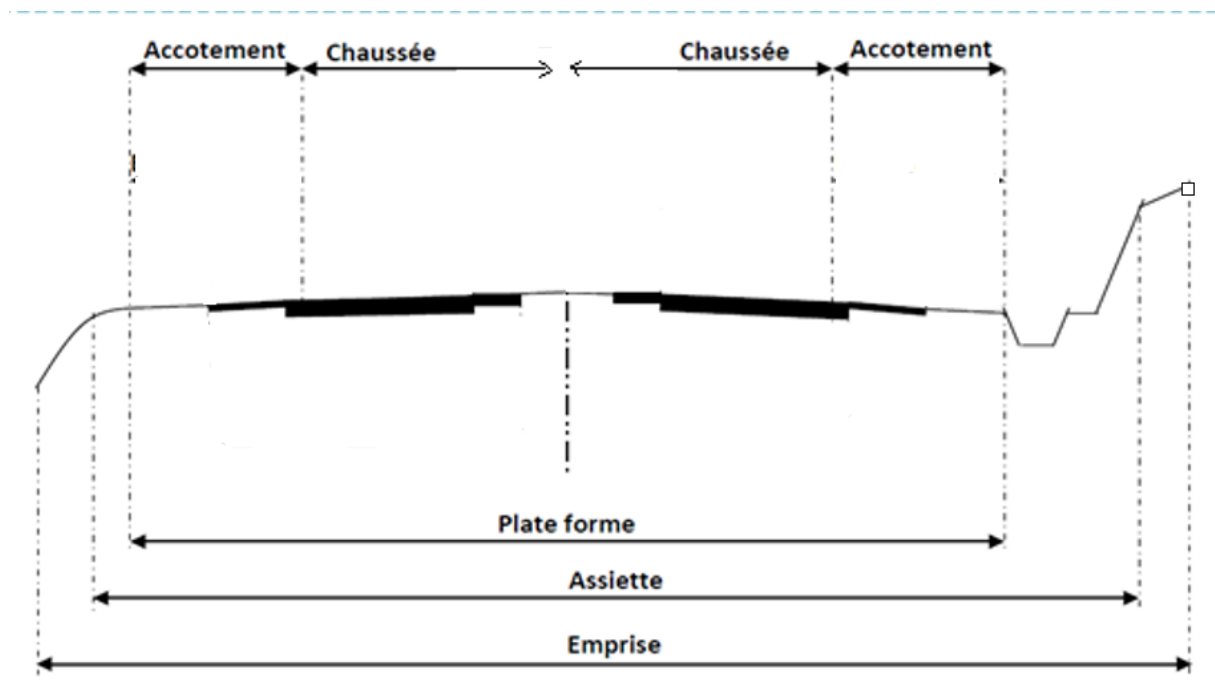


Figure VIII.1: Les éléments constitutifs du profil en travers.

VIII-4- Application au projet :

Après l'étude du trafic, le profil en travers type retenu pour notre route sera composé une Chaussée bidirectionnelle à deux voies (une voie par sens).

- Les éléments du profil en travers type sont comme suit :

- **Chaussée** : $3.5 \times 2 = 7$ m
- **Accotement** : $2.5 \times 2 = 5$ m.
- **Plate-forme** : 12 m.

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, S1, S2 et S0 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.

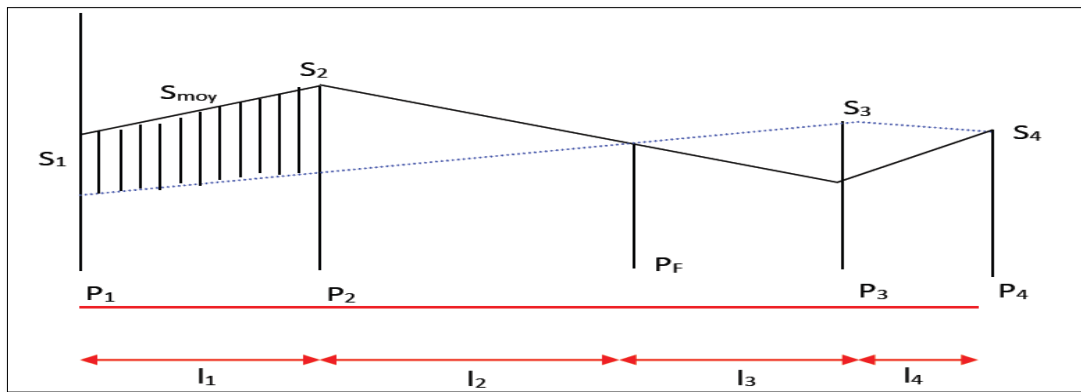


Figure IX.1: Schéma représentant la surface entre profil.

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 **Smoy** et $\frac{S_1 + S_2}{2}$

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

Donc les volumes seront :

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

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

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

En additionnant 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.

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 pas le volume qu'ils occupaient précédemment dans la majorité des cas.

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

IX-4-3- Moment de transport :

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

Avec :

v : volume transporté

d : distance de transport

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

IX-4-4- Distance moyenne de transport :

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

IX-4-5- Epure de LALANNE :

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

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

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

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

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

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

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

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

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

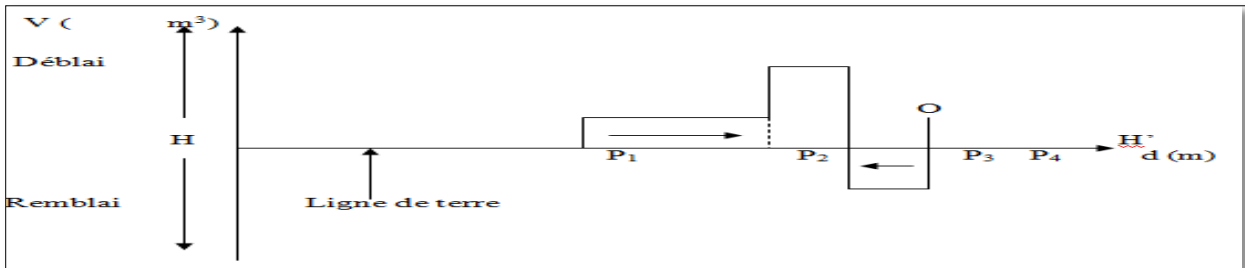


Figure IX.2:L'épure de LALANNE.

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

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

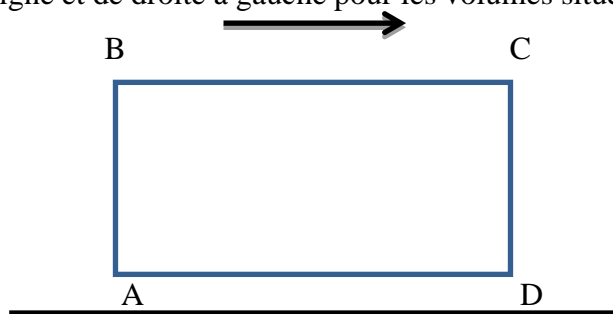


Figure IX.3 : Sens de transport.

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

IX-5-Calculs des cubatures :

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

Tableau IX.1: cubatures détaillées

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Déblais					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	3,86	1,64	5,51	68,816	68,816	0,00	0,23	0,23	2,827	2,827
P2	25,000	25,000	2,67	2,03	4,70	117,485	186,302	0,00	0,08	0,08	1,893	4,720
P3	50,000	25,000	1,71	0,63	2,34	58,518	244,820	0,05	0,42	0,47	11,672	16,392
P4	75,000	25,000	1,18	0,33	1,51	37,670	282,490	0,06	0,73	0,79	19,782	36,174
P5	100,000	19,343	0,00	0,00	0,00	0,025	282,515	0,72	2,69	3,41	65,938	102,111
P6	113,687	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	282,515	4,03	7,71	11,74	146,738	248,849
P7	125,000	18,157	0,00	0,00	0,00	0,000	282,515	6,92	12,43	19,35	351,292	600,141
P8	150,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	282,515	8,21	18,03	26,25	656,182	1256,323
P9	175,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	282,515	7,89	11,39	19,28	481,958	1738,281
P10	200,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	282,515	4,97	6,66	11,63	290,843	2029,125
P11	225,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	282,515	5,55	7,91	13,46	336,486	2365,610
P12	250,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	282,515	6,86	7,57	14,43	360,822	2726,432
P13	275,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	282,515	5,11	7,65	12,76	318,954	3045,386
P14	300,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	282,515	4,47	7,32	11,78	294,610	3339,996
P15	325,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	282,515	3,06	4,55	7,61	190,245	3530,240
P16	350,000	14,738	0,00	0,00	0,00	0,000	282,515	2,17	3,45	5,63	82,928	3613,168
P17	354,476	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	282,515	2,01	3,45	5,46	68,281	3681,449
P18	375,000	22,762	0,24	0,00	0,24	5,454	287,969	1,01	3,48	4,48	102,076	3783,525
P19	400,000	25,000	1,72	0,13	1,85	46,223	334,192	0,01	0,62	0,62	15,599	3799,125
P20	425,000	25,000	2,05	0,97	3,02	75,452	409,644	0,00	0,29	0,29	7,202	3806,326
P21	450,000	18,739	2,69	0,95	3,64	68,213	477,857	0,00	0,32	0,32	5,994	3812,320
P22	462,478	12,500	5,14	2,94	8,08	101,047	578,904	0,00	0,02	0,02	0,229	3812,550
P23	475,000	18,761	8,19	4,91	13,10	245,836	824,740	0,00	0,00	0,00	0,000	3812,550
P24	500,000	25,000	8,87	5,76	14,63	365,756	1190,496	0,00	0,00	0,00	0,000	3812,550
P25	525,000	25,000	5,98	3,81	9,79	244,683	1435,179	0,00	0,00	0,00	0,000	3812,550
P26	550,000	25,000	0,61	0,00	0,61	15,249	1450,428	0,12	1,92	2,04	51,069	3863,619
P27	575,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	5,36	7,17	12,53	313,347	4176,966
P28	600,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	6,78	10,67	17,45	436,219	4613,184
P29	625,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	4,10	7,60	11,70	292,497	4905,681
P30	650,000	18,719	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	5,00	6,85	11,84	221,716	5127,397
P31	662,438	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	3,85	4,84	8,69	108,603	5236,000
P32	675,000	18,781	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	2,52	3,20	5,72	107,466	5343,466
P33	700,000	13,205	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	3,03	4,83	7,86	103,729	5447,195
P34	701,410	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	3,35	5,21	8,56	106,954	5554,149
P35	725,000	24,295	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	13,33	14,37	27,70	672,980	6227,129
P36	750,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	13,59	6,75	20,34	508,470	6735,599
P37	775,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	0,00	0,00	0,00	0,000	6735,599
P38	800,000	21,395	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	0,00	0,00	0,00	0,000	6735,599
P39	817,789	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	0,00	0,00	0,00	0,000	6735,599
P40	825,000	16,105	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	4,86	0,00	4,86	78,288	6813,887

P41	850,000	21,416	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	6,18	1,55	7,74	165,704	6979,590
P42	867,832	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	6,94	3,50	10,45	130,573	7110,163
P43	875,000	16,084	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	7,20	4,28	11,48	184,584	7294,747
P44	900,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	5,44	7,01	12,45	311,243	7605,990
P45	925,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	5,21	7,66	12,86	321,589	7927,579
P46	950,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	7,46	9,23	16,70	417,391	8344,970
P47	975,000	18,670	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	8,08	11,00	19,08	356,315	8701,285
P48	987,340	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	10,90	12,96	23,86	298,288	8999,573
P49	1000,000	18,830	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	10,76	13,60	24,37	458,827	9458,400
P50	1025,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	6,23	8,47	14,70	367,432	9825,833
P51	1050,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	4,81	6,78	11,59	289,675	10115,507
P52	1075,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	6,56	8,66	15,22	380,528	10496,036
P53	1100,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	6,32	8,72	15,04	376,014	10872,049
P54	1125,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	7,82	9,78	17,60	440,065	11312,114
P55	1150,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	5,95	8,44	14,38	359,558	11671,673
P56	1175,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	4,50	8,11	12,62	315,405	11987,077
P57	1200,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	6,36	8,31	14,68	366,901	12353,978
P58	1225,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	7,01	8,88	15,89	397,133	12751,111
P59	1250,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	4,82	7,09	11,90	297,624	13048,735
P60	1275,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	3,91	5,27	9,18	229,406	13278,141
P61	1300,000	22,796	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	3,03	4,12	7,15	162,979	13441,120
P62	1320,592	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	0,91	1,75	2,66	33,204	13474,323
P63	1325,000	14,704	0,00	0,00	0,00	0,000	1450,428	0,78	1,45	2,22	32,677	13507,000
P64	1350,000	25,000	0,99	0,39	1,38	34,561	1484,989	0,11	0,38	0,48	12,107	13519,107
P65	1375,000	25,000	3,16	2,57	5,72	143,028	1628,017	0,00	0,00	0,00	0,102	13519,209
P66	1400,000	25,000	7,11	4,85	11,96	299,046	1927,063	0,00	0,00	0,00	0,000	13519,209
P67	1425,000	25,000	11,44	6,70	18,13	453,295	2380,358	0,00	0,00	0,00	0,000	13519,209
P68	1450,000	25,000	3,64	1,50	5,14	128,437	2508,795	0,00	0,24	0,24	5,893	13525,102
P69	1475,000	25,000	0,63	0,43	1,06	26,436	2535,231	0,21	0,32	0,53	13,339	13538,441
P70	1500,000	25,000	1,02	0,84	1,86	46,599	2581,830	0,14	0,24	0,38	9,598	13548,039
P71	1525,000	25,000	2,06	1,68	3,74	93,548	2675,378	0,02	0,10	0,11	2,819	13550,858
P72	1550,000	25,000	0,52	0,09	0,60	15,120	2690,498	0,20	0,43	0,63	15,821	13566,679
P73	1575,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	2690,498	3,99	8,63	12,62	315,587	13882,267
P74	1600,000	25,000	6,25	2,09	8,34	208,501	2898,999	0,00	0,16	0,16	4,017	13886,284
P75	1625,000	25,000	13,18	8,40	21,58	539,487	3438,487	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,284
P76	1650,000	25,000	9,28	5,96	15,24	380,882	3819,369	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,284
P77	1675,000	25,000	7,02	4,80	11,82	295,402	4114,770	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,284
P78	1700,000	25,000	9,02	6,65	15,67	391,677	4506,447	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,284
P79	1725,000	25,000	10,71	8,07	18,77	469,306	4975,753	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,284
P80	1750,000	18,089	11,86	9,01	20,87	377,526	5353,279	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,284
P81	1761,178	12,500	11,98	9,14	21,12	264,016	5617,295	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,284
P82	1775,000	19,411	12,00	9,16	21,16	410,825	6028,119	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,284
P83	1800,000	25,000	11,87	9,13	21,01	525,137	6553,257	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,284
P84	1825,000	25,000	11,24	9,27	20,51	512,757	7066,014	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,284
P85	1850,000	25,000	10,61	10,02	20,63	515,787	7581,801	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,284
P86	1875,000	25,000	10,75	10,68	21,43	535,659	8117,460	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,284
P87	1900,000	25,000	10,99	10,99	21,98	549,609	8667,069	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,284
P88	1925,000	25,000	11,23	10,07	21,30	532,475	9199,544	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,284
P89	1950,000	25,000	10,88	9,12	20,01	500,174	9699,719	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,284
P90	1975,000	25,000	8,24	6,74	14,97	374,341	10074,060	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,284
P91	2000,000	25,000	6,30	5,21	11,51	287,726	10361,786	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,284
P92	2025,000	14,864	4,49	3,59	8,08	120,159	10481,945	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,284

P93	2029,728	12,500	4,17	3,31	7,48	93,524	10575,469	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,284
P94	2050,000	22,636	3,35	2,62	5,98	135,261	10710,731	0,00	0,01	0,01	0,226	13886,510
P95	2075,000	25,000	3,27	2,53	5,80	144,935	10855,665	0,00	0,01	0,01	0,366	13886,876
P96	2100,000	25,000	3,89	2,98	6,87	171,744	11027,410	0,00	0,00	0,00	0,042	13886,918
P97	2125,000	25,000	5,88	4,72	10,60	264,993	11292,403	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,918
P98	2150,000	25,000	8,26	6,66	14,92	372,937	11665,340	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,918
P99	2175,000	25,000	10,54	8,51	19,05	476,298	12141,638	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,918
P100	2200,000	25,000	11,43	9,37	20,80	520,009	12661,647	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,918
P101	2225,000	25,000	10,99	8,09	19,08	477,070	13138,717	0,00	0,00	0,00	0,000	13886,918
P102	2250,000	25,000	5,15	2,40	7,55	188,768	13327,486	0,00	0,14	0,14	3,489	13890,407
P103	2275,000	25,000	3,30	0,76	4,06	101,447	13428,933	0,00	0,64	0,64	16,058	13906,465
P104	2300,000	20,430	1,56	0,00	1,57	31,975	13460,908	0,00	2,46	2,46	50,271	13956,736
P105	2315,859	12,500	1,99	0,11	2,10	26,195	13487,103	0,00	1,49	1,49	18,595	13975,331
P106	2325,000	17,070	2,81	0,48	3,29	56,130	13543,233	0,00	0,83	0,83	14,100	13989,432
P107	2350,000	25,000	6,26	3,03	9,29	232,247	13775,480	0,00	0,02	0,02	0,564	13989,996
P108	2375,000	25,000	4,54	4,37	8,91	222,731	13998,212	0,00	0,00	0,00	0,000	13989,996
P109	2400,000	25,000	3,15	3,40	6,55	163,789	14162,001	0,00	0,00	0,00	0,000	13989,996
P110	2425,000	25,000	1,39	1,69	3,08	77,019	14239,020	0,12	0,04	0,16	4,104	13994,100
P111	2450,000	25,000	0,15	0,60	0,75	18,820	14257,840	0,41	0,19	0,60	15,012	14009,113
P112	2475,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14257,840	2,23	1,41	3,64	90,968	14100,080
P113	2500,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14257,840	4,38	3,68	8,05	201,296	14301,377
P114	2525,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14257,840	6,89	14,23	21,12	527,953	14829,330
P115	2550,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14257,840	14,74	29,63	44,38	1109,413	15938,743
P116	2575,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14257,840	27,20	32,23	59,43	1485,710	17424,453
P117	2600,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14257,840	32,14	29,64	61,79	1544,693	18969,146
P118	2625,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14257,840	33,25	30,41	63,66	1591,589	20560,735
P119	2650,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14257,840	34,22	34,10	68,32	1708,005	22268,740
P120	2675,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14257,840	30,11	28,87	58,98	1474,556	23743,297
P121	2700,000	17,142	0,00	0,00	0,00	0,000	14257,840	27,03	28,21	55,24	946,983	24690,280
P122	2709,284	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	14257,840	25,90	26,72	52,61	657,644	25347,924
P123	2725,000	20,358	0,00	0,00	0,00	0,000	14257,840	24,23	27,52	51,74	1053,343	26401,267
P124	2750,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14257,840	22,16	22,90	45,06	1126,382	27527,650
P125	2775,000	25,000	0,00	1,01	1,01	25,151	14282,991	16,45	20,64	37,09	927,183	28454,833
P126	2800,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14282,991	14,40	15,97	30,37	759,278	29214,110
P127	2825,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14282,991	9,60	10,97	20,57	514,273	29728,383
P128	2850,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14282,991	5,64	8,93	14,57	364,356	30092,740
P129	2875,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14282,991	6,50	9,77	16,27	406,820	30499,560
P130	2900,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14282,991	8,04	8,29	16,33	408,320	30907,880
P131	2925,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14282,991	5,94	5,64	11,58	289,403	31197,284
P132	2950,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	14282,991	2,90	3,11	6,01	150,249	31347,533
P133	2975,000	25,000	2,03	1,03	3,07	76,690	14359,682	0,00	0,28	0,28	6,937	31354,470
P134	3000,000	25,000	4,59	3,31	7,90	197,487	14557,169	0,00	0,00	0,00	0,000	31354,470
P135	3025,000	25,000	5,86	2,28	8,15	203,726	14760,894	0,00	0,02	0,02	0,462	31354,932
P136	3050,000	25,000	5,31	1,65	6,97	174,171	14935,065	0,00	0,09	0,09	2,311	31357,243
P137	3075,000	25,000	15,07	10,37	25,44	635,875	15570,941	0,00	0,00	0,00	0,000	31357,243
P138	3100,000	25,000	4,19	3,70	7,89	197,194	15768,135	0,00	0,00	0,00	0,000	31357,243
P139	3125,000	13,758	1,90	1,49	3,39	46,703	15814,838	0,01	0,11	0,13	1,742	31358,985
P140	3127,516	12,500	1,76	1,32	3,08	38,512	15853,350	0,02	0,14	0,16	2,034	31361,019
P141	3150,000	17,992	0,54	0,55	1,10	19,737	15873,088	0,23	0,24	0,47	8,522	31369,541
P142	3163,501	12,500	0,17	0,21	0,39	4,846	15877,934	0,34	0,32	0,66	8,277	31377,818
P143	3175,000	18,250	0,09	0,23	0,31	5,739	15883,673	0,38	0,32	0,70	12,736	31390,553
P144	3200,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	15883,673	1,00	0,91	1,92	47,991	31438,544

P145	3225,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	15883,673	1,20	2,09	3,29	82,360	31520,904
P146	3250,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	15883,673	2,74	4,32	7,06	176,605	31697,510
P147	3275,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	15883,673	4,28	0,00	4,28	106,997	31804,507
P148	3300,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	15883,673	2,36	0,00	2,36	58,904	31863,411
P149	3325,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	15883,673	3,17	0,00	3,17	79,370	31942,782
P150	3350,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	15883,673	2,23	3,00	5,23	130,806	32073,588
P151	3375,000	25,000	0,19	0,00	0,19	4,766	15888,438	0,33	1,38	1,71	42,715	32116,303
P152	3400,000	13,369	0,63	0,66	1,29	17,298	15905,737	0,25	0,30	0,54	7,270	32123,573
P153	3401,739	12,500	0,68	0,76	1,45	18,086	15923,822	0,29	0,27	0,56	6,973	32130,546
P154	3425,000	24,131	0,65	1,01	1,66	40,051	15963,873	0,27	0,15	0,43	10,274	32140,820
P155	3450,000	25,000	420,45	0,52	420,98	10524,377	26488,250	0,01	0,29	0,30	7,424	32148,243
P156	3475,000	25,000	2136,40	0,16	2136,56	53414,113	79902,363	0,00	2,29	2,29	57,320	32205,563
P157	3500,000	25,000	0,72	0,12	0,85	21,142	79923,505	0,15	0,45	0,60	14,997	32220,560
P158	3525,000	25,000	1,97	0,39	2,36	59,037	79982,542	0,00	0,61	0,61	15,207	32235,768
P159	3550,000	25,000	2,02	1,06	3,08	76,974	80059,516	0,00	0,27	0,27	6,715	32242,482
P160	3575,000	14,219	3,93	2,69	6,63	94,226	80153,742	0,00	0,02	0,02	0,252	32242,734
P161	3578,438	12,500	4,31	3,01	7,32	91,456	80245,198	0,00	0,00	0,00	0,058	32242,792
P162	3600,000	23,281	0,93	1,15	2,08	48,381	80293,579	0,20	0,12	0,31	7,322	32250,114
P163	3625,000	25,000	3,35	2,45	5,80	144,992	80438,571	0,00	0,02	0,02	0,596	32250,711
P164	3650,000	25,000	3,05	2,13	5,18	129,418	80567,989	0,00	0,05	0,05	1,223	32251,933
P165	3675,000	25,000	2,21	2,10	4,30	107,545	80675,534	0,01	0,02	0,03	0,718	32252,651
P166	3700,000	25,000	3,08	2,70	5,78	144,537	80820,071	0,00	0,00	0,00	0,068	32252,719
P167	3725,000	25,000	4,11	3,68	7,80	194,976	81015,047	0,00	0,00	0,00	0,000	32252,719
P168	3750,000	25,000	4,85	4,38	9,23	230,719	81245,766	0,00	0,00	0,00	0,000	32252,719
P169	3775,000	25,000	13,09	9,12	22,21	555,183	81800,949	0,00	0,00	0,00	0,000	32252,719
P170	3800,000	25,000	23,52	17,29	40,80	1020,115	82821,064	0,00	0,00	0,00	0,000	32252,719
P171	3825,000	25,000	23,43	16,35	39,78	994,620	83815,683	0,00	0,00	0,00	0,000	32252,719
P172	3850,000	23,189	14,86	10,85	25,71	596,260	84411,943	0,00	0,00	0,00	0,000	32252,719
P173	3871,378	12,500	16,43	10,04	26,47	330,869	84742,812	0,00	0,00	0,00	0,000	32252,719
P174	3875,000	7,180	16,50	8,52	25,02	179,658	84922,470	0,00	0,00	0,00	0,000	32252,719
P175	3885,738	12,500	4,59	4,64	9,23	115,334	85037,804	0,00	0,00	0,00	0,000	32252,719
P176	3900,000	19,631	3,26	1,42	4,68	91,882	85129,685	0,00	0,30	0,30	5,944	32258,662
P177	3925,000	25,000	0,00	0,04	0,04	1,116	85130,802	1,00	0,57	1,56	39,111	32297,773
P178	3950,000	18,809	3,27	4,05	7,31	137,567	85268,369	0,00	0,00	0,00	0,054	32297,827
P179	3962,618	12,500	3,37	4,01	7,38	92,312	85360,680	0,00	0,00	0,00	0,000	32297,827
P180	3975,000	18,691	3,23	3,85	7,08	132,321	85493,001	0,00	0,00	0,00	0,000	32297,827
P181	4000,000	25,000	2,94	3,54	6,47	161,793	85654,794	0,00	0,00	0,00	0,015	32297,842
P182	4025,000	25,000	2,65	3,23	5,87	146,793	85801,588	0,01	0,00	0,01	0,168	32298,010
P183	4050,000	25,000	2,36	2,92	5,28	131,962	85933,549	0,02	0,00	0,02	0,490	32298,500
P184	4075,000	25,000	2,07	1,63	3,71	92,626	86026,175	0,05	0,00	0,05	1,193	32299,693
P185	4100,000	25,000	1,79	0,25	2,05	51,132	86077,307	0,08	0,00	0,08	2,090	32301,783
P186	4125,000	25,000	0,87	0,00	0,87	21,813	86099,121	0,13	0,00	0,13	3,155	32304,939
P187	4150,000	25,000	0,07	0,00	0,07	1,680	86100,801	0,18	0,00	0,18	4,388	32309,327
P188	4175,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86100,801	0,00	0,00	0,00	0,000	32309,327
P189	4200,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86100,801	0,00	0,00	0,00	0,000	32309,327
P190	4225,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86100,801	0,00	0,00	0,00	0,000	32309,327
P191	4250,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86100,801	0,00	0,00	0,00	0,000	32309,327
P192	4275,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86100,801	0,00	0,00	0,00	0,000	32309,327
P193	4300,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86100,801	0,00	0,00	0,00	0,000	32309,327
P194	4325,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86100,801	0,00	0,00	0,00	0,000	32309,327
P195	4350,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86100,801	0,00	0,00	0,00	0,000	32309,327
P196	4375,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86100,801	0,00	0,00	0,00	0,000	32309,327

P197	4400,000	19,305	0,00	0,00	0,00	0,000	86100,801	0,00	0,00	0,00	0,000	32309,327
P198	4413,610	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	86100,801	1,64	0,00	1,64	20,556	32329,883
P199	4425,000	18,195	0,00	0,00	0,00	0,000	86100,801	5,17	3,06	8,23	149,749	32479,632
P200	4450,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	86100,801	2,83	5,20	8,02	200,621	32680,253
P201	4475,000	25,000	7,57	5,61	13,19	329,717	86430,518	0,00	0,00	0,00	0,000	32680,253
P202	4500,000	25,000	9,07	7,41	16,48	411,999	86842,517	0,00	0,00	0,00	0,000	32680,253
P203	4525,000	25,000	7,04	6,16	13,20	330,062	87172,579	0,00	0,00	0,00	0,000	32680,253
P204	4550,000	25,000	5,10	4,79	9,90	247,468	87420,047	0,00	0,00	0,00	0,000	32680,253
P205	4575,000	25,000	3,37	3,10	6,46	161,622	87581,669	0,00	0,00	0,00	0,000	32680,253
P206	4600,000	25,000	2,46	2,27	4,72	118,012	87699,681	0,00	0,01	0,01	0,171	32680,424
P207	4625,000	25,000	0,72	0,56	1,28	32,113	87731,794	0,19	0,27	0,46	11,579	32692,003
P208	4650,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	87731,794	2,80	3,09	5,89	147,307	32839,310
P209	4675,000	20,754	0,00	0,00	0,00	0,000	87731,794	5,25	6,40	11,65	241,704	33081,014
P210	4691,508	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	87731,794	5,33	6,76	12,09	151,148	33232,162
P211	4700,000	16,746	0,00	0,00	0,00	0,000	87731,794	6,00	9,60	15,60	261,213	33493,375
P212	4725,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	87731,794	11,98	12,53	24,51	612,809	34106,184
P213	4750,000	16,832	0,00	0,00	0,00	0,000	87731,794	7,22	11,02	18,24	306,942	34413,125
P214	4758,665	12,500	0,00	0,00	0,00	0,000	87731,794	2,07	5,06	7,13	89,142	34502,267
P215	4775,000	20,668	0,00	0,00	0,00	0,000	87731,794	1,49	1,79	3,28	67,691	34569,958
P216	4800,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	87731,794	1,01	1,27	2,28	57,068	34627,025
P217	4825,000	25,000	0,00	0,00	0,00	0,000	87731,794	0,78	1,01	1,80	44,909	34671,935
P218	4850,000	25,000	0,26	0,00	0,26	6,475	87738,269	0,27	0,68	0,94	23,599	34695,534
P219	4875,000	25,000	1,35	0,80	2,15	53,719	87791,988	0,07	0,29	0,36	9,017	34704,550
P220	4900,000	25,000	1,15	0,48	1,63	40,723	87832,711	0,08	0,35	0,42	10,617	34715,168
P221	4925,000	25,000	0,97	0,81	1,78	44,448	87877,159	0,12	0,20	0,31	7,810	34722,978
P222	4950,000	17,868	1,41	1,44	2,85	50,963	87928,122	0,10	0,09	0,19	3,322	34726,300
P223	4960,736	12,500	1,69	1,72	3,41	42,609	87970,731	0,06	0,05	0,11	1,418	34727,718
P224	4975,000	19,632	2,07	2,09	4,16	81,646	88052,377	0,02	0,02	0,04	0,728	34728,447
P225	5000,000	25,000	2,74	2,76	5,50	137,619	88189,996	0,00	0,00	0,00	0,003	34728,449
P226	5025,000	25,000	2,42	2,39	4,81	120,181	88310,177	0,00	0,01	0,01	0,267	34728,716
P227	5050,000	25,000	2,15	2,14	4,29	107,225	88417,402	0,01	0,02	0,03	0,761	34729,477
P228	5075,000	25,000	2,00	1,98	3,98	99,554	88516,956	0,02	0,03	0,05	1,278	34730,755
P229	5100,000	17,648	2,06	2,07	4,12	72,741	88589,697	0,02	0,02	0,04	0,689	34731,444
P230	5110,296	12,500	2,09	2,10	4,20	52,494	88642,191	0,02	0,02	0,03	0,436	34731,880
P231	5125,000	19,852	2,17	2,18	4,35	86,315	88728,506	0,01	0,01	0,03	0,549	34732,429
P232	5150,000	25,000	2,36	2,37	4,73	118,189	88846,695	0,01	0,01	0,01	0,324	34732,754
P233	5175,000	25,000	3,06	2,27	5,34	133,421	88980,116	0,00	0,02	0,02	0,453	34733,207
P234	5200,000	25,000	3,24	2,79	6,03	150,739	89130,856	0,00	0,01	0,01	0,342	34733,549
P235	5225,000	25,000	3,24	3,37	6,62	165,376	89296,231	0,00	0,00	0,00	0,000	34733,549
P236	5250,000	25,000	3,40	3,91	7,31	182,761	89478,993	0,00	0,00	0,00	0,000	34733,549
P237	5275,000	25,000	2,95	2,58	5,53	138,328	89617,321	0,00	0,01	0,01	0,166	34733,714
P238	5300,000	25,000	1,90	1,11	3,00	75,070	89692,391	0,01	0,20	0,21	5,234	34738,948
P239	5325,000	25,000	1,54	1,07	2,61	65,158	89757,549	0,03	0,14	0,17	4,267	34743,216
P240	5350,000	12,516	1,85	2,05	3,90	48,816	89806,364	0,02	0,01	0,03	0,418	34743,633
P241	5350,032	12,500	1,86	2,05	3,90	48,774	89855,138	0,02	0,01	0,03	0,416	34744,049
P242	5375,000	24,984	2,18	2,32	4,50	112,467	89967,606	0,01	0,01	0,01	0,339	34744,388
P243	5400,000	25,000	1,95	1,94	3,89	97,326	90064,931	0,01	0,03	0,04	1,009	34745,398
P244	5425,000	25,000	2,09	1,80	3,88	97,100	90162,031	0,01	0,06	0,07	1,763	34747,161
P245	5450,000	25,000	2,07	1,90	3,97	99,230	90261,261	0,01	0,05	0,06	1,389	34748,550
P246	5475,000	25,000	2,64	2,09	4,73	118,374	90379,635	0,00	0,04	0,04	1,026	34749,576
P247	5500,000	25,000	4,88	3,21	8,09	202,242	90581,877	0,00	0,00	0,00	0,087	34749,663
P248	5525,000	15,075	7,89	1,16	9,05	136,444	90718,322	0,00	0,51	0,51	7,666	34757,329

P249	5530,150	2,575	6,67	0,61	7,27	18,731	90737,053	0,00	0,82	0,82	2,123	34759,452
------	----------	-------	------	------	------	--------	-----------	------	------	------	-------	-----------

Volume de déblai total : 90737,053m³

Volume de remblai : 34759,452m³

Excès de déblai : 55977,601 m³

Chapitre X
Signalisation Routière

X -1- INTRODUCTION :

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

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

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

La signalisation routière a pour objet :

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

XI-3- REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION :

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

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

X-4- TYPES DE SIGNALISATIONS :

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

a- Signalisation Verticale :

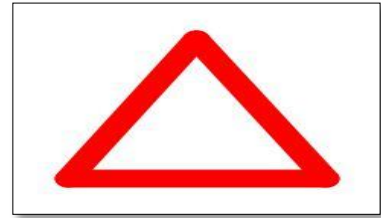
Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent un message visuel grâce à leur emplacement, leur type, leur couleur et leur forme, on distingue :

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

Elles peuvent être classées dans quatre classes:

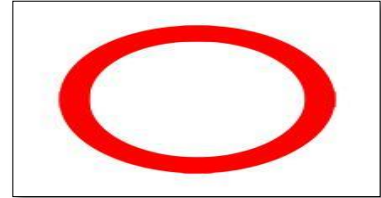
❖ **Signaux de danger :**

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

❖ **Signaux comportant une prescription absolue :**

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

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

❖ **Signaux à simple indication :**

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

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

❖ **Signaux de position des dangers :**

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

b- Signalisation Horizontale :

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

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

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

• **Lignes discontinue :**

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

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

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

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

• **Modulation des lignes discontinues :**

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

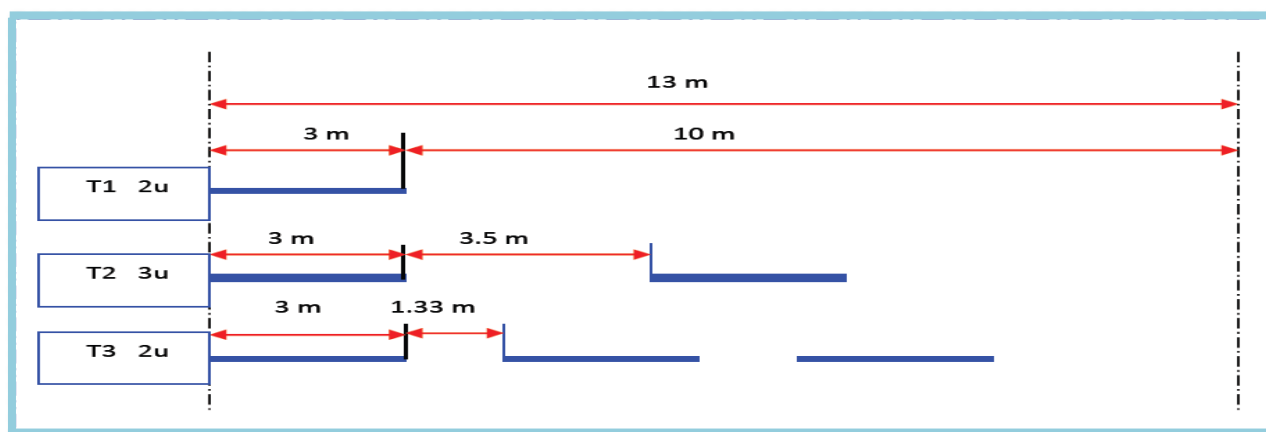


Figure XI.1 : Types de modulation.

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

Tableau. X.1 : Caractéristiques des lignes discontinues.

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

✚ **Marquage transversal :**

• **Lignes transversales continue :**

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

• **Lignes transversales discontinue :**

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

➤ **Autre mmarquage :**

- **Flèche de rabattement :** Une flèche légèrement incurvée signalant aux usagers qu'ils devaient emprunter la voie située du côté qu'elle indique.
- **Flèches de sélection :** Flèches situées au milieu d'une voie signalant aux usagers, notamment à proximité des intersections, qu'ils doivent suivre la direction indiquée.



Figure X.2 : Flèche de signalisation.

X -5- CARACTERISTIQUES GENERALES DES MARQUES :

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

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

U = 6cm sur les routes et voies urbaines.

U = 5cm pour les autres routes.

X-6 - APPLICATION AU PROJET :

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

 **Signalisation Verticale :**












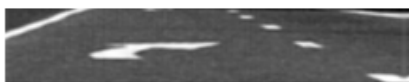


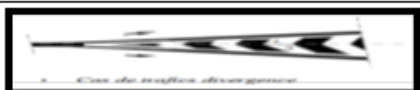
			
A1b Virage à gauche	A1a Virage à droite	AB3a Céder le passage à l'intersection. Signal de position	
			
AB6 Indication du caractère prioritaire d'une route	Passage piéton	AB25 Carrefour à sens giratoire	B6d Arrêt et stationnement interdits

Tableau X.3 : signalisation verticale.

✚ Signalisation horizontale :

	Ligne continue : Infranchissable, dépassement et changement de voie interdits. Il est également interdit de la traverser perpendiculairement (pour sortir ou rentrer dans une rue, une cour, un garage).
	Ligne discontinue : Dépassement et changement de voie autorisés.
	Ligne de dissuasion : Sur des routes étroites ou sinueuses, la ligne de dissuasion remplace une ligne continue, seul le dépassement de véhicules roulant très lentement est autorisé (tracteur agricole, voiturette, cycle...).

	Ligne d'avertissement : Annonce une ligne continue. Des flèches de rabattement avertissent le conducteur qu'il va rencontrer une ligne continue.
	Flèches de rabattement : Indiquent la voie dans laquelle il faut se rabattre.
	Ligne mixte : Peut être franchie par le conducteur situé du côté de la ligne discontinue.
	Ligne de rive trait : Sépare la chaussée et l'accotement, peut être franchi pour s'arrêter ou stationner. Dans les sens uniques, la ligne de rive à gauche est continue.
	Hachurage : Sur le nez d'îlot.

X-7- ECLAIRAGE:

X-7-1 INTRODUCTION :

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

X-7-2 CATEGORIES D'ECLAIRAGE:

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

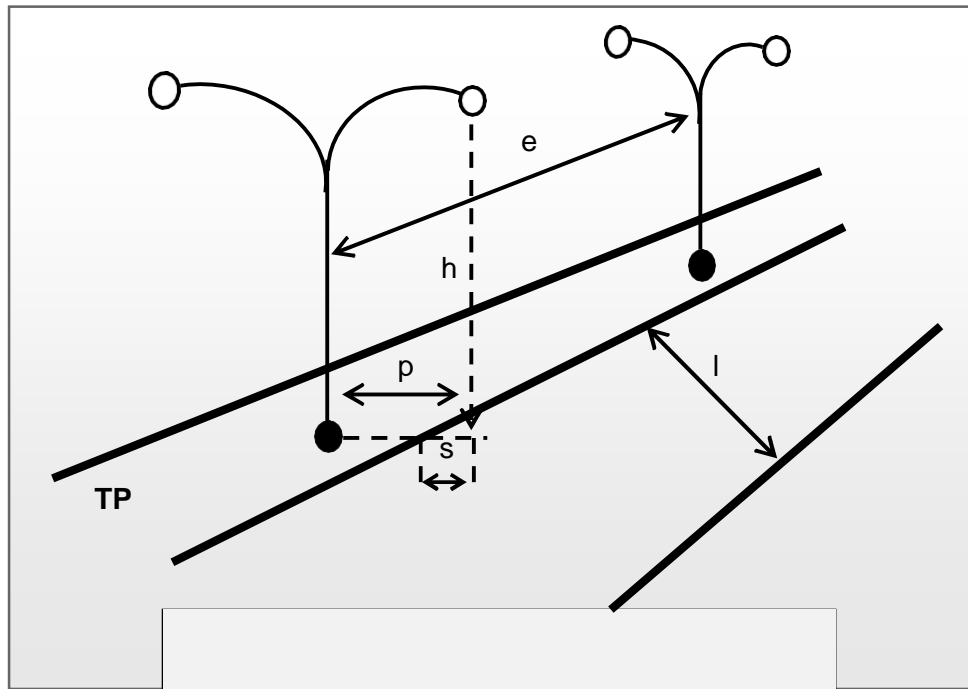
- Eclairage général d'une route ou une autoroute, catégorie A.
- Eclairage urbain (voirie artérielle et de distribution), catégorie B.
- Eclairage des voies de cercle, catégorie C.
- Eclairage d'un point singulier (carrefour, virage...) situé sur un itinéraire non éclairé, catégorie D.

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

- L'espacement (e) entre luminaires: qui varie en fonction du type de voie.
- La hauteur (h) du luminaire: elle est généralement de l'ordre de 8 à 10 m et par fois 12 m pour les grandes largeurs de chaussées.

- La largeur (l) de la chaussée.
- Le porte-à-faux (p) du foyer par rapport au support.
- L'inclinaison, ou non, du foyer lumineux, et son surplomb (s) par rapport au bord de la chaussée.

Figure X.4 : Paramètres de l'implantation des luminaires



X-7-4 APPLICATION AU PROJET:

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

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

X-8- CONCLUSION :

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

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

Chapitre XI
Estimation du Coût du
Projet

XI. ESTIMATION DU COUT DU PROJET

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

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

XI-1 : Calcul du cout du projet :

Tableau XI-1 : Devis estimatif.

N°	Désignation	Unité	Quantité	PU (DA)	MONTANT
1	Déblais	m ³	90737,530	325	29489697,250
2	Remblais	m ³	34759,452	500	17379726,000
Corps de chaussée					
3	F/mise en œuvre de la couche en béton bitumineux 0/10 sur une ép : de 05 cm y compris couche d'imprégnation 0/1 et toute sujétions de mise en œuvre.	T	4664,731	9400	43848471,400
4	F/mise en œuvre de la couche en Grave Bitumineux 0/14 sur une ép : de 8 cm	T	7773,262	9400	73068662,800
5	Rechargement de la plate-forme en TUF sur une ép : de 26 cm y compris arrosage, compactage et toutes sujétions de mise en œuvre	M ³	27175,447	1350	36686853,450
Signalisation					
7	Ligne axiale de séparation de voies	ML	5530,209	170	940135,530
8	Ligne de rive de chaussée (Limite BAU)	ML	11060,418	170	1880271,060
9	Ligne continue (Rive DBA)	ML	11060,418	170	1880271,060
MONTANT EN H T					205174088,550
TVA 19%					38983076,825
MONTANT EN TTC					244157165,375

Deux cent quarante-quatre millions cent cinquante-sept mille cent soixante-cinq dinars et trois cent soixante-quinze centimes

CONCLUSION GÉNÉRALE

Ce présent travail de fin d'étude nous a permis d'agrandir nos connaissances techniques, scientifiques afin de perfectionner nos modestes connaissances dans le domaine des routes.

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 autres de tirer profit des expériences des personnes qualifiées dans le domaine.

Dans notre projet de tracé routier, 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. D'autre part nous avons évité au maximum les détails existants 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 à 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 c'est une occasion pour nous d'approfondir nos connaissances et surtout de mieux maîtriser l'outil informatique en l'occurrence les logiciels AutoCad et Covadis.

Nous espérons acquérir plus dans notre vie professionnelle future et toucher les grands projets.