



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 ابن باديس - مستغانم
University Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem
كلية العلوم والتكنولوجيا
Faculty of Sciences and Technology
قسم الهندسة المدنية
Civil Engineering & Architecture Department



N°d'ordre: M/GCA/2021

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE DE MASTER ACADEMIQUE

Filière: Travaux Publics.

Spécialité: Voies et Ouvrages d'art (VOA)

Thème

**ETUDE D'UN TRONÇON AUTOROUTIERSUR4,
0KM DELA PÉNÉTRAN TERELIANT DE MASCARA DU PK
4+00 AU PK7+700**

Présenté par:

- Mr. SLIMANI Abdelatif
- Mr. MIDOUN Mohammed Yassine

Soutenu le 08/07/2021 devant le jury composé de:

Présidente: Pr BOUHAMOU Naserddine

Examineur: Mr BOUHALOUFA Ahmed

Encadrant : Mr KERAOUTI Rabah

Invité : CHERIF Mourad

Année Universitaires: 2020/2021

REMERCIEMENT

Nous tenons à remercier en premier lieu et avant tout الله le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir notre travail dans les meilleures conditions.

Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à mon encadreur de mémoire

Keraoutirabah

Je lui remercie de m'avoir encadré, orienté, aidé et conseillé.

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

Aussi nous remercions tout le personnel de département de Génie Civil.

J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs, intervenants et toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs conseils et leurs critiques ont guidé mes réflexions et ont accepté de me rencontrer et de répondre à mes questions durant mes recherches

Je remercie mes très chers parents : A qui ont toujours été là pour moi. Je remercie mes frere et mes sœurs pour leurs encouragements

Enfin, je remercie qui ont toujours été là pour moi. Leur soutien inconditionnel et leurs encouragements ont été d'une grande aide.

À tout ce que travaille honnêtement et sans tendance et racisme, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

Dédicace

Tout d'abord je tiens à remercier le bon Dieu de m'avoir aidé à arriver jusqu' à ce niveau d'études, et de réaliser ce modeste travail, que je dédie :

- ✓ *A mes très chers parents, et que Dieu le tout puissant les grades en bonne santé.*
 - ✓ *A mon encadreur : keraoutiahmed*
 - ✓ *Messieurs : CHERIF Mourad ; BOUHALLOUFA Ahmed.*
 - ✓ *A mon midoun mohammed yassine.*
 - ✓ *A mes frères et mes sœurs et leurs enfants.*
 - ✓ *A mes amis et de Département de Génie Civil.*
- À toute la promotion 2021.*

Enfin à toutes personnes qui m'ont soutenu et aidé à réaliser ce travail.

Slimaniabdelatif

Dédicace

Je tiens à dédier ce modeste travail :

- ✓ *A la lumière de ma vie, ma très chère mère et mon cher père, que dieu les gardes pour moi.*
 - ✓ *A mes chers frères et sœurs et leurs enfants*
 - ✓ *A Messieurs : keraoutiahmed, CHERIF Mourad, BOUHALLOUFA Ahmed.*
 - ✓ *A la famille*
 - ✓ *A mon cher ami slimaniabdelatif*
 - ✓ *-A tous mes amis : kassem ; houari...*
- A tous ceux qui me sont chers ;*

Je dédie ce travail pour leur exprimer ma gratitude et ma reconnaissance.

Midounmohammedyassine

SOMMAIRE

REMERCIEMENT

DEDICACE

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

RESUMÉ

ABSTRACT

Pages

CHAPITRE I : PRESENTATION DE PROJET..... .. 01

I-1- INTRODUCTION 02

I-2- CATEGORIES DE LA ROUTE 03

I-3- PRESENTATION DU PROJET 04

I-4- OBJECTIF DE PROJET 07

I-5- DONNEES DE BASE 08

CHAPITRE II : ETUDE DU TRAFIC 09

II-1- INTRODUCTION 10

II-2- ANALYSE DU TRAFIC. 10

II-3- DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS. 11

II-4- MODÈLES DE PRÉSENTATION DE TRAFIC 11

II-5- CALCUL DE LA CAPACITÉ 13

APPLICATION AU PROJET... .. 17

CHAPITRE III : TRACÉ EN PLAN 18

III-1- INTRODUCTION 19

III-2- TRACE EN PLAN 19

III-3- ETUDE DES VARIANTES... .. 22

➤ □ Etude de la variante N°01... .. 24

➤ □ Etude de la variante N°02... .. 42

CHAPITRE IV : LES RACCORDEMENTS PROGRESSIVES 57

IV-1- DEVERS	58
IV-2- COURBE DE RACCORDEMENT	60
CHAPITRE V : PROFIL EN LONG	70
V -1- INTRODUCTION	71
V -2- LIGNE PROJET	71
V -3- COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG	76
CHAPITRE VI : CINÉMATIQUE	78
VI -1- LES PARAMETRES CINEMATQUES	79
CHAPITRE VII : PROFIL EN TRAVERS ET CUBATURES	87
VII -1- INTRODUCTION... ..	88
VII .2- PROFIL EN TRAVERS TYPE	88
VII -3- LES ELEMENTS CONSTITUANT UN PROFIL EN TRAVERS TYPE... ..	89
VII-4- DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE	90
VII -5-PRINCIPE DE LA CONSTITUTION DES CHAUSSEES	91
VII-6-LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT... ..	94
VII-7- CUBATURES	101
CHAPITRE VIII : IMPLANTATION	110
VIII-1- INTRODUCTION	111
VIII-2- IMPLANTATION PLANIMETRIQUE DES SOMMETS DES ALIGNEMENTS	112
VIII-3- IMPLANTATION DE COURBES	112
➤ □ Listing d'implantation planimétrique et altimétrique des profils	115
CHAPITRE IX : ASSAINISSEMENT	126
IX-1- INTRODUCTION	127
IX -2- OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT... ..	128
IX-3- DEFINITIONS	128

IX-4- METHODES THEORIQUE DE CALCUL POUR DIMENSIONNER UN FOSSÉ	130
--	-----

CHAPITRE X : SIGNALISATION 135

X- LA SIGNALISATION ROUTIERE	136
-------------------------------------	-----

X –1- INTRODUCTION	136
---------------------------	-----

X-2- L’OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE... ..	136
---	-----

X-3- CATEGORIES DE SIGNALISATION	136
---	-----

X-4- REGLES A RESPECTE POUR LA SIGNALISATION	136
---	-----

X-5- TYPES DE SIGNALISATION	137
------------------------------------	-----

X-6- CARACTERISTIQUES GENERALES DES MARQUES	144
--	-----

CHAPITRE XI : IMPACT SUR ENVIRONNEMENT..... 145

XI–1- INTRODUCTION	146
---------------------------	-----

XI-2- CONTEXTE ET RAISON D’ETRE DU PROJET	146
--	-----

XI-3- ANALYSE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX METHODOLOGIES	147
--	-----

XI-4- MESURES D’INSERTION ET D’ATTENUATION PROPOSEES ...	148
--	-----

XI-5- CONCLUSION	152
-------------------------	-----

CHAPITRE XII : ETUDE DE STABILITÉ DE TALUS DE DÉBLAI.. 153

XII–1- INTRODUCTION	154
----------------------------	-----

XII-2- CADRE GEOLOGIQUE GENERAL DE LA REGION D’ETUDE ...	154
--	-----

XII-3- SISMICITÉ DE LA REGION	156
--------------------------------------	-----

XII-4- DONNEES GEOTECHNIQUES IN SITU ET AU LABORATOIRE	156
--	-----

XII-5- INTERPRETATION DES DONNEES GEOTECHNIQUES	158
---	-----

XII-6- CONSTAT DES LIEUX	159
---------------------------------	-----

XII-7- SOLUTION DE CONFORTEMENT DE TALUS	159
---	-----

XII-8- CALCUL DE STABILITÉ	160
-----------------------------------	-----

XII-9- CONCLUSIONS	163
---------------------------	-----

CHAPITRE XIII : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF (DQE). ... 164

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF (DQE)... .. 165

CHAPITRE XIV : CONCLUSION.166

XIV- CONCLUSION 167

BIBLIOGRAPHIE 169

LISTE DES TABLEAUX

Pages

•□Tableau II-1: Valeurs du coefficient P	14
•□Tableau II-2: Valeurs de K1 en fonction de l'environnement	15
•□Tableau II-3: Valeurs de K2 en fonction de l'environnement	16
•□Tableau II-4: Valeurs de capacité théorique	16
•□Tableau III-1: Coordonnées des sommets variante N°01	25
•□Tableau III-2: Gisements, angles au centre et distances V01	25
•□Tableau III-3: calcul des paramètres de raccordement au centre V01	26
•□Tableau III-4: calcul des Déclivité cumulés variante N°01	28
•□Tableau III-5 : Type de topographie	33
•□Tableau III-6 : Sinuosité	33
•□Tableau III-7 : Tableau d'Environnement de la route	34
•□Tableau III-8: Vitesse de référence	35
•□Tableau III-9: Dévers	35
•□Tableau III-10: Valeur du coefficient ft	35
•□Tableau III-11 : Valeur du coefficient "F"	36
•□Tableau III-12 : Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques	36
•□Tableau III-13 : Récapitulatif des rayons en plan	38
•□Tableau III-14 : les rayons en plan selon B40	38
•□Tableau III-15 : Tableau de cubature approchée de V01	39
•□Tableau III-16 : Coordonnées des sommets V02	43
•□Tableau III-17 : Gisements, angles au centre et distances V02	44
•□Tableau III-18 : Calcul des paramètres de raccordement au centre V02	45
•□Tableau III-19: calcul des déclivités cumulés variante N°02	47
•□Tableau III-20 : Tableau de cubature approchée de V02	53
•□Tableau III-21 : Tableau comparatif entre les variantes 01 et 02.	56
•□Tableau IV-1 : Devers en fonction de l'environnement	59
•□Tableau IV-2 : Paramètres de clothoïde	68
•□Tableau V-1 : Rayons convexes (Cat2, V100)	75
•□Tableau V-2: Rayons concaves (Cat2, V100)	76
•□Tableau VI-1: Coefficient de frottement longitudinal	79
•□Tableau VI-2: Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse	85

• □ Tableau VI-3: Paramètres fondamentaux	86
• □ Tableau VII-1 : Coefficient d'équivalence des matériaux	96
• □ Tableau VII-2 : Classe de trafic.	97
• □ Tableau VII-3: Classe de sol.	98
• □ Tableau VII-4 : Epaisseur du corps de chaussée	100
• □ Tableau VII-5 : Calcul de volume de décapage de terre végétale.	103
• □ Tableau VII-6 : Calcul de cubature de terrassement	106
• □ Tableau VIII-1 : Listing d'implantation des points d'axe	115
• □ Tableau IX-1 : Coefficient de ruissellement	131
• □ Tableau IX-2 : Variable GAUSS	132
• □ Tableau X-1: Caractéristiques des lignes discontinues.	141
• □ Tableau XII-1 : Synthèse des essais d'identification physique	157
• □ Tableau XII-2 : Propriétés géotechniques du sol.	162
• □ Tableau XII-3 : Propriétés géotechniques du sol.	162
• □ Tableau XIII-1: Devis Quantitatif et Estimatif (DQE)	165

LISTE DES FIGURES

•□Figure I-1 : Carte de Réseau routier de la wilaya de Mascara... .. .	07
•□Figure I-2 : Tracé de la pénétrante traversant le wilaya de Mascara.....	08
•□Figure III-1:les éléments d'un tracé en plan	21
•□Figure III-2 : détermination de l'angle au centre	23
•□Figure IV-1 : éléments d'un clothoïde.	62
•□Figure IV-2: Clothoïde... .. .	63
•□Figure VI-1: Distance d'arrêt et de freinage	81
•□Figure VI-2: Distance de perception	82
•□Figure VI-3:Espacement entre deux véhicul	84
•□Figure VII-1: Les éléments d'une route	89
•□Figure VII-2 : les différentes catégories de chaussée	93
•□Figure VII-3 : démarche du catalogue	99
•□Figure VII-4 : Corps de chaussée	100
•□Figure VII-5 : Surfaces de cubature	102
•□Figure VIII-1: Implantation sur la tangente.	113
•□Figure VIII-2 : Coordonnées polaires.	114
•□Figure VIII-3: Méthode d'implantation	114
•□Figure X-1 : Signaux de danger	138
•□Figure X-2 : Signaux d'Interdiction	139
•□Figure X-3 : Signaux d'Obligation	139
•□Figure X-4 : Types de modulation de lignes discontinues	141
•□Figure X-5 : Flèche de Signalisation	142
•□Figure X-6 : Flèche de Signalisation	142
•□Figure X-7 : Flèche de Sélection	143
•□Figure XII-1 : Position géographique du bassin du bas Chéelif.	155
•□Figure XII-2 : Zones de sismicité	156
•□Figure XII-3 : Schéma explicatif du reprofilage	160
•□Figure XII-4 : PHASE STATIQUE	163
•□Figure XII-5 : PHASE ACCIDENTELLE	163

ABSTRACT

The paper at hand sheds light on a topographic and asystematicresearch. The latter presents the project of the realization of a split of Mascarapenetratinghighwayintotwoseparated, bigger, and saferroads; in otherwords, whatisknown as “CONCEPTION”. The studyisconducted on a 04 km long part of the highway (from PK4+000 to PK7+700) in order to ease the traffic and the flow of the increasednumber of vehicles, meet the satisfaction of the drivers and improvetheircomfort, and mostimportantlyminimize and reduce the high frequentnumber of accidents.

The plannedmethodologyismotivated by manyaims and consists of the following:

- ✓ Doingan in-depthstudy of the APS of the twovariants of the road.
- ✓ Doingan in-depthstudy of the APD of the chosen variant
- ✓ Calculating the percentage of that variant
- ✓ Attempting to estimate the cost of the project.

Keywords: Traffic, avoidance, geometry, road layout, reference speed, clothoid, pavement, environment.

RESUMÉ

Ce mémoire se base sur la topographie, et sur une recherche systématique. Ce présent projet de réalisation d'une pénétrante autoroutière en deux chaussées séparées unidirectionnelles. Cette route est plus sécurisée, assure l'échange économique.

Cette étude de conception est réalisée sur un tronçon de 4.00 km du (PK4+00 au PK7+700) de la pénétrante autoroutière reliant Mascara et l'autoroute Est-Ouest, Afin de faciliter la circulation, et de supporter l'augmentation du flux du nombre de véhicules.

Dans cette étude de la pénétrante, on a assuré la satisfaction et le confort des conducteurs et des usagers, et surtout minimiser et réduire le nombre élevé d'accidents.

On a passé par les étapes suivantes dans notre étude :

- ✓ Faire une étude approfondie en APS des deux variantes de la route.
- ✓ Choisir la variante la plus avantageuse et plus efficace, et étudier leurs caractéristiques géométriques et cinématiques en APD.
- ✓ Calculer les pourcentages pour cette variante choisie.
- ✓ Evaluer et estimer le coût de notre projet.

Mots clés: Etude, géométrie, variante, pénétrante, topographie, circulation.

ABRIVIATIONS

BBME:Béton bitumineux à module élevé.

EME 2 : Enrobé à module élevé classe 2.

GNT : Grave non traité

GB : Grave bitume.

BB : Béton bitumineux.

GBA : Glissière simple en béton adhérent.

DBA : Double béton adhérent.

AD : Alignement droit.

RHm : rayon horizontal minimal absolu

RHn : Rayon minimal normal.

RHd : Rayon au devers minimal.

RHnd : Rayon minimal non déversé.

RVm : Rayon vertical minimal absolu.

RVn : Rayon vertical normal.

CHAPITRE : I

PRESENTATION DU PROJET

I-1- INTRODUCTION

I-2- CATEGORIES DE LA ROUTE

I-3- PRESENTATION DU PROJET

I-4- OBJECTIF DE PROJET

I-5- DONNEES DE BASE

CHAPITRE I

PRESENTATION DU PROJET

I-1- INTRODUCTION :

La route est l'une des voies de communication la plus utilisée qui permet de relier tous les points d'un territoire. La route est également définie comme une vaste plate-forme bien dégagée comportant deux ou plusieurs voies, devant résister aux efforts statiques et dynamiques des véhicules (légers, lourds) et dont les caractéristiques géométriques correspondent à une réglementation et normes bien précises.

Les routes peuvent être classées d'après plusieurs critères :

- ✓ Du point de vue administratif : d'après l'appartenance du maniable.
 - ✓ Du point de vue technique : vitesse de référence établie en fonction des conditions du terrain
- Parmi la classification administrative, on distingue :

- ◆ Les chemins communaux,
- ◆ les chemins de wilaya,
- ◆ les routes nationales,
- ◆ les autoroutes.

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

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

Notre projet présente deux sortes d'avantages :

❖ □ LES AVANTAGES DIRECTS : qui concernent principalement tous les usagers de la route : gain de temps et de confort, garantir la sécurité et l'économie de fonctionnement des véhicules. Ces avantages peuvent être mesurés en unités physiques (heures, nombre d'accidents, de morts de blessés, journées d'hospitalisation, carburants, ...)

❖ □ LES AVANTAGES INDIRECTS : qui ne concernent pas directement les usagers de la route, mais la politique du transport et plus généralement, le développement économique national ou local et l'aménagement du territoire.

I-2- CATEGORIES DE LA ROUTE :

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

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

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

◆ □ Catégorie 2 : Liaisons des pôles d'industries de transformations entre eux, et liaisons de raccordement des pôles d'industries légères diversifiées avec le réseau précédent.

◆ □ Catégorie 3 : Liaison des chefs-lieux de daïra et des chefs-lieux de wilaya, non desservies par le réseau précédent, avec le réseau de catégorie 1 et 2

◆ □ Catégorie 4 : Liaison entre tous les centres de vie qui ne sont pas reliés au réseau de catégorie 1 – 2 et 3 avec le chef-lieu de daïra, dont ils dépendent, et avec le réseau précédent.

◆ □ Catégorie 5 : Routes et pistes non comprises dans les catégories précédentes.

I-3- PRESENTATION DU PROJET :

I-3-1- PRESENTATION WILAYA DE MOSTAGANEM :

I-3-1-1- SITUATION GEOGRAPHIQUE :

L'état de Mascara est situé au nord-ouest de l'Algérie, à 361 km de la capitale, il relie les différents états de l'ouest et du sud-ouest afin d'être accessible par la route, l'air et le chemin de fer.

Par la route d'Alger via Relizane (route nationale n°04 et route nationale n°07), d'Oran via Siq (IW 06) de Sidi Bel Abbes via Bouhanifa (route nationale n°17), de Mostaganem via Mohammedia (route nationale n°17) .de Saïda via (route nationale n°07).

Ainsi, elle occupe une excellente position stratégique, économique et commerciale. Il est bordé à l'est par l'état de Tiaret et l'état de Relizane, à l'ouest par Sidi Bel Abbas, au nord par l'état d'Oran et Mostaganem, et au sud par l'état de Saïda.

I-3-1-2- LE RELIEF :

La Wilayat de Mascara se caractérise par l'abondance de plaines, forêts, montagnes et vallées, ce qui lui a conféré un aspect naturel harmonieux capable d'en faire une zone riche en produits touristiques climatiques tels que l'itinérance dans la nature, le camping, la chasse sauvage, la pêche dans les barrages et les sports de montagne. Montagnes Ain Fares, Awf dont les plus importantes sont la forêt Hasna (Ain Fares), la forêt Ne smoth (dans le district de Hachem), la forêt d'Istanbul (dans le district de Bouhanifia), et la Forêt de Timxi (dans le district de Wadi Al-Atal)...etc.

Il possède une réserve naturelle située sur la commune de « MaqtaDouz », qui occupe une superficie de 19 000 hectares, avec plusieurs types d'animaux, dont : oies grises, canards, flamants roses, ce qui a incité les autorités à établir un centre

d'élevage d'oiseaux de chasse. sur une superficie de 7 500 hectares, où vivent des animaux tels que les oiseaux perdrix, cailles, voyou et flamant rose.

La richesse forestière se compose de : Dans un camp il y a plusieurs forêts, dont la plus célèbre est :

- Forêt de Zuqar.
- Forêt de Khesibia.
- Grâce de la forêt.

Cèdres. Arbres caletos. Pins. Chênes. Arbres à liège. - En plus de l'abondance du raisin sur la commune d'Ain Fares.

Plusieurs animaux et oiseaux y vivent, notamment : sanglier, poulet haché, perdrix, gazelle des montagnes, canard vert et lapin.

De plus, au milieu de certaines villes de l'État se trouvent des jardins riches en plantes, de belle conception, parmi lesquels nous mentionnons le Jardin Pasteur à Camp, le Jardin Mohamadia... etc.

En plus de ces points de repère, les barrages comprennent le barrage "Fargoug" de Mohamadia, le barrage "Ozghat" (Ain Fakkan), le barrage "Al-Shorfa" (Siq) et le barrage Bouhanifa.

I-3-1-3- LE CLIMAT :

La Wilayat de Mascara a un climat méditerranéen (climat méditerranéen), qui est semi-aride, continental, froid et pluvieux en hiver, et chaud en été avec des chutes de neige dans certaines zones qui atteignent 800 mètres d'altitude, dans les montagnes de BaniShaqran, Ain Fares, Awf et Al-Burj. Il convient également de noter que la pluviométrie moyenne est d'environ 300 mm au cours de l'année. Quant à la dernière décimale elle ne dépassait pas 240 mm.

I-3-1-4- INFRASTRUCTURE DE BASE :

A- RESEAU ROUTIER :

- Routes nationales (km) : 565 979
- Routes nationales (km) : 670 538
- Routes municipales (km) : 1.547.71
- 84 installations artistiques sur les routes nationales
- 51 installations artistiques sur les routes nationales
- Installation technique sur voirie municipale 54

B- RESEAU FERROVIAIRE :

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

C- RESEAU AEROPORTUAIRE :

aéroport régional

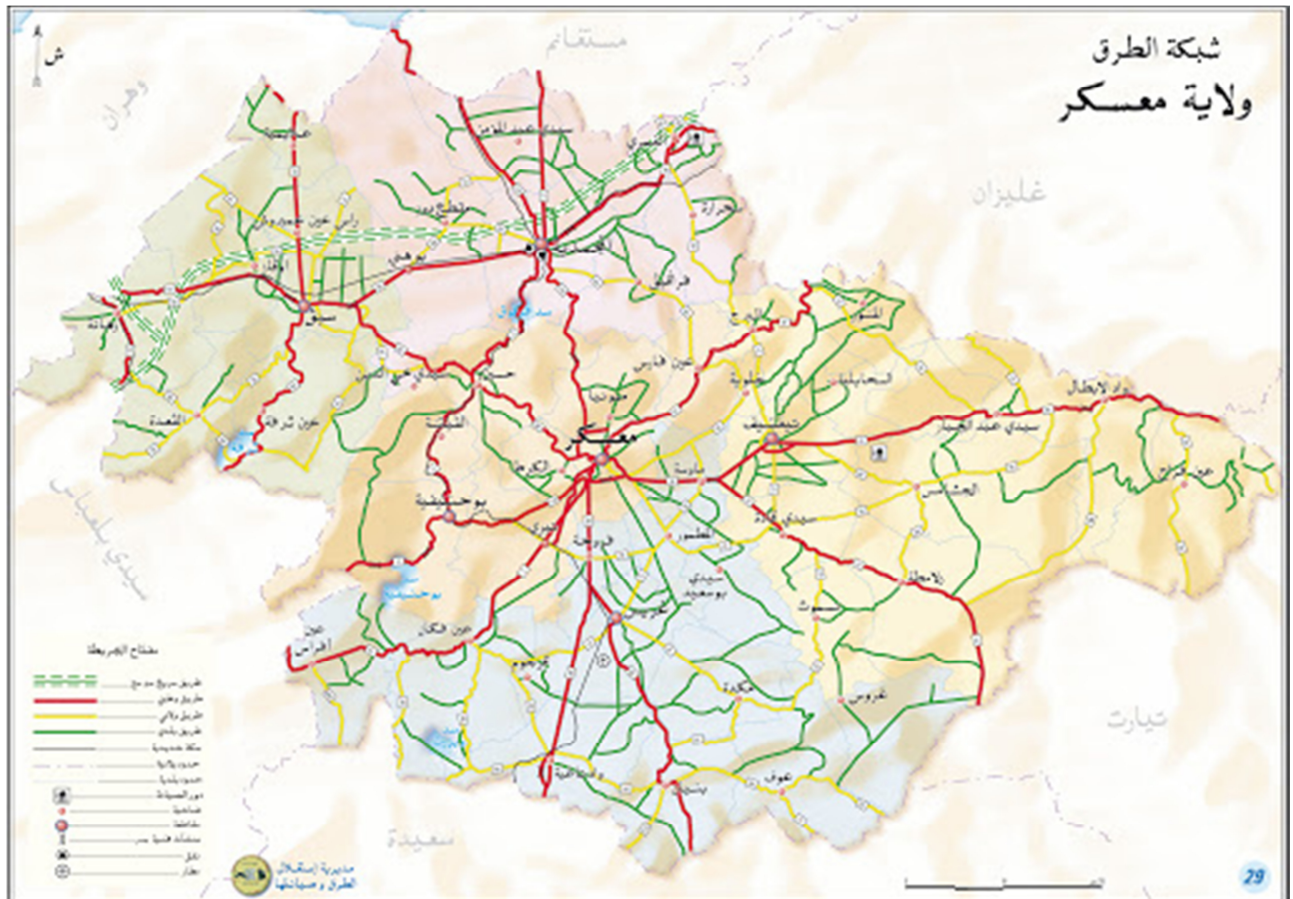


Figure I-1 : Carte de Réseau routier de la wilaya de MASCARA

I-4- OBJECTIF DE PROJET :

Le projet de la pénétrante autoroutière reliant mascara à l'autoroute Est-Ouests'inscrit dans le cadre du schéma national d'aménagement du territoire (SNAT) qui prévoit,à terme la liaison de l'ensemble des ports avec l'autoroute Est-Ouest.

Ce projet a pour vocation de consolider les échanges entre les wilayas de mascara et de Relizane, de renforcer le macro-maillage de l'infrastructure de transport et de conforter le redéploiement économique et social de la région. Concernant les travaux, le projet de la pénétrante de Mascara a été divisé en deuxmarchés :

➤ **Tronçon 1 :** autoroutier sur 4 km de la pénétrante de mascara pk 0.00 au
Pk 4.00

➤ **Tronçon 2 :** autoroutier sur 4 km de la pénétrante de mascara pk 4.00 au
Pk 7.70

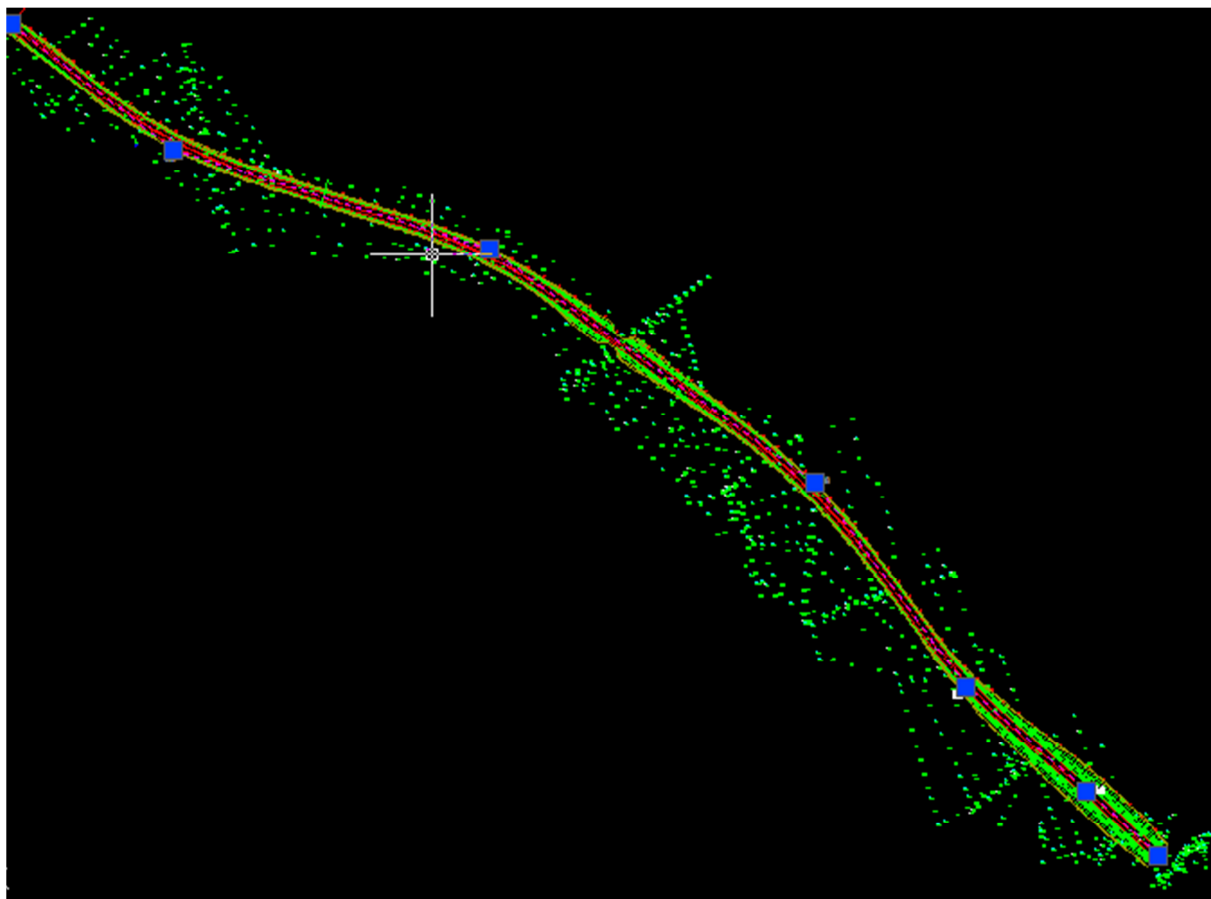


Figure I-2 : Tracé de la pénétrante traversant le wilaya de Mascara.

Dans notre projet de fin d'étude on a étudié un tronçon de cinq kilomètres (05 km) du PK4+00 au Pk7+700 de la pénétrante autoroutière reliant Mostaganem à l'Autoroute Est-Ouest.

I-5- DONNEES DE BASE :

- Le trafic :
 - TJMA : **10 000 V/J**
 - Pourcentage de poids lourds : **35%**
 - Le taux d'accroissement : $\tau = 4\%$
 - Durée d'étude et mise en service : **2 ans**
 - Durée de vie : **20 ans**
- L'indice **CBR = 9**

Chapitre : II

ETUDE DU TRAFIC

II-1- INTRODUCTION.

II-2- ANALYSE DU TRAFIC.

II-3- DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS.

II-4- MODÈLES DE PRÉSENTATION DE TRAFIC.

II-5- CALCUL DE LA CAPACITÉ.

APPLICATION AU PROJET.

CHAPITRE II **ETUDE DU TRAFIC**

II-1- INTRODUCTION :

L'étude de trafic est une étape primordiale dans toute réflexion relative à un projet routier. Cette étude permettra de déterminer la virulence du trafic, son agressivité et aussi le type d'aménagement à réaliser. Le trafic journalier moyen annuel (**TJMA**) est nécessaire pour déterminer les différentes caractéristiques d'un tronçon routier (nombre de voies, type d'échanges et aussi dimensionnement de la chaussée).

L'étude de trafic s'attachera à la connaissance des flux transitoires :

- De transit, lorsqu'il s'agira d'apprécier l'opportunité d'une déviation d'agglomération a nature des flux, pour déterminer les points d'échange
- Le niveau des trafics et leur évolution pour programmer dans le temps les Investissements
- Les mouvements directionnels permettant de définir les caractéristiques des échanges.
- Le niveau de trafic poids lourds déterminant directement le dimensionnement de la structure de la chaussée.

II-2- ANALYSE DU TRAFIC :

Cette analyse est réalisée par différents procédés complémentaires à savoir :

- **Comptages manuels.**
- **Comptages automatiques.**

Ces deux types, permettent de mesurer le trafic sur un tronçon. En ce qui concerne les compteurs automatiques, les dispositifs ont maintenant la capacité de discriminer les véhicules légers et les poids lourds.

- **Les enquêtes de type cordon:**elles permettent de distinguer les trafics de transit de trafics locaux, et les origines et destinations de chaque flux.

➤ ☐ Les enquêtes qualitatives:elles permettent de connaître l'appréciation de l'utilisateur par rapport au réseau ; les raisons de son déplacement...etc.

II-3- DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS :

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

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

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

d) Traffic total : C'est le trafic total sur le nouvel aménagement qui sera la somme du trafic induit et du trafic dévié.

II-4- MODÈLES DE PRÉSENTATION DE TRAFIC :

La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant. Ce recensement permettra d'hierarchiser le réseau routier par rapport aux fonctions qu'il assure, et de mettre en évidence les difficultés dans l'écoulement du trafic et de ses conséquences sur l'activité humaines.

Les différentes méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le future sont :

- ✓ Prolongation de l'évolution passée.
- ✓ Corrélation entre le trafic et des paramètres économiques.
- ✓ Modèle gravitaire.
- ✓ Modèle de facteur de croissance.

II-4-1- Prolongation de l'évolution passée :

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir,

l'évolution des trafics observés dans le passé. On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic T_n à l'année n sera :

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

Où:

- T_0 : est le trafic à l'arrivée pour l'origine.
- (τ) : est le taux de croissance

II-4-2- Corrélation entre le trafic et les paramètres économiques :

Elle consiste à rechercher dans le passé une corrélation entre le niveau de trafic d'une part et certains indicateurs macro-économiques :

- ✓ \square Produit national brut (PNB).
- ✓ \square Produits des carburants, d'autres part, si on pense que cette corrélation restera à vérifier dans le taux de croissance du trafic, mais cette méthode nécessite l'utilisation d'un modèle de simulation, ce qui sort du cadre de notre étude

II-4-3- Modèle gravitaire :

Il est nécessaire pour la résolution des problèmes concernant les trafics actuels au future proche, mais il se prête mal à la projection.

II-4-4- Modèle de facteurs croissance :

Ce type de modèle nous permet de projeter une matrice origine – destination. La méthode la plus utilisée est celle de FRATAR qui prend en considération les facteurs suivants :

- ✓ \square Le taux de motorisation des véhicules légers et leur utilisation.
- ✓ \square Le nombre d'emploi.
- ✓ \square La population de la zone.

Cette méthode nécessite des statistiques précises et une recherche approfondie de la zone à étudier.

➤ Remarque :

Pour notre cas, nous utilisons la première méthode, c'est à dire la méthode «prolongation de l'évolution passée » vu sa simplicité et son intégration de l'ensemble des variables économiques de la région.

II-5- CALCUL DE LA CAPACITÉ :

II-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.

II-5-2- Détermination de nombre de voies :

La problématique qui est à la base des projets d'infrastructure routière est souvent liée à l'insuffisance du réseau existant.

Une des solutions est basée sur le nombre de voies.

A partir de là, l'ingénieur fait une comparaison entre le débit admissible et le débit prévisible pour obtenir le choix du nombre de voies pour un tronçon routier.

Donc il est nécessaire d'évaluer le débit horaire à l'heure de pointe pour la 20^{ème} année d'exploitation.

II-5-3- Calcul du trafic moyen journalier (TJMA) horizon :

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

$$T_n = T_1 (1 + \tau)_n$$

Où:

- (τ) : est le taux de croissance
- n : nombre d'année.

➤ Calcul des trafics effectifs :

C'est le trafic traduit en unités des véhicules particulières (U.V.P) en fonction du Type de route et de l'environnement (vallonnée, en plaine.....).

Pour cela on utilise des coefficients d'équivalence pour convertir les PL en (U.V.P).

Le trafic effectif est donné par la relation :

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

Avec :

- T_{eff} : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P/j)
- Z : pourcentage de poids lourds (%).
- P : coefficient d'équivalence pour le poids lourd, il dépend de la nature de la route.

Tableau II-1: Valeurs du coefficient P

Routes	E1	E2	E3
2 voies	3	6	12
3 voies	2,5	5	10
4 voies et +	2	4	8

Ce tableau nous permet de déterminer le coefficient d'équivalence pour les poids lourds « P » pour le poids lourd en fonction de l'environnement et les caractéristiques de notre route.

A. Débit de point horaire normal :

Le débit de point horaire normal est une **fraction** du trafic effectif à l'horizon, il est donné par la formule :

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

Avec :

- $\left(\frac{1}{n}\right)$: Coefficient de pointe prise égale **0,12**
- **Q** : est exprimé en **(UVP/h)**.

B. Débit horaire admissible :

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

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

Avec :

- **K1** : Coefficient lié à l'environnement.
- **K2** : Coefficient de réduction de capacité.
- **Cth** : Capacité effective par voie, qu'un profil en travers peut écouler en régime stable.

❖ Valeurs de K1 :

Tableau II-2: Valeurs de K1 en fonction de l'environnement

Coefficient K1					
	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
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

❖ Valeurs de K2 :

Tableau II-3: Valeurs de K2 en fonction de l'environnement

Coefficient K2			
Environnement	E1	E2	E3
K2	0,75	0,85	0,90 à 0,95

Valeurs de Cth : Capacité théorique du profil en travers en régime stable.

❖ Capacité théorique :

Tableau II-4: Valeurs de 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

➤ Calcul du nombre de voie :

✓ Cas d'une chaussée bidirectionnelle :

On compare Q à Qadm et on prend le profil permettant d'avoir : $Q_{adm} = Q$

✓ Cas d'une chaussée unidirectionnelle :

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

$$S. Q / Q_{adm}$$

Avec :

- S : coefficient dissymétrie en général = 2/3
- Qadm: débit admissible par voie.

➤ Application au projet :

- **Données**

- ✓ TJMA = **10 000 V/J**
- ✓ Taux de croissance : $\tau = 4\%$
- ✓ Pourcentage du poids lourd : **Z=35%**
- ✓ Année de comptage : **2015**
- ✓ Année de mise en service : **2017**
- ✓ Durée de vie : **20 ans**
- ✓ Coefficient d'équivalence : **P=3**
- ✓ Coefficient lié à l'environnement : **K1=1.00**
- ✓ Coefficient de réduction de capacité : **K2=0.75**
- ✓ Capacité effective par voie : **$1500 \leq C_{th} \leq 2000$ UVP/h**

➤ Calcul du trafic à l'année de mise en service (2017) :

$$T_{2017} = TJMA \cdot (1+0.04)^2 = 10000 \cdot (1+0.04)^2 \quad T_{2017} = \mathbf{10\ 816\ V/J.}$$

➤ Calcul du trafic moyen journalier (TJMA) horizon (2037) :

$$T_{2037} = T_{2017} \cdot (1+0.04)^{20} = 10816 \cdot (1+0.04)^{20} \quad T_{2037} = \mathbf{23\ 700\ UVP/J.}$$

➤ Calcul du trafic effectif :

$$T_{eff} = [(1-Z) + P \cdot Z] \cdot T_n = [(1-0.35) + 3 \cdot 0.35] \cdot 23700$$

$$T_{eff} = \mathbf{40\ 290\ UVP/J.}$$

➤ Calcul du débit du point horaire normal :

$$Q = () \cdot T_{eff} = 0.12 \cdot 40290 \quad Q = \mathbf{4\ 835\ UVP/J.}$$

➤ Calcul du débit admissible :

$$Q_{adm} \text{ (UVP/h)} = K_1 \cdot K_2 \cdot C_{th} = 1.00 \cdot 0.75 \cdot 2000 \quad Q_{adm} = \mathbf{1\ 500\ UVP/J.}$$

➤ Calcul du nombre de voies :

$$N = S \cdot Q / Q_{adm} = (2/3) \cdot 4835 / 1500 \quad N = \mathbf{2\ voies}$$

Chapitre : III

TRACÉ EN PLAN

III-1- INTRODUCTION.

III-2- TRACE EN PLAN

III-3- ETUDE DES VARIANTES

➤ Etude de la variante N°01

➤ Etude de la variante N°02

CHAPITRE III

TRACÉ EN PLAN

III-1- INTRODUCTION :

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

- L'étude et conception d'un nouveau tracé dans des sites vierges.

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

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

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

III-2- TRACE EN PLAN :

III-2-1- Introduction :

Le tracé en plan est une projection de la route sur un plan horizontal de l'axe de la chaussée, il est constitué d'une succession de droites, raccordés par arcs de cercle. Il doit permettre d'assurer les bonnes conditions de sécurité et de confort. L'inconfort de l'utilisateur est d'autant plus important que le rayon des courbes est plus faible, que l'on suppose la courbe parcourue à la vitesse maximale réglementaire ou à la vitesse effectivement adoptée par les usagers (plus faible pour les petits rayons). Cela conduit, en fonction de la catégorie de route, à fixer des rayons minimaux.

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

D'autre part, dans certaines conditions (liées notamment au tracé situé en amont), les courbes de faible rayon peuvent créer des problèmes de sécurité, ce qui conduit à ne les utiliser qu'en respectant certaines contraintes relatives à l'enchaînement des éléments du tracé en plan.

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

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

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

A. Pour les routes neuves :

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

1. d'éviter les tracés en succession de grandes courbes (tracés de type autoroutier),
2. de recourir de préférence à des alignements droits (au moins 50 % du linéaire pour permettre l'implantation de carrefours et de zones de visibilité de dépassement dans de bonnes conditions) alternant avec des courbes moyennes (de rayon supérieur au rayon minimal, et ne dépassant guère le rayon non déversé).

3. d'éviter, en extrémité d'alignements droits importants (plus de 1 km) et quelle que soit la catégorie, les courbes de rayon inférieur à 300 m, de même qu'en bas de longues descentes rapides, en extrémité d'alignements plus courts (0,5 à 1 km) éviter les courbes de rayon inférieur à 200 m.
4. de respecter, lorsque deux courbes se succèdent (même séparées par un alignement droit, quelle que soit sa longueur) la condition suivante concernant leurs rayons R_1 et R_2 : $0,67 < R_1/R_2 < 1,5$, sauf si R_1 et R_2 sont supérieurs à 500 m.
5. d'exclure les courbes en omelette, en C, et à sommet.

B. Pour l'aménagement des routes existantes :

Sous certaines conditions, des valeurs inférieures aux valeurs minimales peuvent être adoptées (2). Les recommandations 1 et 2 sont généralement sans objet mais les recommandations 3, 4 et 5, qui concernent directement la sécurité, sont à prendre en considération. Elles doivent être appréciées en tenant compte des résultats du diagnostic de sécurité (analyse des accidents notamment).

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

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

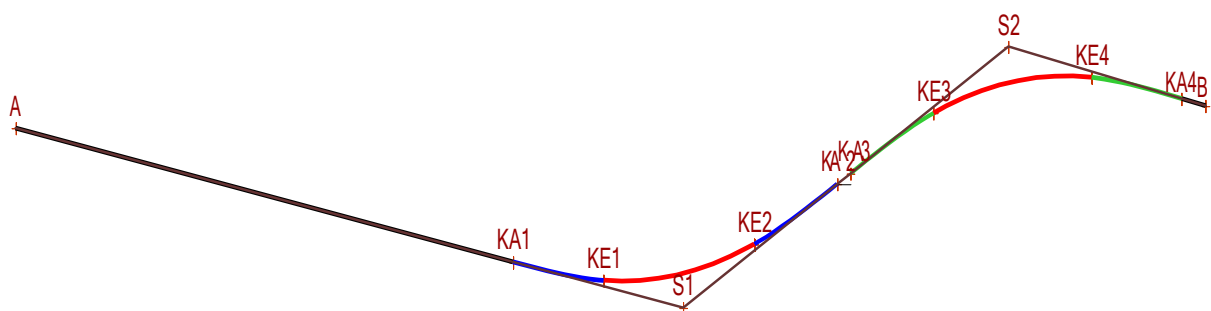


Figure III-1 : les éléments d'un tracé en plan

➤ Les alignements :

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

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

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

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

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

➤ Règles pour l'utilisation des rayons en plan :

Il n'y a aucun rayon inférieur à R_{Hm} , on utilise autant des valeurs de rayon supérieur ou égale à R_{Hn} que possible.

III-3- ETUDE DES VARIANTES :

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

Dans cette partie on a relevé à partir du tracé en plan, les coordonnées planimétriques définissant l'axe la route.

Une fois les coordonnées relevées, on calcule les gisements de toutes les directions définissant les alignements droits, on détermine ensuite les angles au centre de chaque raccordement et enfin on procède à la mesure des longueurs des tangentes.

➤ Calcul de gisements et des angles au centre :

a- Gisement :

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

Exemple : Calcul du Gisement de la direction AS :

$$G_{AS} = \arctg \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \arctg \frac{(XS - XA)}{(YS - YA)}$$

b- Distance :

La distance AS est donnée par la relation :

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

c- L'angle au centre :

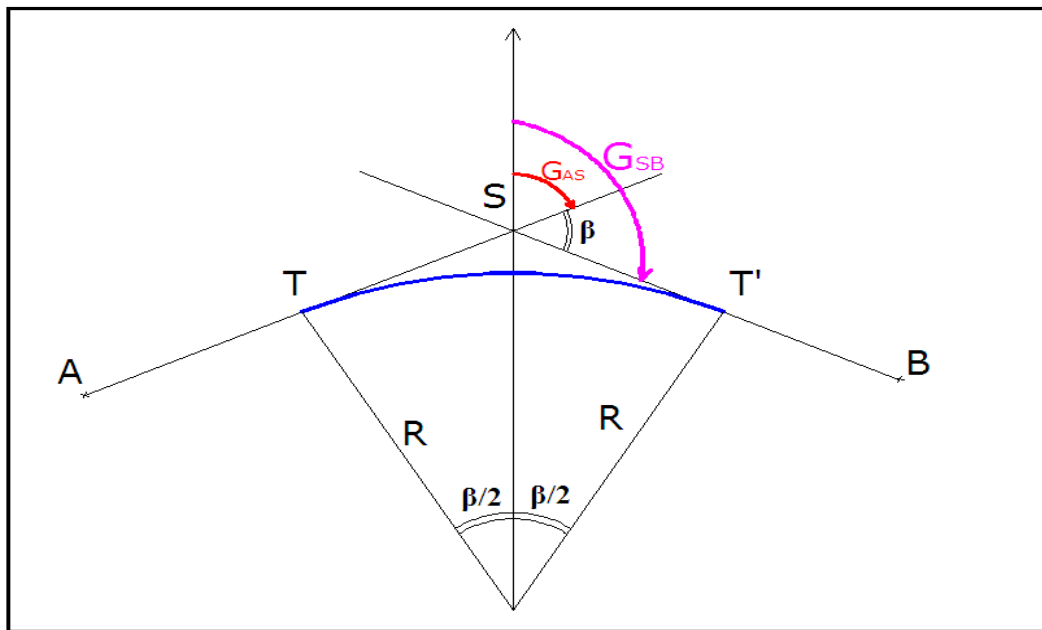


Figure III-2 : détermination de l'angle au centre

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

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

Etude de la Variante N°01

1) Calcul de la variante N° 01:

➤ Les coordonnées planimétriques des sommets de la variante N°01 :

Tableau III-1: Coordonnées des sommets variante N°01

N	X(m)	Y(m)
A	755129,489	3937862,974
S6	755580,979	3937512,881
S7	756459,443	3937238,114
S8	757359,588	3936590,850
S9	757778,868	3936025,340
S10	758115,378	3935735,409
B	758313,381	3935555,968

Gisements, angles au centre et distances :—

Tableau III-2: Gisements, angles au centre et distances variante N°01

Valeurs ΔX et ΔY (m)		Gisements (gr)		Angle au centre (gr)		Distances (m)	
$\Delta X =$	451,490	$G_{1.2} =$	141,990	$\beta_1 =$	22,691	571,322	
$\Delta Y =$	-350,093						
$\Delta X =$	878,464	$G_{2.3} =$	119,299	$\beta_2 =$	20,388	920,432	
$\Delta Y =$	-274,767						
$\Delta X =$	900,145	$G_{3.4} =$	139,687	$\beta_3 =$	19,698	1108,698	
$\Delta Y =$	-647,264						
$\Delta X =$	419,280	$G_{4.5} =$	159,385	$\beta_4 =$	14,11	703,987	
$\Delta Y =$	-565,510						
$\Delta X =$	336,510	$G_{5.6} =$	145,275	$\beta_5 =$	1,597	444,183	
$\Delta Y =$	-289,931						
$\Delta X =$	198,003					267,216	
$\Delta Y =$	-179,441	$G_{6.7} =$	146,872				

➤ Calcul des paramètres des raccordements circulaires :

✓ □ Bissectrice: $Biss = R \cdot \left(\frac{1}{\cos \frac{\beta}{2}} - 1 \right)$

✓ □ La développée : $D = \frac{\pi \cdot \beta^{deg} \cdot R}{180} = \frac{\pi \cdot \beta^{Grad} \cdot R}{200} = R \cdot \beta^{rd}$

✓ □ La flèche: $F = R(1 - \cos \frac{\beta}{2})$

✓ □ La tangente: $\delta_t = R \times \tan \left(\frac{\beta}{2} \right)$

Tableau III-3: calcul des paramètres de raccordement au centre variante N°01

Angle au centre (gr)	Rayon (m)	Tangente (m)	Développée (m)	La flèche (m)	Bissectrice (m)
$\beta_1 = -22,691$	1500	270,189	534,644	23,757	24,140
$\beta_2 = 20,388$	1500	242,265	480,381	19,189	19,438
$\beta_3 = 19,698$	1800	280,717	556,948	21,498	21,758
$\beta_4 = -14,11$	1500	166,913	332,459	09,201	09,258
$\beta_5 = 01,597$	1500	018,815	037,628	0,118	0,118
$\Sigma R_c =$			2400,601		

➤ □ Les longueurs de tracé :

✓ □ La longueur totale des alignements droits mesurée LAD :

$$AD1 = 571,322 - 270,189 = 301,133 \text{ m}$$

$$AD2 = 920,432 - 270,189 - 242,265 = 407,969 \text{ m}$$

$$AD3 = 1108,698 - 242,265 - 280,717 = 585,716 \text{ m}$$

$$AD4 = 703,987 - 280,717 - 166,913 = 256,357 \text{ m}$$

$$AD5 = 444,183 - 166,913 - 18,815 = 258,455 \text{ m}$$

$$AD6 = 267,216 - 18,815 = 248,401 \text{ m}$$

$$LAD = \sum AD = 2058,031 \text{ m}$$

✓ □ La longueur totale des arcs de cercles calculées LC :

$$LC = \sum RC = \sum D = 2400,601 \text{ m}$$

✓ □ La longueur totale de tracé mesurée :

$$LT = \sum AD + \sum RC = 2058,031 + 2400,601$$

$$LT = 4458,632 \text{ m}$$

➤ □ Pourcentage des alignements droits :

$$\% \text{ alignements droits} = LAD / LT = 2058 / 4458,632 = 46,16\%$$

Condition vérifié

➤ □ Pourcentage des courbes :

$$\% \text{ Courbes} = LC / LT = 2400,601 / 4458,632 = 53,84\%$$

Condition vérifié

➤ □ Déclivité cumulée :

Tableau III-4 : calcul des Déclivité cumulés variante N°01

Distance		Gisement	Point d'axe			
Cumulée	Partielle		X	Y	Z	
0.0000	0.0000	341.9895	755129.4886	3937862.9736	369.6056	
30.0000	30.0000	341.9895	755153.1962	3937844.5903	369.4492	-0,16
60.0000	30.0000	341.9895	755176.9039	3937826.2070	369.3167	-0,13
90.0000	30.0000	341.9895	755200.6116	3937807.8236	369.2732	-0,04
120.0000	30.0000	341.9895	755224.3193	3937789.4403	369.2623	-0,01
150.0000	30.0000	341.9895	755248.0269	3937771.0570	369.2603	0,00
180.0000	30.0000	341.9895	755271.7346	3937752.6737	369.2968	0,04
210.0000	30.0000	341.9895	755295.4423	3937734.2904	369.3338	0,04
240.0000	30.0000	341.9895	755319.1500	3937715.9071	369.3310	0,00
270.0000	30.0000	341.9895	755342.8577	3937697.5238	369.2728	-0,06
300.0000	30.0000	341.9895	755366.5653	3937679.1405	369.2782	0,01
301.1333	1.1333	341.9885	755367.4610	3937678.4460	369.2784	0,00
330.0000	28.8667	340.7644	755390.4418	3937660.9778	369.1909	-0,09
360.0000	30.0000	339.4911	755414.6765	3937643.2958	369.1889	0,00
390.0000	30.0000	338.2179	755439.2599	3937626.1021	369.2291	0,04
420.0000	30.0000	336.9447	755464.1823	3937609.4034	369.2145	-0,01
450.0000	30.0000	335.6714	755489.4336	3937593.2065	369.1658	-0,05
480.0000	30.0000	334.3982	755515.0038	3937577.5179	369.2300	0,06
510.0000	30.0000	333.1249	755540.8827	3937562.3437	369.1991	-0,03
540.0000	30.0000	331.8517	755567.0598	3937547.6901	369.2055	0,01
570.0000	30.0000	330.5785	755593.5248	3937533.5629	369.2145	0,01
600.0000	30.0000	329.3052	755620.2669	3937519.9679	369.2264	0,01
630.0000	30.0000	328.0320	755647.2757	3937506.9103	369.3073	0,08
660.0000	30.0000	326.7587	755674.5401	3937494.3956	369.1633	-0,14
690.0000	30.0000	325.4855	755702.0494	3937482.4285	369.9115	0,75
720.0000	30.0000	324.2123	755729.7925	3937471.0140	369.3265	-0,58

750.0000	30.0000	322.9390	755757.7583	3937460.1567	369.2507	-0,08
780.0000	30.0000	321.6658	755785.9357	3937449.8607	369.3478	0,10
810.0000	30.0000	320.3925	755814.3133	3937440.1304	369.5280	0,18
835.7774	25.7774	319.2996	755838.8480	3937432.2243	369.5129	-0,02
840.0000	4.2226	319.2985	755842.8781	3937430.9638	369.5490	0,04
870.0000	30.0000	319.2985	755871.5102	3937422.0082	369.5464	0,00
900.0000	30.0000	319.2985	755900.1423	3937413.0526	369.6135	0,07
930.0000	30.0000	319.2985	755928.7744	3937404.0971	369.6311	0,02
960.0000	30.0000	319.2985	755957.4065	3937395.1415	369.7150	0,08
990.0000	30.0000	319.2985	755986.0386	3937386.1859	369.5837	-0,13
1020.0000	30.0000	319.2985	756014.6708	3937377.2304	369.5016	-0,08
1050.0000	30.0000	319.2985	756043.3029	3937368.2748	369.4272	-0,07
1080.0000	30.0000	319.2985	756071.9350	3937359.3192	369.3738	-0,05
1110.0000	30.0000	319.2985	756100.5671	3937350.3637	369.3080	-0,07
1140.0000	30.0000	319.2985	756129.1992	3937341.4081	369.2485	-0,06
1170.0000	30.0000	319.2985	756157.8313	3937332.4525	369.1460	-0,10
1200.0000	30.0000	319.2985	756186.4634	3937323.4970	369.0322	-0,11
1230.0000	30.0000	319.2985	756215.0955	3937314.5414	368.9611	-0,07
1243.7457	13.7457	319.2996	756228.2145	3937310.4381	369.0684	0,11
1260.0000	16.2543	319.9884	756243.7011	3937305.5019	368.9664	-0,10
1290.0000	30.0000	321.2616	756272.1399	3937295.9519	368.9342	-0,03
1320.0000	30.0000	322.5349	756300.3821	3937285.8351	368.9384	0,00
1350.0000	30.0000	323.8081	756328.4162	3937275.1554	368.9434	0,00
1380.0000	30.0000	325.0813	756356.2312	3937263.9173	368.9379	-0,01
1410.0000	30.0000	326.3546	756383.8159	3937252.1252	368.9358	0,00
1440.0000	30.0000	327.6278	756411.1593	3937239.7837	368.8563	-0,08
1470.0000	30.0000	328.9010	756438.2504	3937226.8979	368.7724	-0,08
1500.0000	30.0000	330.1743	756465.0783	3937213.4729	368.7665	-0,01
1530.0000	30.0000	331.4475	756491.6324	3937199.5141	368.7202	-0,05
1560.0000	30.0000	332.7208	756517.9021	3937185.0270	368.7367	0,02
1590.0000	30.0000	333.9940	756543.8767	3937170.0174	368.7160	-0,02

1620.0000	30.0000	335.2672	756569.5460	3937154.4914	368.7428	0,03
1650.0000	30.0000	336.5405	756594.8997	3937138.4551	368.7162	-0,03
1680.0000	30.0000	337.8137	756619.9276	3937121.9150	368.7147	0,00
1710.0000	30.0000	339.0870	756644.6197	3937104.8777	368.7176	0,00
1724.1475	14.1475	339.6863	756656.1447	3937096.6726	368.7000	-0,02
1740.0000	15.8525	339.6874	756669.0152	3937087.4178	368.7144	0,01
1770.0000	30.0000	339.6874	756693.3720	3937069.9036	368.7154	0,00
1800.0000	30.0000	339.6874	756717.7288	3937052.3894	368.6885	-0,03
1830.0000	30.0000	339.6874	756742.0856	3937034.8753	368.6517	-0,04
1860.0000	30.0000	339.6874	756766.4424	3937017.3611	368.6838	0,03
1890.0000	30.0000	339.6874	756790.7992	3936999.8469	368.8010	0,12
1920.0000	30.0000	339.6874	756815.1560	3936982.3328	370.0222	1,22
1950.0000	30.0000	339.6874	756839.5128	3936964.8186	368.8959	-1,13
1980.0000	30.0000	339.6874	756863.8696	3936947.3044	368.9194	0,02
2010.0000	30.0000	339.6874	756888.2264	3936929.7902	368.8968	-0,02
2040.0000	30.0000	339.6874	756912.5833	3936912.2761	368.9299	0,03
2070.0000	30.0000	339.6874	756936.9401	3936894.7619	368.9576	0,03
2100.0000	30.0000	339.6874	756961.2969	3936877.2477	368.8752	-0,08
2130.0000	30.0000	339.6874	756985.6537	3936859.7336	368.2540	-0,62
2160.0000	30.0000	339.6874	757010.0105	3936842.2194	368.8858	0,63
2190.0000	30.0000	339.6874	757034.3673	3936824.7052	368.9369	0,05
2220.0000	30.0000	339.6874	757058.7241	3936807.1910	368.9732	0,04
2250.0000	30.0000	339.6874	757083.0809	3936789.6769	368.9290	-0,04
2280.0000	30.0000	339.6874	757107.4377	3936772.1627	368.8465	-0,08
2309.8657	29.8657	339.6883	757131.6854	3936754.7269	368.8702	0,02
2310.0000	0.1343	339.6922	757131.7945	3936754.6485	368.8703	0,00
2340.0000	30.0000	340.7532	757156.0029	3936736.9304	368.8775	0,01
2370.0000	30.0000	341.8142	757179.9126	3936718.8113	368.8004	-0,08
2400.0000	30.0000	342.8753	757203.5171	3936700.2962	368.8515	0,05
2430.0000	30.0000	343.9363	757226.8097	3936681.3903	369.0176	0,17
2460.0000	30.0000	344.9973	757249.7840	3936662.0988	369.0456	0,03

2490.0000	30.0000	346.0584	757272.4336	3936642.4271	368.9057	-0,14
2520.0000	30.0000	347.1194	757294.7522	3936622.3807	368.9465	0,04
2550.0000	30.0000	348.1804	757316.7336	3936601.9651	368.9728	0,03
2580.0000	30.0000	349.2415	757338.3717	3936581.1860	369.0918	0,12
2610.0000	30.0000	350.3025	757359.6605	3936560.0491	369.1995	0,11
2640.0000	30.0000	351.3635	757380.5941	3936538.5604	369.2801	0,08
2670.0000	30.0000	352.4246	757401.1666	3936516.7258	369.3286	0,05
2700.0000	30.0000	353.4856	757421.3724	3936494.5514	369.4005	0,07
2730.0000	30.0000	354.5466	757441.2059	3936472.0433	369.5085	0,11
2760.0000	30.0000	355.6076	757460.6614	3936449.2078	369.6075	0,10
2790.0000	30.0000	356.6687	757479.7337	3936426.0512	369.7251	0,12
2820.0000	30.0000	357.7297	757498.4174	3936402.5800	369.8447	0,12
2850.0000	30.0000	358.7907	757516.7074	3936378.8007	369.9404	0,10
2866.7888	16.7888	359.3836	757526.7692	3936365.3611	369.9574	0,02
2880.0000	13.2112	359.3845	757534.6375	3936354.7486	370.0107	0,05
2910.0000	30.0000	359.3845	757552.5049	3936330.6497	370.1818	0,17
2940.0000	30.0000	359.3845	757570.3722	3936306.5508	370.4130	0,23
2970.0000	30.0000	359.3845	757588.2396	3936282.4519	370.7883	0,38
3000.0000	30.0000	359.3845	757606.1070	3936258.3530	371.0358	0,25
3030.0000	30.0000	359.3845	757623.9744	3936234.2541	371.3325	0,30
3060.0000	30.0000	359.3845	757641.8417	3936210.1552	371.5439	0,21
3090.0000	30.0000	359.3845	757659.7091	3936186.0563	371.7388	0,19
3120.0000	30.0000	359.3845	757677.5765	3936161.9574	371.9817	0,24
3123.1631	3.1631	359.3835	757679.4604	3936159.4165	372.0017	0,02
3150.0000	26.8369	358.2455	757695.6358	3936138.0026	372.1448	0,14
3180.0000	30.0000	356.9723	757714.1680	3936114.4118	372.2903	0,15
3210.0000	30.0000	355.6991	757733.1683	3936091.1962	372.4341	0,14
3240.0000	30.0000	354.4258	757752.6290	3936068.3654	372.6526	0,22
3270.0000	30.0000	353.1526	757772.5424	3936045.9282	372.9039	0,25
3300.0000	30.0000	351.8793	757792.9006	3936023.8938	373.2622	0,36
3330.0000	30.0000	350.6061	757813.6953	3936002.2709	373.5009	0,24

3360.0000	30.0000	349.3329	757834.9183	3935981.0682	373.8919	0,39
3390.0000	30.0000	348.0596	757856.5611	3935960.2942	374.3317	0,44
3420.0000	30.0000	346.7864	757878.6151	3935939.9572	374.8752	0,54
3450.0000	30.0000	345.5131	757901.0713	3935920.0653	375.4740	0,60
3455.6123	5.6123	345.2760	757905.3163	3935916.3941	375.5732	0,10
3480.0000	24.3877	345.2750	757923.7922	3935900.4756	376.0899	0,52
3510.0000	30.0000	345.2750	757946.5201	3935880.8938	376.6177	0,53
3540.0000	30.0000	345.2750	757969.2479	3935861.3120	377.0481	0,43
3570.0000	30.0000	345.2750	757991.9757	3935841.7302	378.1020	1,05
3600.0000	30.0000	345.2750	758014.7035	3935822.1484	378.6819	0,58
3630.0000	30.0000	345.2750	758037.4313	3935802.5667	379.6159	0,93
3660.0000	30.0000	345.2750	758060.1592	3935782.9849	380.5693	0,95
3690.0000	30.0000	345.2750	758082.8870	3935763.4031	381.4335	0,86
3720.0000	30.0000	345.2750	758105.6148	3935743.8213	382.3925	0,96
3732.8877	12.8877	346.0734	758115.3784	3935735.4092	382.7447	0,35
3750.0000	17.1123	346.8719	758128.0584	3935723.9179	383.2306	0,49
3780.0000	30.0000	346.8719	758150.2879	3935703.7722	384.1677	0,94
3810.0000	30.0000	346.8719	758172.5174	3935683.6265	385.1268	0,96
3840.0000	30.0000	346.8719	758194.7469	3935663.4808	386.1490	1,02
3870.0000	30.0000	346.8719	758216.9764	3935643.3351	387.1882	1,04
3900.0000	30.0000	346.8719	758239.2059	3935623.1894	388.4023	1,21
3930.0000	30.0000	346.8719	758261.4355	3935603.0438	389.3068	0,90
3960.0000	30.0000	346.8719	758283.6650	3935582.8981	390.3491	1,04
3990.0000	30.0000	346.8719	758305.8945	3935562.7524	391.1685	0,82
4000.1037	10.1037	346.8719	758313.3812	3935555.9675	391.5993	0,43

H	21,99
H/L	0,0055
H/L %	0,55

➤ □ Déclivité cumulée :

$$D_c = \frac{|\sum_{P_i > 0} P_i L_i + \sum_{P_i < 0} P_i L_i|}{L} \quad D_c = 0.55\% \rightarrow$$

Les valeurs seuils ci-dessous, déterminées par l'analyse de plusieurs itinéraires en Algérie, permettent de caractériser trois types de topographie.

Tableau III-5 : Type de topographie

N°	Classification du terrain	Dénivelée cumulée
1	Plat	$D_c \leq 1.5\%$
2	Terrain Vallonné	$1.5\% < D_c \leq 4\%$
3	Terrain montagneux	$D_c > 4\%$

$$D_c = 0.55\% \leq \square 1.5\%$$



Terrain plat

➤ □ 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.

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

Tableau III-6 : Sinuosité

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

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

 **Sinuosité faible**

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

- L_s : la somme des développées des rayons inférieure ou égale à 200m

➤ **Environnement :**

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

Tableau III-7 : Tableau d'Environnement de la route

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

- ✓ $D_c = 0.55\% \leq 1.5\%$ (terrain plat)

- ✓ $\sigma = 0$ (sinuosité faible)  **Environnement : E1**

➤ **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 points. 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 :

1. La catégorie
2. L'environnement

Le tableau ci-dessous nous permet de déterminée la vitesse de référence.

Tableau III-8: Vitesse de référence

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

Cat 01 et E 01  Vr = 100 km/h

➤ □ Détermination des dévers dmax et dmin :

Tableau III-9 : Dévers

	Cat1	Cat1	Cat1	Cat1	Cat1
dmin	-2,50%	-2,50%	-3%	-3%	-4%
dmax	7%	7%	8%	8%	9%

➤ □ Détermination du coefficient transversal ft :

Tableau III-10 : Valeur du coefficient ft

Vr	40	60	80	100	120	140
CAT 1-2	0,22	0,16	0,13	0,11	0,1	0,1
CAT 3-4-5	0,22	0,18	0,15	0,125	0,11	/

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

Tableau III-11 : Valeur du coefficient "F"

Catégorie	Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5
F''	0,06	0,06	0,07	0,075	0,075

➤ Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques :

Tableau III-12 : Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques

dmax =	7,00%
dmin =	2,50%
ft =	0,11
d =	0,05
F'' =	0,06

❖ calcul des rayons en plan :

1) Rayon horizontal minimal absolu :

$$RHm = \frac{Vr^2}{127(ft+dmax)} \longrightarrow RHm = \frac{100^2}{127(0.11+0.07)}$$

$$\longrightarrow RHm = 437.44 \text{ m}$$

2) Rayon minimal normal :

$$RHn = \frac{(Vr+20)^2}{127(ft+dn)} \longrightarrow RHn = \frac{(100+20)^2}{127(0.1+0.05)}$$

$$\rightarrow RHn = 708.66 \text{ m}$$

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

3) Rayon au dévers minimal :

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et tel que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse Vr serait équivalente à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit. Dévers associé **dmin = 2.5%**.

$$RHd = \frac{Vr^2}{127 \times 2 \times dmin} \rightarrow RHd = \frac{100^2}{127 \times 2 \times 0.025}$$

$$\rightarrow RHd = 1574.80 \text{ m}$$

4) Rayon minimal non déversé :

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

$$RHnd = \frac{Vr^2}{127 \cdot (F'' - dmin)} \rightarrow RHnd = \frac{100^2}{127(0.06 - 0.025)}$$

$$\rightarrow RHnd = 2249.72 \text{ m}$$

Le calcul des rayons en plan nous donne les résultats suivants :

Tableau III-13 : Récapitulatif des rayons en plan

Catégorie	RHm	RHn	RHd	RHnd
Cat 1	437,45 m	708,66 m	1574,80 m	2249,72 m

NB : En comparant les résultats ci dessus avec les valeurs de B40 on aura :

Tableau III-14 : les rayons en plan selon B40

RHm	RHn	RHd	RHnd
450 m	650 m	1600 m	2200 m

Calcul de cubature approchée de la variante N°01 :

Tableau III-15 : Tableau de cubature approchée de la variante 01

N°	Distance Partielle	Z		Hauteur H (m)	R/D	Surf R (m2)	Surf D (m2)	Volume R (m3)	Volume D (m3)
		Z Projet	Z TN						
1	0,00	371,897	369,606	2,29	R	61,94	0,00		
2	30,00	371,747	369,449	2,30	R	62,13	0,00	1 861,145	0,000
3	30,00	371,596	369,317	2,28	R	61,59	0,00	1 855,846	0,000
4	30,00	371,446	369,273	2,17	R	58,36	0,00	1 799,251	0,000
5	30,00	371,296	369,262	2,03	R	54,19	0,00	1 688,294	0,000
6	30,00	371,146	369,260	1,89	R	49,82	0,00	1 560,268	0,000
7	30,00	370,995	369,297	1,70	R	44,41	0,00	1 413,549	0,000
8	30,00	370,845	369,334	1,51	R	39,09	0,00	1 252,570	0,000
9	30,00	370,695	369,331	1,36	R	34,98	0,00	1 111,066	0,000
10	30,00	370,545	369,273	1,27	R	32,44	0,00	1 011,327	0,000
11	30,00	370,395	369,278	1,12	R	28,21	0,00	909,860	0,000
12	1,13	370,389	369,278	1,11	R	28,05	0,00	31,885	0,000
13	28,87	370,251	369,191	1,06	R	26,69	0,00	790,163	0,000
14	30,00	370,118	369,189	0,93	R	23,21	0,00	748,566	0,000
15	30,00	369,996	369,229	0,77	R	18,99	0,00	633,037	0,000
16	30,00	369,886	369,215	0,67	R	16,52	0,00	532,689	0,000
17	30,00	369,787	369,166	0,62	R	15,24	0,00	476,444	0,000
18	30,00	369,699	369,230	0,47	R	11,41	0,00	399,675	0,000
19	30,00	369,623	369,199	0,42	R	10,27	0,00	325,117	0,000
20	30,00	369,558	369,206	0,35	R	8,50	0,00	281,462	0,000
21	30,00	369,504	369,215	0,29	R	6,95	0,00	231,655	0,000
22	30,00	369,461	369,226	0,23	R	5,62	0,00	188,472	0,000
23	30,00	369,429	369,307	0,12	R	2,90	0,00	127,809	0,000
24	30,00	369,409	369,163	0,25	R	5,89	0,00	131,931	0,000
25	30,00	369,400	369,912	-0,51	D	0,00	12,46	88,373	186,920
26	30,00	369,402	369,327	0,08	R	1,80	0,00	26,998	186,920
27	30,00	369,416	369,251	0,17	R	3,94	0,00	86,093	0,000
28	30,00	369,441	369,348	0,09	R	2,21	0,00	92,176	0,000
29	30,00	369,477	369,528	-0,05	D	0,00	1,21	33,081	18,219
30	25,78	369,517	369,513	0,00	R	0,09	0,00	1,126	15,655
31	4,22	369,524	369,549	-0,02	D	0,00	0,59	0,184	1,248
32	30,00	369,583	369,546	0,04	R	0,85	0,00	12,809	8,864
33	30,00	369,652	369,614	0,04	R	0,92	0,00	26,542	0,000
34	30,00	369,733	369,631	0,10	R	2,43	0,00	50,147	0,000
35	30,00	369,826	369,715	0,11	R	2,63	0,00	75,806	0,000
36	30,00	369,929	369,584	0,35	R	8,32	0,00	164,237	0,000
37	30,00	370,036	369,502	0,53	R	13,04	0,00	320,410	0,000
38	30,00	370,143	369,427	0,72	R	17,66	0,00	460,448	0,000
39	30,00	370,250	369,374	0,88	R	21,83	0,00	592,292	0,000
40	30,00	370,357	369,308	1,05	R	26,41	0,00	723,514	0,000
41	30,00	370,464	369,249	1,22	R	30,90	0,00	859,634	0,000
42	30,00	370,571	369,146	1,43	R	36,68	0,00	1 013,710	0,000
43	30,00	370,678	369,032	1,65	R	42,91	0,00	1 193,782	0,000
44	30,00	370,785	368,961	1,82	R	48,04	0,00	1 364,154	0,000
45	13,75	370,834	369,068	1,77	R	46,35	0,00	648,706	0,000
46	16,25	370,892	368,966	1,93	R	51,01	0,00	791,275	0,000
47	30,00	370,999	368,934	2,07	R	55,13	0,00	1 592,134	0,000
48	30,00	371,106	368,938	2,17	R	58,21	0,00	1 700,137	0,000
49	30,00	371,213	368,943	2,27	R	61,30	0,00	1 792,657	0,000
50	30,00	371,320	368,938	2,38	R	64,74	0,00	1 890,550	0,000
51	30,00	371,427	368,936	2,49	R	68,11	0,00	1 992,784	0,000
52	30,00	371,534	368,856	2,68	R	73,96	0,00	2 131,130	0,000
53	30,00	371,642	368,772	2,87	R	80,06	0,00	2 310,298	0,000
54	30,00	371,749	368,767	2,98	R	83,71	0,00	2 456,581	0,000
55	30,00	371,856	368,720	3,14	R	88,74	0,00	2 586,779	0,000

56	30,00	371,963	368,737	3,23	R	91,74	0,00	2 707,187	0,000
57	30,00	372,070	368,716	3,35	R	96,01	0,00	2 816,337	0,000
58	30,00	372,177	368,743	3,43	R	98,72	0,00	2 921,086	0,000
59	30,00	372,278	368,716	3,56	R	103,07	0,00	3 026,927	0,000
60	30,00	372,367	368,715	3,65	R	106,21	0,00	3 139,165	0,000
61	30,00	372,446	368,718	3,73	R	108,82	0,00	3 225,465	0,000
62	14,15	372,479	368,700	3,78	R	110,59	0,00	1 552,094	0,000
63	15,85	372,513	368,714	3,80	R	111,28	0,00	1 758,587	0,000
64	30,00	372,569	368,715	3,85	R	113,20	0,00	3 367,196	0,000
65	30,00	372,613	368,689	3,92	R	115,72	0,00	3 433,905	0,000
66	30,00	372,647	368,652	3,99	R	118,21	0,00	3 509,088	0,000
67	30,00	372,669	368,684	3,98	R	117,86	0,00	3 541,166	0,000
68	30,00	372,680	368,801	3,88	R	114,10	0,00	3 479,393	0,000
69	30,00	372,679	370,022	2,66	R	73,29	0,00	2 810,871	0,000
70	30,00	372,668	368,896	3,77	R	110,35	0,00	2 754,628	0,000
71	30,00	372,645	368,919	3,73	R	108,73	0,00	3 286,216	0,000
72	30,00	372,611	368,897	3,71	R	108,33	0,00	3 255,968	0,000
73	30,00	372,565	368,930	3,64	R	105,62	0,00	3 209,203	0,000
74	30,00	372,509	368,958	3,55	R	102,71	0,00	3 124,961	0,000
75	30,00	372,441	368,875	3,57	R	103,21	0,00	3 088,943	0,000
76	30,00	372,362	368,254	4,11	R	122,24	0,00	3 381,890	0,000
77	30,00	372,271	368,886	3,39	R	97,09	0,00	3 289,968	0,000
78	30,00	372,170	368,937	3,23	R	91,96	0,00	2 835,761	0,000
79	30,00	372,057	368,973	3,08	R	87,03	0,00	2 684,947	0,000
80	30,00	371,937	368,929	3,01	R	84,54	0,00	2 573,657	0,000
81	30,00	371,816	368,847	2,97	R	83,31	0,00	2 517,873	0,000
82	29,87	371,696	368,870	2,83	R	78,68	0,00	2 419,018	0,000
83	0,13	371,696	368,870	2,83	R	78,66	0,00	10,565	0,000
84	30,00	371,576	368,878	2,70	R	74,59	0,00	2 298,729	0,000
85	30,00	371,455	368,800	2,65	R	73,23	0,00	2 217,252	0,000
86	30,00	371,335	368,852	2,48	R	67,86	0,00	2 116,266	0,000
87	30,00	371,217	369,018	2,20	R	59,17	0,00	1 905,497	0,000
88	30,00	371,120	369,046	2,07	R	55,40	0,00	1 718,678	0,000
89	30,00	371,045	368,906	2,14	R	57,34	0,00	1 691,219	0,000
90	30,00	370,992	368,947	2,05	R	54,55	0,00	1 678,444	0,000
91	30,00	370,962	368,973	1,99	R	52,88	0,00	1 611,456	0,000
92	30,00	370,954	369,092	1,86	R	49,16	0,00	1 530,538	0,000
93	30,00	370,969	369,200	1,77	R	46,46	0,00	1 434,316	0,000
94	30,00	371,007	369,280	1,73	R	45,22	0,00	1 375,189	0,000
95	30,00	371,066	369,329	1,74	R	45,54	0,00	1 361,379	0,000
96	30,00	371,149	369,401	1,75	R	45,84	0,00	1 370,801	0,000
97	30,00	371,254	369,509	1,75	R	45,76	0,00	1 374,000	0,000
98	30,00	371,381	369,608	1,77	R	46,58	0,00	1 384,961	0,000
99	30,00	371,531	369,725	1,81	R	47,51	0,00	1 411,255	0,000
100	30,00	371,703	369,845	1,86	R	49,04	0,00	1 448,292	0,000
101	30,00	371,898	369,940	1,96	R	51,95	0,00	1 514,972	0,000
102	16,79	372,017	369,957	2,06	R	54,97	0,00	897,555	0,000
103	13,21	372,116	370,011	2,10	R	56,32	0,00	735,124	0,000
104	30,00	372,355	370,182	2,17	R	58,38	0,00	1 720,535	0,000
105	30,00	372,618	370,413	2,20	R	59,32	0,00	1 765,631	0,000
106	30,00	372,903	370,788	2,11	R	56,61	0,00	1 738,963	0,000
107	30,00	373,210	371,036	2,17	R	58,40	0,00	1 725,116	0,000
108	30,00	373,540	371,333	2,21	R	59,40	0,00	1 767,081	0,000
109	30,00	373,892	371,544	2,35	R	63,69	0,00	1 846,474	0,000
110	30,00	374,267	371,739	2,53	R	69,26	0,00	1 994,312	0,000
111	30,00	374,665	371,982	2,68	R	74,11	0,00	2 150,545	0,000
112	3,16	374,708	372,002	2,71	R	74,85	0,00	235,586	0,000
113	26,84	375,084	372,145	2,94	R	82,34	0,00	2 109,177	0,000
114	30,00	375,527	372,290	3,24	R	92,09	0,00	2 616,453	0,000

115	30,00	375,992	372,434	3,56	R	102,94	0,00	2 925,569	0,000
116	30,00	376,479	372,653	3,83	R	112,27	0,00	3 228,138	0,000
117	30,00	376,989	372,904	4,08	R	121,44	0,00	3 505,528	0,000
118	30,00	377,521	373,262	4,26	R	127,72	0,00	3 737,422	0,000
119	30,00	378,076	373,501	4,58	R	139,38	0,00	4 006,527	0,000
120	30,00	378,654	373,892	4,76	R	146,38	0,00	4 286,402	0,000
121	30,00	379,253	374,332	4,92	R	152,47	0,00	4 482,817	0,000
122	30,00	379,860	374,875	4,98	R	154,92	0,00	4 610,834	0,000
123	30,00	380,467	375,474	4,99	R	155,24	0,00	4 652,326	0,000
124	5,61	380,581	375,573	5,01	R	155,79	0,00	872,800	0,000
125	24,39	381,074	376,090	4,98	R	154,90	0,00	3 788,527	0,000
126	30,00	381,681	376,618	5,06	R	157,96	0,00	4 692,947	0,000
127	30,00	382,289	377,048	5,24	R	164,87	0,00	4 842,466	0,000
128	30,00	382,896	378,102	4,79	R	147,60	0,00	4 686,945	0,000
129	30,00	383,503	378,682	4,82	R	148,63	0,00	4 443,419	0,000
130	30,00	384,110	379,616	4,49	R	136,35	0,00	4 274,641	0,000
131	30,00	384,717	380,569	4,15	R	123,68	0,00	3 900,430	0,000
132	30,00	385,324	381,434	3,89	R	114,52	0,00	3 572,998	0,000
133	30,00	385,931	382,393	3,54	R	102,29	0,00	3 252,095	0,000
134	12,89	386,192	382,745	3,45	R	99,18	0,00	1 298,213	0,000
135	17,11	386,538	383,231	3,31	R	94,47	0,00	1 656,827	0,000
136	30,00	387,145	384,168	2,98	R	83,57	0,00	2 670,504	0,000
137	30,00	387,752	385,127	2,63	R	72,30	0,00	2 338,034	0,000
138	30,00	388,359	386,149	2,21	R	59,49	0,00	1 976,939	0,000
139	30,00	388,966	387,188	1,78	R	46,71	0,00	1 593,041	0,000
140	30,00	389,574	388,402	1,17	R	29,70	0,00	1 146,096	0,000
141	30,00	390,181	389,307	0,87	R	21,77	0,00	771,973	0,000
142	30,00	390,788	390,349	0,44	R	10,64	0,00	486,097	0,000
143	30,00	391,395	391,169	0,23	R	5,42	0,00	240,855	0,000
144	10,10	391,599	391,599	0,00	R	0,00	0,00	27,368	0,000
								264 877,267	417,826

Longueur Totale du Tracé de la variante 01: **4000.1037 m³**

Déblai Total de la variante 01: **417,826 m³**

Remblai Total de la variante 01: **264 877,267 m³**

Etude de la Variante N°02

2) Calcul de la variante N°02

➤ □ Les coordonnées planimétriques des sommets de la variante N°02 :

Tableau III-16 : Coordonnées des sommets variante N°02

N	X (m)	Y (m)
B	755 129,489	3 937 862,974
S6	755 580,979	3 937 512,881
S7	756 459,443	3 937 238,114
S8	757 359,588	3 936 590,850
S9	757 778,868	3 936 025,340
S10	758 115,378	3 935 735,409
B	758 313,381	3 935 555,968

➤ □ Gisements, angles au centre et distances :

Tableau III-17 : Gisements, angles au centre et distances variante N°02

Valeurs ΔX et ΔY (m)		Gisements (gr)		Angle au centre (gr)		Distances (m)
$\Delta X =$	119,265	$G1.2 =$	168,022	$\beta 1 =$	-78,989	247,721
$\Delta Y =$	-217,121					
$\Delta X =$	333,271	$G2.3 =$	89,033	$\beta 2 =$	81,048	338,278
$\Delta Y =$	57,986					
$\Delta X =$	200,522	$G3.4 =$	170,081	$\beta 3 =$	-78,318	442,789
$\Delta Y =$	-394,782					
$\Delta X =$	445,655	$G4.5 =$	91,763	$\beta 4 =$	57,088	449,412
$\Delta Y =$	57,986					
$\Delta X =$	185,278	$G5.6 =$	148,851	$\beta 5 =$	-29,079	257,418
$\Delta Y =$	178,707					
$\Delta X =$	543,876	$G6.7 =$	119,772	$\beta 6 =$	79,793	571,203
$\Delta Y =$	-174,561					
$\Delta X =$	3,514	$G7.8 =$	199,302	$\beta 7 =$	-45,793	320,309
$\Delta Y =$	-320,290					
$\Delta X =$	321,371	$G8.9 =$	153,509	$\beta 8 =$	-39,498	481,756
$\Delta Y =$	-358,900					
$\Delta X =$	458,686	$G9.10 =$	114,011	$\beta 9 =$	82,512	470,023
$\Delta Y =$	-102,610					
$\Delta X =$	21,258	$G10.11 =$	196,523	$\beta 10 =$	-65,950	389,467
$\Delta Y =$	-388,886					
$\Delta X =$	551,196	$G11.12 =$	130,573			621,495
$\Delta Y =$	-287,121					

➤ Calcul des paramètres des raccordements circulaires :

Tableau III-18 : Calcul des paramètres de raccordement au centre variante

N°02

Angle au centre (gr)	Rayon (m)	Tangente (m)	Développée (m)	La flèche (m)	Bissectrice (m)
$\beta_1 = -78,989$	210	150,041	260,559	39,132	48,093
$\beta_2 = 81,048$	240	177,407	305,544	47,004	58,451
$\beta_3 = -78,318$	220	155,441	270,648	40,324	49,373
$\beta_4 = 57,088$	300	144,313	269,021	29,653	32,906
$\beta_5 = -29,079$	350	81,355	159,870	9,088	9,331
$\beta_6 = 79,530$	250	180,229	312,314	47,205	58,193
$\beta_7 = -45,793$	250	94,003	179,829	15,996	17,089
$\beta_8 = -39,498$	600	192,340	372,260	28,640	30,075
$\beta_9 = 82,512$	240	181,711	311,063	48,657	61,030
$\beta_{10} = -65,95$	300	170,961	310,782	39,352	45,294
$\Sigma RC =$			2751,89		

➤ □ Les longueurs de tracé :

✓ □ La longueur totale des alignements droits mesurée LAD :

$$AD_1 = 247,721 - 150,041 = 97,68 \text{ m}$$

$$AD_2 = 338,278 - 150,041 - 177,407 = 10,83 \text{ m}$$

$$AD_3 = 442,789 - 177,407 - 155,441 = 109,941 \text{ m}$$

$$AD_4 = 449,412 - 155,441 - 144,313 = 149,658 \text{ m}$$

$$AD_5 = 257,418 - 144,313 - 81,355 = 31,75 \text{ m}$$

$$AD_6 = 571,203 - 81,355 - 180,229 = 309,619 \text{ m}$$

$$AD_7 = 320,309 - 180,229 - 94,003 = 46,077 \text{ m}$$

$$AD8 = 481,756 - 94,003 - 192,340 = 195,413 \text{ m}$$

$$AD9 = 470,023 - 192,340 - 181,711 = 95,972 \text{ m}$$

$$AD10 = 389,467 - 181,711 - 170,961 = 36,795 \text{ m}$$

$$AD11 = 621,495 - 170,961 = 450,534 \text{ m}$$



$$LAD = \sum AD = 1534,269 \text{ m}$$

✓ □ La longueur totale des arcs de cercles calculées LC :



$$LC = \sum RC = \sum D = 2751,89 \text{ m}$$

✓ □ La longueur totale de tracé mesurée :



$$LT = 4286,159 \text{ m}$$

➤ □ Pourcentage des alignements droits :

$$\% \text{ alignements droits} = LAD / LT = 1534,269 / 4286,159 = 35,80\%$$

Condition non vérifié

Pourcentage des courbes :

$$\% \text{ Courbes} = LC / LT = 2751,89 / 4286,159 = 64,20\%$$

Condition non vérifié

➤ □ Déclivité cumulée :

Tableau III-19 : calcul des déclivités cumulés variante N°02

Distance		Gisement	Point d'axe			
Cumulée	Partielle		X	Y	Z	
0.0000	0.0000	268.0221	755129.4886	3937862.9736	369.6056	
30.0000	30.0000	268.0221	755143.9321	3937836.6794	369.5492	-0,06
60.0000	30.0000	268.0221	755158.3755	3937810.3851	369.5015	-0,05
90.0000	30.0000	268.0221	755172.8190	3937784.0909	369.5737	0,07
97.6803	7.6803	168.0145	755176.5167	3937777.3593	369.5963	0,02
120.0000	22.3197	261.2558	755188.2809	3937758.4041	369.6496	0,05
150.0000	30.0000	252.1613	755207.1292	3937735.0971	369.6934	0,04
180.0000	30.0000	243.0667	755229.1037	3937714.7110	369.7187	0,03
210.0000	30.0000	233.9721	755253.7567	3937697.6611	369.7114	-0,01
240.0000	30.0000	224.8775	755280.5860	3937684.2949	369.6707	-0,04
270.0000	30.0000	215.7830	755309.0450	3937674.8845	369.5847	-0,09
300.0000	30.0000	206.6884	755338.5539	3937669.6217	369.4707	-0,11
330.0000	30.0000	197.5938	755368.5114	3937668.6137	369.3228	-0,15
358.2386	28.2386	89.0408	755396.5733	3937671.5720	369.1546	-0,17
360.0000	1.7614	189.0332	755398.3086	3937671.8739	369.1511	0,00
369.0713	9.0713	89.0399	755407.2456	3937673.4289	369.1194	-0,03
390.0000	20.9287	194.5848	755427.9948	3937676.1134	369.0795	-0,04
420.0000	30.0000	202.5425	755457.9676	3937676.7897	369.0236	-0,06
450.0000	30.0000	210.5002	755487.7909	3937673.7240	368.9352	-0,09
480.0000	30.0000	218.4580	755516.9993	3937666.9639	368.8588	-0,08
510.0000	30.0000	226.4157	755545.1370	3937656.6151	368.7706	-0,09
540.0000	30.0000	234.3735	755571.7649	3937642.8389	368.7026	-0,07
570.0000	30.0000	242.3312	755596.4676	3937625.8504	368.7187	0,02
600.0000	30.0000	250.2890	755618.8594	3937605.9147	368.8460	0,13
630.0000	30.0000	258.2467	755638.5910	3937583.3427	369.0033	0,16
660.0000	30.0000	266.2045	755655.3546	3937558.4869	367.4347	-1,57
674.6126	14.6126	170.0739	755662.3645	3937545.6681	368.2621	0,83
690.0000	15.3874	270.0806	755669.3329	3937531.9489	369.0900	0,83
720.0000	30.0000	270.0806	755682.9187	3937505.2015	369.4194	0,33

750.0000	30.0000	270.0806	755696.5046	3937478.4541	370.0896	0,67
780.0000	30.0000	270.0806	755710.0905	3937451.7067	369.5213	-0,57
784.5566	4.5566	170.0733	755712.1540	3937447.6441	369.5449	0,02
810.0000	25.4434	262.7180	755724.9610	3937425.6754	369.6679	0,12
840.0000	30.0000	254.0368	755743.1932	3937401.8806	369.7887	0,12
870.0000	30.0000	245.3556	755764.4909	3937380.7852	369.9375	0,15
900.0000	30.0000	236.6744	755788.4586	3937362.7809	369.9952	0,06
930.0000	30.0000	227.9932	755814.6514	3937348.2020	370.1106	0,12
960.0000	30.0000	219.3121	755842.5829	3937337.3190	370.1551	0,04
990.0000	30.0000	210.6309	755871.7345	3937330.3341	370.1339	-0,02
1020.0000	30.0000	201.9497	755901.5650	3937327.3770	370.1261	-0,01
1050.0000	30.0000	193.2685	755931.5207	3937328.5026	370.1670	0,04
1055.2028	5.2028	91.7702	755936.6874	3937329.1128	370.1413	-0,03
1080.0000	24.7972	191.7630	755961.2774	3937332.3123	369.9907	-0,15
1110.0000	30.0000	191.7630	755991.0266	3937336.1831	369.7685	-0,22
1140.0000	30.0000	191.7630	756020.7758	3937340.0538	369.6564	-0,11
1170.0000	30.0000	191.7630	756050.5251	3937343.9246	369.5469	-0,11
1200.0000	30.0000	191.7630	756080.2743	3937347.7954	369.4016	-0,15
1204.8617	4.8617	91.7683	756085.0953	3937348.4227	369.3792	-0,02
1230.0000	25.1383	197.0975	756110.1302	3937350.6186	369.2695	-0,11
1260.0000	30.0000	203.4637	756140.1174	3937350.4864	369.1444	-0,13
1290.0000	30.0000	209.8299	756169.9416	3937347.3612	369.0014	-0,14
1320.0000	30.0000	216.1961	756199.3048	3937341.2741	368.9308	-0,07
1350.0000	30.0000	222.5623	756227.9136	3937332.2860	368.8840	-0,05
1380.0000	30.0000	228.9285	756255.4822	3937320.4867	368.8582	-0,03
1410.0000	30.0000	235.2947	756281.7351	3937305.9941	368.8692	0,01
1440.0000	30.0000	241.6609	756306.4100	3937288.9529	368.9146	0,05
1470.0000	30.0000	248.0271	756329.2603	3937269.5335	368.9727	0,06
1473.8814	3.8814	148.8454	756332.0713	3937266.8571	368.9830	0,01
1500.0000	26.1186	248.8507	756350.8703	3937248.7249	369.0197	0,04
1505.6323	5.6323	148.8462	756354.9243	3937244.8148	369.0289	0,01

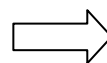
1530.0000	24.3677	244.4185	756373.0375	3937228.5220	369.0916	0,06
1560.0000	30.0000	238.9617	756396.8241	3937210.2560	369.2660	0,17
1590.0000	30.0000	233.5050	756422.0871	3937194.0934	368.9810	-0,29
1620.0000	30.0000	228.0482	756448.6410	3937180.1529	368.9888	0,01
1650.0000	30.0000	222.5915	756476.2909	3937168.5368	368.9975	0,01
1665.5033	15.5033	119.7761	756490.9428	3937163.4736	368.9117	-0,09
1680.0000	14.4967	219.7716	756504.7460	3937159.0434	368.8285	-0,08
1710.0000	30.0000	219.7716	756533.3107	3937149.8753	368.7874	-0,04
1740.0000	30.0000	219.7716	756561.8755	3937140.7073	368.7949	0,01
1770.0000	30.0000	219.7716	756590.4403	3937131.5392	368.7370	-0,06
1800.0000	30.0000	219.7716	756619.0050	3937122.3711	368.7164	-0,02
1830.0000	30.0000	219.7716	756647.5698	3937113.2030	368.6842	-0,03
1860.0000	30.0000	219.7716	756676.1346	3937104.0349	368.6182	-0,07
1890.0000	30.0000	219.7716	756704.6994	3937094.8669	368.5487	-0,07
1920.0000	30.0000	219.7716	756733.2641	3937085.6988	368.5020	-0,05
1950.0000	30.0000	219.7716	756761.8289	3937076.5307	368.4098	-0,09
1975.1218	25.1218	119.7779	756785.7489	3937068.8534	368.3236	-0,09
1980.0000	4.8782	221.0138	756790.3789	3937067.3174	368.3252	0,00
2010.0000	30.0000	228.6532	756818.1085	3937055.9163	368.3573	0,03
2040.0000	30.0000	236.2927	756844.2739	3937041.2775	368.4060	0,05
2070.0000	30.0000	243.9321	756868.4987	3937023.6117	368.7239	0,32
2100.0000	30.0000	251.5716	756890.4345	3937003.1730	368.7341	0,01
2130.0000	30.0000	259.2110	756909.7658	3936980.2553	368.7038	-0,03
2160.0000	30.0000	266.8504	756926.2145	3936955.1882	368.8226	0,12
2190.0000	30.0000	274.4899	756939.5440	3936928.3322	368.9849	0,16
2220.0000	30.0000	282.1293	756949.5628	3936900.0736	368.9740	-0,01
2250.0000	30.0000	289.7687	756956.1266	3936870.8189	368.7687	-0,21
2280.0000	30.0000	297.4082	756959.1410	3936840.9889	368.4510	-0,32
2287.4359	7.4359	199.2954	756959.3332	3936833.5557	368.3901	-0,06
2310.0000	22.5641	299.3017	756959.5806	3936810.9930	369.1890	0,80
2333.5119	23.5119	199.2954	756959.8385	3936787.4825	369.2072	0,02

2340.0000	6.4881	297.6495	756959.9939	3936780.9964	369.1760	-0,03
2370.0000	30.0000	290.0101	756962.8952	3936751.1551	369.1819	0,01
2400.0000	30.0000	282.3707	756969.3480	3936721.8758	369.2088	0,03
2430.0000	30.0000	274.7312	756979.2596	3936693.5795	369.2399	0,03
2460.0000	30.0000	267.0918	756992.4873	3936666.6732	369.2965	0,06
2490.0000	30.0000	259.4523	757008.8408	3936641.5439	369.3289	0,03
2513.3417	23.3417	153.5148	757023.5779	3936623.4535	369.2402	-0,09
2520.0000	6.6583	253.5084	757028.0195	3936618.4933	369.2714	0,03
2550.0000	30.0000	253.5084	757048.0321	3936596.1438	369.2771	0,01
2580.0000	30.0000	253.5084	757068.0446	3936573.7943	369.3873	0,11
2610.0000	30.0000	253.5084	757088.0571	3936551.4449	369.3461	-0,04
2640.0000	30.0000	253.5084	757108.0696	3936529.0954	369.2684	-0,08
2670.0000	30.0000	253.5084	757128.0822	3936506.7459	369.3184	0,05
2700.0000	30.0000	253.5084	757148.0947	3936484.3965	369.6860	0,37
2708.7557	8.7557	153.5058	757153.9355	3936477.8736	369.8658	0,18
2730.0000	21.2443	251.2543	757168.3844	3936462.3012	370.2349	0,37
2760.0000	30.0000	248.0712	757189.7075	3936441.2028	369.9573	-0,28
2790.0000	30.0000	244.8881	757212.0584	3936421.1965	369.3546	-0,60
2820.0000	30.0000	241.7050	757235.3812	3936402.3324	369.2536	-0,10
2850.0000	30.0000	238.5219	757259.6177	3936384.6574	369.2462	-0,01
2880.0000	30.0000	235.3388	757284.7073	3936368.2159	369.3614	0,12
2910.0000	30.0000	232.1557	757310.5873	3936353.0488	369.5403	0,18
2940.0000	30.0000	228.9726	757337.1930	3936339.1942	367.5161	-2,02
2970.0000	30.0000	225.7895	757364.4578	3936326.6866	369.4348	1,92
3000.0000	30.0000	222.6064	757392.3137	3936315.5573	369.5472	0,11
3030.0000	30.0000	219.4233	757420.6911	3936305.8342	369.6953	0,15
3060.0000	30.0000	216.2402	757449.5189	3936297.5415	369.8034	0,11
3081.0124	21.0124	114.0134	757469.9399	3936292.5962	369.9313	0,13
3090.0000	8.9876	214.0108	757478.7108	3936290.6341	370.0866	0,16
3120.0000	30.0000	214.0108	757507.9872	3936284.0849	370.1932	0,11
3150.0000	30.0000	214.0108	757537.2636	3936277.5356	370.2804	0,09

3176.9839	26.9839	114.0174	757563.5966	3936271.6448	370.6221	0,34
3180.0000	3.0161	214.8108	757566.5358	3936270.9679	370.6519	0,03
3210.0000	30.0000	222.7686	757595.2199	3936262.2472	370.9320	0,28
3240.0000	30.0000	230.7263	757622.5929	3936250.0183	371.2382	0,31
3270.0000	30.0000	238.6840	757648.2277	3936234.4721	371.5910	0,35
3300.0000	30.0000	246.6418	757671.7243	3936215.8512	371.8503	0,26
3330.0000	30.0000	254.5995	757692.7160	3936194.4461	372.0576	0,21
3360.0000	30.0000	262.5573	757710.8753	3936170.5909	372.2582	0,20
3390.0000	30.0000	270.5150	757725.9187	3936144.6578	372.4190	0,16
3420.0000	30.0000	278.4728	757737.6116	3936117.0516	372.5278	0,11
3450.0000	30.0000	286.4305	757745.7714	3936088.2029	372.5834	0,06
3480.0000	30.0000	294.3883	757750.2708	3936058.5620	372.6224	0,04
3488.0494	8.0494	196.5168	757750.8449	3936050.5334	372.6561	0,03
3510.0000	21.9506	296.5235	757752.0430	3936028.6156	372.7445	0,09
3524.8400	14.8400	196.5181	757752.8530	3936013.7977	372.7673	0,02
3540.0000	15.1600	293.3064	757754.0625	3935998.6876	372.8357	0,07
3570.0000	30.0000	286.9402	757758.6962	3935969.0603	373.0233	0,19
3600.0000	30.0000	280.5740	757766.2646	3935940.0436	373.3342	0,31
3630.0000	30.0000	274.2078	757776.6919	3935911.9274	373.6698	0,34
3660.0000	30.0000	267.8416	757789.8742	3935884.9927	374.1448	0,47
3690.0000	30.0000	261.4754	757805.6795	3935859.5085	374.6499	0,51
3720.0000	30.0000	255.1092	757823.9501	3935835.7296	375.0974	0,45
3750.0000	30.0000	248.7430	757844.5033	3935813.8935	375.6394	0,54
3780.0000	30.0000	242.3768	757867.1338	3935794.2184	376.0558	0,42
3810.0000	30.0000	236.0106	757891.6155	3935776.9008	376.7873	0,73
3835.6266	25.6266	130.5778	757913.8104	3935764.1060	377.7753	0,99
3840.0000	4.3734	230.5725	757917.6891	3935762.0856	377.8878	0,11
3870.0000	30.0000	230.5725	757944.2958	3935748.2260	378.7078	0,82
3900.0000	30.0000	230.5725	757970.9024	3935734.3665	379.6912	0,98
3930.0000	30.0000	230.5725	757997.5090	3935720.5069	380.8525	1,16
3960.0000	30.0000	230.5725	758024.1157	3935706.6474	381.6860	0,83

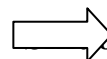
3990.0000	30.0000	230.5725	758050.7223	3935692.7879	382.4035	0,72
4020.0000	30.0000	230.5725	758077.3290	3935678.9283	383.2414	0,84
4050.0000	30.0000	230.5725	758103.9356	3935665.0688	384.0765	0,84
4080.0000	30.0000	230.5725	758130.5422	3935651.2093	385.0597	0,98
4110.0000	30.0000	230.5725	758157.1489	3935637.3497	386.0432	0,98
4140.0000	30.0000	230.5725	758183.7555	3935623.4902	386.9802	0,94
4170.0000	30.0000	230.5725	758210.3622	3935609.6306	388.2125	1,23
4200.0000	30.0000	230.5725	758236.9688	3935595.7711	389.5830	1,37
4230.0000	30.0000	230.5725	758263.5754	3935581.9116	390.0677	0,48
4260.0000	30.0000	230.5725	758290.1821	3935568.0520	390.7585	0,69
4286.1579	26.1579	230.5725	758313.3812	3935555.9675	391.5993	0,84
H						21,99
H/L						0,0051
H/L %						0,51

➤ **Déclivité cumulée : DC = 0.51%**



Terrain plat

➤ **Sinuosité : $\sigma = \frac{Ls}{L} = 0$**



sinuosité faible

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

➤ **Environnement :**

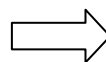
1- Dénivelée cumulée : **Dc = 0.51%** (terrain plat)

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



Environnement : E1

➤ **Vitesse de référence : Cat 01 et E 01**



Vr = 100 km/h

➤ **Calcul de cubature approchée de la variante N°02 :**

Tableau III-20 : Tableau de cubature approchée de la variante 02

N°	Distance Partielle	Z		Hauteur H (m)	R/D	Surf R (m2)	Surf D (m2)	Volume Remblai (m3)	Volume Déblai (m3)
		Z Projet	Z TN						
1	0,00	370,985	369,606	1,38	R	35,42	0,00		
2	30,00	371,227	369,549	1,68	R	43,82	0,00	1 188,608	0,000
3	30,00	371,469	369,502	1,97	R	52,24	0,00	1 440,871	0,000
4	30,00	371,711	369,574	2,14	R	57,28	0,00	1 642,755	0,000
5	7,68	371,773	369,596	2,18	R	58,46	0,00	444,468	0,000
6	22,32	371,946	369,650	2,30	R	62,10	0,00	1 345,445	0,000
7	30,00	372,159	369,693	2,47	R	67,31	0,00	1 941,184	0,000
8	30,00	372,350	369,719	2,63	R	72,49	0,00	2 097,009	0,000
9	30,00	372,519	369,711	2,81	R	78,07	0,00	2 258,321	0,000
10	30,00	372,664	369,671	2,99	R	84,09	0,00	2 432,429	0,000
11	30,00	372,788	369,585	3,20	R	90,98	0,00	2 626,164	0,000
12	30,00	372,889	369,471	3,42	R	98,19	0,00	2 837,577	0,000
13	30,00	372,967	369,323	3,64	R	105,92	0,00	3 061,684	0,000
14	28,24	373,020	369,155	3,87	R	113,65	0,00	3 100,166	0,000
15	1,76	373,023	369,151	3,87	R	113,86	0,00	200,365	0,000
16	9,07	373,035	369,119	3,92	R	115,42	0,00	1 039,938	0,000
17	20,93	373,056	369,080	3,98	R	117,57	0,00	2 438,142	0,000
18	30,00	373,067	369,024	4,04	R	119,96	0,00	3 562,948	0,000
19	30,00	373,056	368,935	4,12	R	122,71	0,00	3 639,945	0,000
20	30,00	373,022	368,859	4,16	R	124,23	0,00	3 704,097	0,000
21	30,00	372,965	368,771	4,19	R	125,37	0,00	3 744,029	0,000
22	30,00	372,886	368,703	4,18	R	124,97	0,00	3 755,081	0,000
23	30,00	372,784	368,719	4,07	R	120,73	0,00	3 685,550	0,000
24	30,00	372,660	368,846	3,81	R	111,83	0,00	3 488,474	0,000
25	30,00	372,513	369,003	3,51	R	101,32	0,00	3 197,248	0,000
26	30,00	372,344	367,435	4,91	R	152,02	0,00	3 800,136	0,000
27	14,61	372,254	368,262	3,99	R	118,10	0,00	1 973,632	0,000
28	15,39	372,157	369,090	3,07	R	86,48	0,00	1 573,996	0,000
29	30,00	371,967	369,419	2,55	R	69,86	0,00	2 345,049	0,000
30	30,00	371,777	370,090	1,69	R	44,11	0,00	1 709,458	0,000
31	30,00	371,588	369,521	2,07	R	55,18	0,00	1 489,202	0,000
32	4,56	371,559	369,545	2,01	R	53,62	0,00	247,862	0,000
33	25,44	371,398	369,668	1,73	R	45,33	0,00	1 258,768	0,000
34	30,00	371,209	369,789	1,42	R	36,54	0,00	1 227,982	0,000
35	30,00	371,019	369,938	1,08	R	27,28	0,00	957,257	0,000
36	30,00	370,830	369,995	0,83	R	20,73	0,00	720,212	0,000
37	30,00	370,641	370,111	0,53	R	12,94	0,00	505,095	0,000
38	30,00	370,470	370,155	0,31	R	7,58	0,00	307,724	0,000
39	30,00	370,321	370,134	0,19	R	4,47	0,00	180,653	0,000
40	30,00	370,195	370,126	0,07	R	1,63	0,00	91,411	0,000
41	30,00	370,091	370,167	-0,08	D	0,00	1,80	24,390	27,070
42	5,20	370,075	370,141	-0,07	D	0,00	1,57	0,000	8,770
43	24,80	370,010	369,991	0,02	R	0,45	0,00	5,537	19,423
44	30,00	369,951	369,769	0,18	R	4,35	0,00	71,981	0,000
45	30,00	369,915	369,656	0,26	R	6,19	0,00	158,148	0,000
46	30,00	369,901	369,547	0,35	R	8,54	0,00	220,928	0,000
47	30,00	369,910	369,402	0,51	R	12,37	0,00	313,662	0,000
48	4,86	369,913	369,379	0,53	R	13,03	0,00	61,740	0,000
49	25,14	369,941	369,270	0,67	R	16,52	0,00	371,307	0,000
50	30,00	369,994	369,144	0,85	R	21,14	0,00	564,898	0,000
51	30,00	370,071	369,001	1,07	R	26,95	0,00	721,375	0,000
52	30,00	370,169	368,931	1,24	R	31,53	0,00	877,160	0,000
53	30,00	370,291	368,884	1,41	R	36,16	0,00	1 015,353	0,000
54	30,00	370,434	368,858	1,58	R	40,92	0,00	1 156,200	0,000
55	30,00	370,589	368,869	1,72	R	45,04	0,00	1 289,319	0,000
56	30,00	370,745	368,915	1,83	R	48,21	0,00	1 398,744	0,000

57	30,00	370,900	368,973	1,93	R	51,05	0,00	1 489,010	0,000
58	3,88	370,920	368,983	1,94	R	51,34	0,00	198,716	0,000
59	26,12	371,055	369,020	2,04	R	54,25	0,00	1 378,943	0,000
60	5,63	371,084	369,029	2,06	R	54,84	0,00	307,226	0,000
61	24,37	371,210	369,092	2,12	R	56,73	0,00	1 359,463	0,000
62	30,00	371,366	369,266	2,10	R	56,16	0,00	1 693,465	0,000
63	30,00	371,521	368,981	2,54	R	69,62	0,00	1 886,673	0,000
64	30,00	371,676	368,989	2,69	R	74,25	0,00	2 157,970	0,000
65	30,00	371,831	368,998	2,83	R	78,92	0,00	2 297,544	0,000
66	15,50	371,912	368,912	3,00	R	84,29	0,00	1 265,175	0,000
67	14,50	371,987	368,829	3,16	R	89,49	0,00	1 259,631	0,000
68	30,00	372,142	368,787	3,35	R	96,04	0,00	2 782,901	0,000
69	30,00	372,297	368,795	3,50	R	101,04	0,00	2 956,225	0,000
70	30,00	372,452	368,737	3,72	R	108,38	0,00	3 141,338	0,000
71	30,00	372,607	368,716	3,89	R	114,54	0,00	3 343,751	0,000
72	30,00	372,763	368,684	4,08	R	121,20	0,00	3 536,065	0,000
73	30,00	372,918	368,618	4,30	R	129,20	0,00	3 756,010	0,000
74	30,00	373,073	368,549	4,52	R	137,48	0,00	4 000,167	0,000
75	30,00	373,228	368,502	4,73	R	145,05	0,00	4 237,874	0,000
76	30,00	373,384	368,410	4,97	R	154,49	0,00	4 493,001	0,000
77	25,12	373,514	368,324	5,19	R	162,88	0,00	3 986,454	0,000
78	4,88	373,539	368,325	5,21	R	163,81	0,00	796,839	0,000
79	30,00	373,694	368,357	5,34	R	168,66	0,00	4 987,083	0,000
80	30,00	373,849	368,406	5,44	R	172,90	0,00	5 123,413	0,000
81	30,00	374,004	368,724	5,28	R	166,45	0,00	5 090,152	0,000
82	30,00	374,160	368,734	5,43	R	172,20	0,00	5 079,618	0,000
83	30,00	374,315	368,704	5,61	R	179,64	0,00	5 277,607	0,000
84	30,00	374,470	368,823	5,65	R	181,12	0,00	5 411,444	0,000
85	30,00	374,625	368,985	5,64	R	180,83	0,00	5 429,294	0,000
86	30,00	374,781	368,974	5,81	R	187,61	0,00	5 526,618	0,000
87	30,00	374,936	368,769	6,17	R	202,59	0,00	5 852,934	0,000
88	30,00	375,089	368,451	6,64	R	222,74	0,00	6 379,910	0,000
89	7,44	375,125	368,390	6,73	R	226,98	0,00	1 672,037	0,000
90	22,56	375,231	369,189	6,04	R	197,35	0,00	4 787,380	0,000
91	23,51	375,335	369,207	6,13	R	200,94	0,00	4 682,287	0,000
92	6,49	375,362	369,176	6,19	R	203,40	0,00	1 311,696	0,000
93	30,00	375,482	369,182	6,30	R	208,23	0,00	6 174,512	0,000
94	30,00	375,591	369,209	6,38	R	211,72	0,00	6 299,260	0,000
95	30,00	375,689	369,240	6,45	R	214,56	0,00	6 394,234	0,000
96	30,00	375,775	369,297	6,48	R	215,84	0,00	6 455,996	0,000
97	30,00	375,850	369,329	6,52	R	217,67	0,00	6 502,559	0,000
98	23,34	375,900	369,240	6,66	R	223,71	0,00	5 151,247	0,000
99	6,66	375,913	369,271	6,64	R	222,92	0,00	1 486,900	0,000
100	30,00	375,966	369,277	6,69	R	224,96	0,00	6 718,237	0,000
101	30,00	376,007	369,387	6,62	R	221,96	0,00	6 703,754	0,000
102	30,00	376,037	369,346	6,69	R	225,06	0,00	6 705,195	0,000
103	30,00	376,056	369,268	6,79	R	229,28	0,00	6 815,083	0,000
104	30,00	376,063	369,318	6,74	R	227,41	0,00	6 850,392	0,000
105	30,00	376,059	369,686	6,37	R	211,34	0,00	6 581,245	0,000
106	8,76	376,056	369,866	6,19	R	203,57	0,00	1 816,410	0,000
107	21,24	376,044	370,235	5,81	R	187,73	0,00	4 156,408	0,000
108	30,00	376,018	369,957	6,06	R	198,13	0,00	5 787,843	0,000
109	30,00	375,983	369,355	6,63	R	222,34	0,00	6 307,097	0,000
110	30,00	375,948	369,254	6,69	R	225,20	0,00	6 713,161	0,000
111	30,00	375,912	369,246	6,67	R	223,98	0,00	6 737,719	0,000
112	30,00	375,877	369,361	6,52	R	217,45	0,00	6 621,475	0,000
113	30,00	375,842	369,540	6,30	R	208,27	0,00	6 385,898	0,000
114	30,00	375,806	367,516	8,29	R	298,74	0,00	7 605,288	0,000
115	30,00	375,771	369,435	6,34	R	209,76	0,00	7 627,502	0,000

116	30,00	375,736	369,547	6,19	R	203,49	0,00	6 198,755	0,000
117	30,00	375,700	369,695	6,01	R	195,81	0,00	5 989,544	0,000
118	30,00	375,665	369,803	5,86	R	189,87	0,00	5 785,128	0,000
119	21,01	375,640	369,931	5,71	R	183,62	0,00	3 923,903	0,000
120	8,99	375,630	370,087	5,54	R	176,90	0,00	1 620,102	0,000
121	30,00	375,594	370,193	5,40	R	171,22	0,00	5 221,828	0,000
122	30,00	375,559	370,280	5,28	R	166,37	0,00	5 063,794	0,000
123	26,98	375,527	370,622	4,91	R	151,85	0,00	4 293,314	0,000
124	3,02	375,524	370,652	4,87	R	150,57	0,00	456,057	0,000
125	30,00	375,488	370,932	4,56	R	138,66	0,00	4 338,499	0,000
126	30,00	375,453	371,238	4,21	R	126,11	0,00	3 971,604	0,000
127	30,00	375,418	371,591	3,83	R	112,28	0,00	3 575,871	0,000
128	30,00	375,403	371,850	3,55	R	102,77	0,00	3 225,831	0,000
129	30,00	375,418	372,058	3,36	R	96,24	0,00	2 985,200	0,000
130	30,00	375,463	372,258	3,20	R	91,04	0,00	2 809,149	0,000
131	30,00	375,538	372,419	3,12	R	88,20	0,00	2 688,501	0,000
132	30,00	375,643	372,528	3,12	R	88,08	0,00	2 644,092	0,000
133	30,00	375,778	372,583	3,19	R	90,70	0,00	2 681,643	0,000
134	30,00	375,943	372,622	3,32	R	94,91	0,00	2 784,098	0,000
135	8,05	375,992	372,656	3,34	R	95,43	0,00	766,043	0,000
136	21,95	376,138	372,745	3,39	R	97,36	0,00	2 115,928	0,000
137	14,84	376,246	372,767	3,48	R	100,23	0,00	1 466,138	0,000
138	15,16	376,363	372,836	3,53	R	101,91	0,00	1 532,217	0,000
139	30,00	376,618	373,023	3,59	R	104,22	0,00	3 091,872	0,000
140	30,00	376,903	373,334	3,57	R	103,33	0,00	3 113,189	0,000
141	30,00	377,218	373,670	3,55	R	102,62	0,00	3 089,254	0,000
142	30,00	377,563	374,145	3,42	R	98,20	0,00	3 012,266	0,000
143	30,00	377,938	374,650	3,29	R	93,82	0,00	2 880,183	0,000
144	30,00	378,343	375,097	3,25	R	92,40	0,00	2 793,204	0,000
145	30,00	378,778	375,639	3,14	R	88,85	0,00	2 718,663	0,000
146	30,00	379,243	376,056	3,19	R	90,46	0,00	2 689,537	0,000
147	30,00	379,738	376,787	2,95	R	82,70	0,00	2 597,276	0,000
148	25,63	380,185	377,775	2,41	R	65,57	0,00	1 899,739	0,000
149	4,37	380,263	377,888	2,38	R	64,52	0,00	284,454	0,000
150	30,00	380,818	378,708	2,11	R	56,48	0,00	1 814,958	0,000
151	30,00	381,403	379,691	1,71	R	44,79	0,00	1 519,110	0,000
152	30,00	382,018	380,853	1,17	R	29,54	0,00	1 115,059	0,000
153	30,00	382,663	381,686	0,98	R	24,49	0,00	810,486	0,000
154	30,00	383,338	382,404	0,93	R	23,36	0,00	717,797	0,000
155	30,00	384,043	383,241	0,80	R	19,88	0,00	648,686	0,000
156	30,00	384,778	384,077	0,70	R	17,29	0,00	557,627	0,000
157	30,00	385,543	385,060	0,48	R	11,76	0,00	435,747	0,000
158	30,00	386,338	386,043	0,29	R	7,09	0,00	282,658	0,000
159	30,00	387,163	386,980	0,18	R	4,36	0,00	171,778	0,000
160	30,00	388,018	388,213	-0,19	D	0,00	4,65	65,463	69,704
161	30,00	388,903	389,583	-0,68	D	0,00	16,74	0,000	320,828
162	30,00	389,818	390,068	-0,25	D	0,00	5,99	0,000	340,921
163	30,00	390,763	390,759	0,00	R	0,11	0,00	1,593	89,797
164	26,16	391,599	391,599	0,00	R	0,00	0,00	1,389	0,000
								455 494,233	876,512

✓ Longueur Totale du Tracé de la variante 01: **4286.1579m**

✓ Déblai Total de la variante N°02: **876,512 m³**

✓ Remblai Total de la variante N°02: **455 494,233 m³**

❖ CHOIX DE VARIANTE

On fait un tableau comparatif des avantages et des inconvénients de chaque variante :

Tableau III-21 : Tableau comparatif entre les variantes 01 et 02

Critères de choix	variante 01	variante 02	Evolution	
			V1	V2
Linéaire (m)	4458,632	4286,159	(+)	(+)
Nombre de rayon (U)	5	10	(+)	(-)
Conformité des rayons	conforme	conforme	(+)	(+)
Pente et rampe	Pmin = -0.5 % Pmax = 2.02 %	Pmin = -0.63 % Pmax = 3.20 %	(-)	(-)
Pourcentage alignement droit(%)	46,16	35,80	(+)	(-)
Pourcentage courbe (%)	53,84	64,20	(+)	(-)
Déblais (m3)	417,826	876,512	(+)	(-)
Remblais (m3)	264 877,267	455 494,233	(+)	(-)
			7	2

D'après le tableau on constate que :

La variante N°01 est la plus avantageuse.

Chapitre : IV

LES RACCORDEMENTS PROGRESSIVES

IV-1- DEVERS

IV-2- COURBE DE RACCORDEMENT

CHAPITRE IV

LES RACCORDEMENTS PROGRESSIVES

IV-1- DEVERS :

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

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

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

IV-1-1- Devers en alignement :

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

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

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

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

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

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

En courbe, le devers permet de :

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

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

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

Les valeurs préconisées pour les normes algériennes sont les suivantes :

Tableau IV-1 : Devers en fonction de l'environnement

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

IV-1-3- Détermination des dévers aux rayons en plan :

Application à notre projet :

▪ 1er cas : Le rayon choisi : $R \geq R_{Hnd}$ Le dévers associé « d » est celui de l'alignement droit.

▪ 2ème cas : Le rayon choisi : $R_{Hd} \leq R \leq R_{Hn}$ Le dévers associé est le dévers minimal de l'alignement droit.

▪ 3ème cas : Si $R_{Hn} \leq R \leq R_{Hd}$ le dévers associé « d » est calculé par interpolation entre le dévers associé à R_{Hn} et celui associé à R_{Hd} .

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

▪ 4ème cas : Si $RH_m < R < RH_n$ la route est déversée à l'intérieur du virage et « d » est calculé par interpolation linéaire en $1/R$.

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

➤ Application au projet : Calcul des dévers associés aux rayons :

▪ Donc : $R_1 = R_2 = 5000 \text{ m} \implies R \geq RH_n$ Le dévers associé « d » est celui de l'alignement droit ($d(R_1) = d(R_2) = 2.5\%$).

IV-2- COURBE DE RACCORDEMENT :

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

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

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

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

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

➤ □ Rôle et nécessité

- ✓ □ Stabilité transversale des véhicules.
- ✓ □ Confort des passages en véhicules.
- ✓ □ Transition de la forme de la chaussée.
- ✓ □ Tracé élégant, souple fluide, optiquement et esthétiquement satisfaisant.

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

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

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

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

c) Clothoïde : La clothoïde est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine ou il est infini jusqu'au point asymptotique ou il est nul. la courbure de la clothoïde est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.

Parcourue à vitesse constante, la clothoïde maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

IV-2-2- Raccordement progressif :

IV-2-2-1- Introduction :

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

progressif.

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

Le raccordement progressif permet aussi de passer graduellement du dévers dechaussée en alignement droit au dévers de chaussée en arc de cercle. La courbe la plus utilisée est la clothoïde.

IV-2-2-1- : Eléments d'une clothoïde

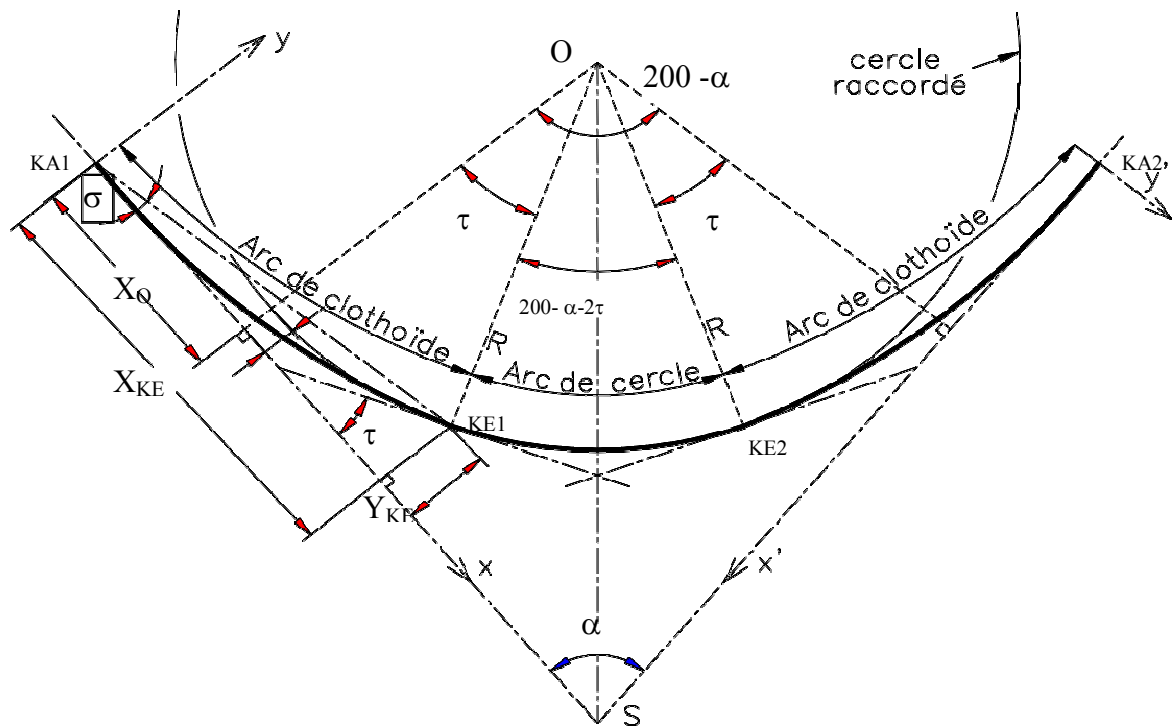


Figure IV-1 : éléments d'un clothoïde.

A. la Clothoïde :

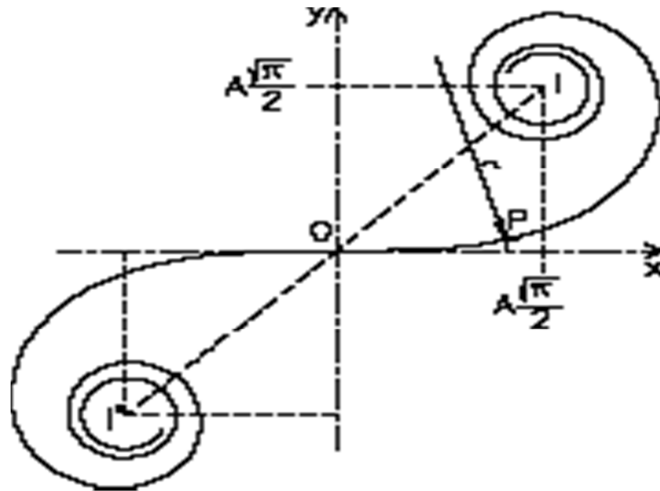


Figure IV-2 : Clothoïde

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

L'équation caractéristique est donnée par : $A^2 = R.L$

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

B. Longueur de raccordements

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

B.1- La condition de confort dynamique :

Cette condition a pour objet d'assurer l'introduction progressive du dévers et de

la courbure de façon en particulier à respecter les conditions de stabilité et de « confort dynamique », en limitant par unité de temps, la variation de la sollicitation transversale des véhicules

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

B.2- La condition Optique :

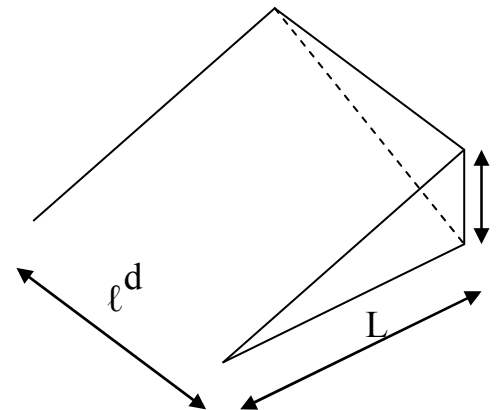
Cette condition a pour objet d'assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels, et en particulier de rendre perceptible suffisamment à l'avance la courbure du tracé, de façon à obtenir la sécurité de conduite la plus grande possible

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

B.3- Condition de gauchissement :

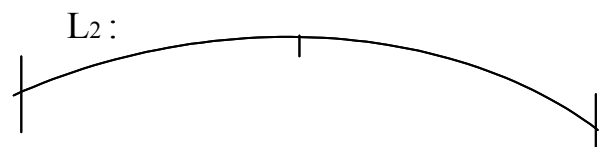
Cette condition a pour objet d'assurer à la route un aspect satisfaisant, en particulier dans les zones de variation de dévers. Elle se traduit par la limitation de pente relative du profil en long

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



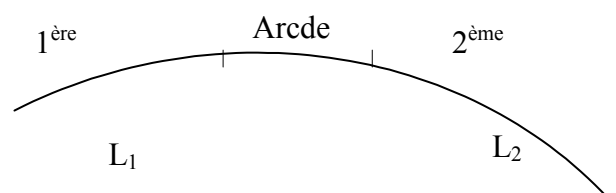
➤ Vérification de non chevauchement :

▪ **1er cas :** L_1 : 1^{ère} branche



Clothoïde sans arc de cercle.

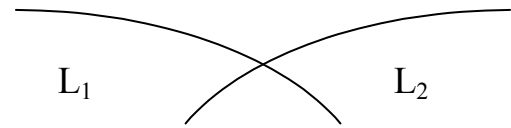
▪ **2ème cas :**



Clothoïde avec arc de cercle.

▪ 3ème cas :

Clothoïde impossible



➤ Application au projet :

• Vitesse de référence : $V_r=100$ km/h ; $d_{max}=7.00\%$; $d_{min}=-2.50\%$

• Rayon : $R=1800$ m ; $\Delta R=2.52$ m ; $l=7.00$ m ; $\beta = 19.698gr$

$R=1500$ m ; $\Delta R=1$ m ; $l=7.00$ m ; $\beta = 20.388gr$

❖ Condition de confort dynamique :

$$L_1 \geq \frac{V_r^2}{18} \cdot \left(\frac{V_r^2}{127R} - \Delta d \right) \rightarrow L_1 \geq \frac{100^2}{18} \cdot \left(\frac{100^2}{127 \cdot 1500} - 0.095 \right)$$

$$\rightarrow L_1 \geq 24 \text{ m}$$

❖ Condition Optique:

$$L_2 \geq \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R} \rightarrow L_2 \geq \sqrt{24 \cdot 1500 \cdot 1}$$

$$\rightarrow L_2 \geq 190 \text{ m}$$

❖ Condition gauchissement:

$$L_3 \geq l * \Delta d * V_r \longrightarrow L_3 \geq 7.0 * 0.095 * 100 \longrightarrow L_3 \geq 66.50 \text{ m}$$

❖ □ Longueur de clothoïde :

$$L \geq \max (L_1 ; L_2 ; L_3) \longrightarrow L \geq 190 \text{ m}$$

❖ □ Paramètre de la clothoïde :

$$A = \sqrt{R * L} \longrightarrow A = \sqrt{1500 * 190} \longrightarrow A = 533.85 \text{ m}$$

❖ □ Angle des alignements droits :

$$\alpha = 200 - \beta = 200 - 20.388 = 179.612 \text{ gr}$$

❖ □ Angle des tangentes :

$$\tau = \frac{L}{2R} \text{ (rad)} ; \tau = \frac{100L}{\pi R} \text{ (gr)}$$

$$\frac{100 \cdot 190}{\pi \cdot 1500} \longrightarrow \tau = 4.01 \text{ gr}$$

$$\beta/2 = 20.388 / 2 = 10.194 \text{ gr}$$

$$\tau = 4.01 \text{ gr} \leq \beta/2 = 10.194 \text{ gr} \longrightarrow \text{pas de chevauchement}$$

\longrightarrow ilya une clothoïde.

❖ □ Angle au centre (partie circulaire) :

$$\gamma = 200 - \alpha - 2\tau = 200 - 179.612 - 2 \times 4.01 = \mathbf{12.368gr}$$

❖ □ Longueur de la partie circulaire D :

$$D = \pi * R * \gamma / 200 = \pi \times 1500 \times 12.368 / 200 = \mathbf{291.41 \text{ m}}$$

❖ □ Abscisse de l'extrémité de la clothoïde :

$$X_{KE} = L - \frac{L^3}{40 \times R^2} = 190 - \frac{190^3}{40 \times 1500^2} \longrightarrow \mathbf{X_{KE} = 190 \text{ m}}$$

❖ □ Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde :

$$Y_{KE} = \frac{L^2}{6 \times R} = \frac{190^2}{6 \times 1500} \longrightarrow \mathbf{Y_{KE} = 4.01 \text{ m}}$$

❖ □ Angle polaire :

$$\sigma = \tan^{-1} \frac{X_{KE}}{Y_{KE}} \longrightarrow \sigma = \tan^{-1} \frac{190}{4.01} \longrightarrow \mathbf{\sigma = 1.34 \text{ gr}}$$

➤ □ Calcul de paramètres de la clothoïde :

Paramètre de la clothoïde		Virage 1	Virage 2	Virage 3	Virage 4	Virage 5
Rayon	R	1500	1500	1800	1500	1500

Longueur de la clothoïde	L	190	190	330	190	190
Paramètre de la clothoïde	$A = \sqrt{R * L}$	533.85	533.85	770.71	533.85	533.85
angle au sommet	α	222.691	179.612	180.302	214.11	198.403
angle au centre	$\beta = 200 - \alpha$	-22.691	20.388	19.698	-14.11	1.597
angle des tangentes	$\tau = \frac{100L}{\pi R}$	4.01	4.01	5.86	4.01	4.01
angle au centre Partie circulaire	$\gamma = 200 - \alpha - 2\tau$	/	12.368	7.978	/	/
Abscisse de l'extrémité de la cloth	$X_{KE} = L - \frac{L^3}{40 \times R^2}$	/	190	330	/	/
Ordonnée de l'extrémité de la cloth	$Y_{KE} = \frac{L^2}{6 \times R}$	/	4.01	10.083	/	/
angle Polaire	$\sigma = \tan^{-1} \frac{X_{KE}}{Y_{KE}}$	/	1.34	1.94	/	/
Longueur de la partie circulaire	$L_{CIR} = \frac{\pi R \gamma}{200}$	/	291.41	225.57	/	/
longueur de la corde KA-KE	$SL = \sqrt{(X_{KE})^2 + (Y_{KE})^2}$	/	190.04	330.15	/	/
abscisse du centre	$X_O = X_{KE} - R \sin \tau$	/	95.58	164.55	/	/
ordonnées du centre	$Y_O = Y_{KE} + R \cos \tau$	/	1501.04	1802.46	/	/
distance KA-centre	$KA-O = \sqrt{(X_O)^2 + (Y_O)^2}$	/	1504.08	1809.96	/	/
Ripage	$\tau = \frac{100L}{\pi R}$	/	1	2.52	/	/
Développée totale	$DT = 2L + D_{cercle}$	/	671.41	885.57	/	/
Tangente courte	$TK = \frac{Y_{KE}}{\sin \tau}$	/	63.70	109.70	/	/
Tangente longue	$TL = X_{KE} - \frac{Y_{KE}}{\cos \tau}$	/	185.98	319.87	/	/

➤ Variation du dévers dans la clothoïde :

Selon la variation du dévers et la longueur de la clothoïde on peut déterminer le dévers relatif à un point quelconque de la clothoïde

➤ □ Méthode de calcul des dévers en clothoïde :

Cette méthode consiste à déterminer la distance (x) entre le début de la clothoïde et le profil en travers et déterminer son dévers.

❖ □ Clothoïde

$$R = 1500 \text{ m} ; L = 190 \text{ m} ; d(R) = 5 \% ; d_{\min} = 2,50\% ; \Delta d = 7,50\%$$

▪ □ 1ère branche de clothoïde:

✓ □ Devers du bord extérieur :

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

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

• □ Devers extérieur

$$D_{\text{ext}} = \left(\frac{\Delta d}{L} \times x \right) - 2.5 = ?$$

$$P - (x = 0) \longrightarrow \left(\frac{7.5}{190} \times 0 \right) - 2.5 = - 2.5 \%$$

$$P - (x = 10\text{m}) \longrightarrow \left(\frac{7.5}{190} \times 10 \right) - 2.5 = - 2.1 \%$$

✓ □ Devers du bord intérieur

$$d_{\text{int}} = \begin{cases} d_{\text{min}} & \text{si } X < \frac{6L}{\Delta d} \\ d_{\text{ext}} & \text{si } X > \frac{6L}{\Delta d} \end{cases}$$

$$\frac{6L}{\Delta d} = \frac{6 \times 190}{5 + 2.5} = 152 \text{ m} \longrightarrow \text{Donc à partir de cette distance } 152 \text{ m} \longrightarrow d_{\text{int}} = d_{\text{ext}}$$

Chapitre : V

PROFIL EN LONG

V -1- INTRODUCTION

V -2- LIGNE PROJET

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

CHAPITRE V

PROFIL EN LONG

V -1- INTRODUCTION :

Le profil en long est une coupe longitudinale du terrain, il représente la surface de la chaussée avec un plan vertical passant par l'axe de la route. Le trait d'intersection donne le profil en long.

Il est composé d'éléments rectilignes caractérisés par leur déclivité (pente ou rampe), et des raccordements circulaires (ou paraboliques) caractérisés par leur rayon.

Les profils en long ont été exécutés à l'échelle 1/1000 et 1/100 comme celle du levé topographique. Le but principal du profil en long est d'assurer pour le conducteur une continuité dans l'espace de la route afin de lui permettre de prévoir l'évolution de la trace et une bonne perception des points singuliers.

V -2- LIGNE PROJET :

Le tracé de la ligne rouge qui représente la surface de roulement du nouvel aménagement retenue n'est pas arbitraire mais il doit répondre plus particulièrement aux exigences suivantes :

- ✓ Minimiser les terrassements, en cherchant l'équilibre adéquat entre le volume de remblais et de déblais ;
- ✓ Ne pas dépasser une pente maximale préconisée par les normes.
- ✓ Éviter de maintenir une forte déclivité sur une grande distance
- ✓ 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
- ✓ D'adapter le terrain pour minimiser les travaux de terrassement qui peuvent être coûteux

- ✓ De rechercher un équilibre entre le volume des déblais et le volume des remblais
- ✓ Éviter d'introduire un point bas du profil en long dans une partie en déblais.

- ✓ Au changement de déclivité (butte ou creux) on raccordera les alignements droits par des courbes paraboliques.
- ✓ 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.
- ✓ Assurer une bonne coordination du tracé en plan et le profil en long ;
- ✓ Opter pour une déclivité minimale de 0.5% de préférence qui permettra d'éviter la stagnation des eaux pluviales.

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

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

A- Les alignements

Les alignements sont des segments droits caractérisés par leurs déclivités.

B- Déclivité :

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

B.1- Déclivité minimale :

Dans les tronçons de route absolument horizontaux ou le palier, pour la raison d'écoulement des eaux pluviales car la pente transversale seule ne suffit pas, donc les eaux vont s'évacuer longitudinalement à l'aide des canalisations ayant des déclivités suffisantes leur minimum vaut 0.5% et de préférence 1%.

B.2- Déclivité maximale :

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

Elle dépend de l'adhérence entre pneus et chaussée qui concerne tout les

véhicules, et aussi de la réduction de la vitesse qu'il provoque qui concerne le poids lourd

- L'effort de freinage des poids lourds est très important qui fait l'usure de pneumatique (cas de pente max.).

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

▪ $V_r = 100$ (Km/h)

▪ Catégorie 01 → déclivité maximale = **5%**

▪ Environnement E1

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

✓ Effort de traction est considérable.

✓ Consommation excessive de carburant.

✓ Faibles vitesses.

✓ Gène des véhicules.

➤ **Application au projet**

La vitesse de base qu'on a retenue dans notre projet est 100Km/h, donc la déclivité maximale est de **5%**.

C- Raccordement en profil en long :

C.1- Raccordements verticaux :

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

A cet effet, le passage d'une déclivité à une autre, doit être adouci par l'aménagement de raccordement parabolique où leur conception est subordonnée à la prise en considération de la visibilité et du confort.

On distingue donc deux types de raccordement :

C.2- Raccordement convexe (angle saillant) :

Les rayons minimums admissibles des raccords paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain. Les conceptions doivent satisfaire aux conditions suivantes :

❖ □ Condition de confort :

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

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

D1 : la distance d'arrêt.

h0 : hauteur de l'œil.

h1 : hauteur de l'obstacle.

Pour les chaussées unidirectionnelles, les valeurs retenues pour le rayon minimal absolu assurent pour un œil placé à 1.10m de hauteur, la visibilité derrière l'angle saillant de l'obstacle éventuel de 0.15m cat 1-2 ou 0.20 m cat 3-4-5 à la distance d'arrêt d(Vr)

$$R_{Vm} = a \cdot d^2$$

a = 0.24 pour les catégories 1 et 2

a = 0.22 pour les catégories 3, 4 et 5

d : la distance d'arrêt correspond à une vitesse de 100 Km/h

Pour notre cas le rayon vertical minimal correspondant à une vitesse de base de 100km/h est de :

$$R_{Vm_1} = 0.24 * d_1^2 = \mathbf{6\ 229.54\ m}$$

Les rayons minimaux normaux sont obtenus par application de même relations pour la vitesse **V = Vr + 20**

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

Tableau V-1 : Rayons convexes (Cat2, V100)

Rayon	Symbole	Valeur (m)
Min absolue	RVm	10 000
Min normale	RVn	20 000

C.3- Raccordement concave (angle rentrant)

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

Les rayons minimaux des raccordements paraboliques en angle rentrant doivent satisfaire la condition de confort suivant :

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

Soit : $\frac{g}{40}$ pour la CAT 1-2

➤ □ Rayon minimal absolu

$$\frac{Vr^2}{Rvm'} = \frac{g}{40} \rightarrow Rvm' = 0.30 * Vr^2.$$

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

$$RVm(Vr) = 0.3 * Vr^2 = 0.3 * 100^2 = \mathbf{3000m}$$

➤ Rayon minimal normal

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

$$RV_n = RV_m (V_r + 20)$$

$$RV_n = RV_m (V_r + 20) = 0.3 * (100 + 20) \rightarrow RV_n = 4320m$$

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

Tableau V-2 : Rayons concaves (Cat2, V100)

RAYON	SYMBOLE	VALEUR (m)
Min absolue	RVm	3 000
Min normale	RVn	4 320
Assurant d	RVd	20 000

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

Le profil en long et le tracé en plan sont coordonnés de telle manière que la route.

Apparaisse à l'usager sans discontinuité gênante de tracé, lui permette de prévoir son :

Évolution et de distinguer clairement les dispositions des points singuliers, notamment les carrefours, les entrées et les sorties dans les échangeurs.

Les règles de dimensionnement du tracé en plan et du profil en long sont fondées sur des paramètres conventionnels de technique de la circulation (temps de perception réaction, coefficients de frottement, hauteur d'obstacle, etc...).

Dans les zones où les distances de visibilité ne peuvent pas être assurées (de façon permanente ou temporaire), un marquage et une signalisation appropriée doivent interdire le dépassement de façon claire et perceptible par les usagers. Il est nécessaire de veiller à la bonne coordination du tracé en plan et du profil en long (en tenant compte également de l'implantation des points d'échanges) afin d'assurer de bonnes conditions générales de visibilité et, pour les routes neuves, d'assurer si possible un certain confort visuel en évitant de donner au tracé un aspect trop brisé ou discontinu, cela conduit en général à chercher à faire coïncider les courbes du tracé en plan et les courbes du Profil en long et à prévoir des rayons de profil en long importants relativement à ceux du tracé en plan.

Cependant, pour des raisons de sécurité, le début des courbes (surtout lorsqu'elles ont des rayons inférieurs à 300 m) ne devraient pas coïncider avec un point haut du profil en long (ou se situer à proximité immédiate), ceci étant susceptible de dégrader fortement la perception du virage. Les carrefours ou accès riverains ne doivent pas coïncider avec des courbes du tracé en plan ni avec des zones à visibilité réduite.

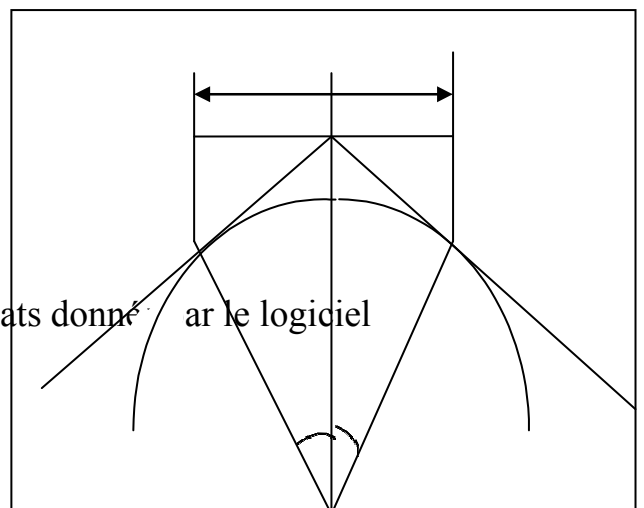
➤ **Avantages de la coordination du tracé en plan et du profil en long :**

- ✓ Assurer de bonnes conditions générales de visibilité.
- ✓ Éviter de donner au tracé un aspect trop brisé ou discontinu.

➤ **Calcul du raccordement parabolique:**

L'équation de la parabole est:

Remarque : on a utilisé directement les résultats donnés par le logiciel COVADIS.



Chapitre : VI

CINÉMATIQUE

VI-1- LES PARAMETRES CINEMATIQUES

CHAPITRE VI
CINEMATIQUE

VI-1- LES PARAMETRES CINEMATIQUES :

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

VI.1-1- 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.

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{Vr^2}{(frl \pm e)}$$

Avec :

- Vr : vitesse de référence en Km/h.
- e : déclivité.
- frl : coefficient de frottement longitudinal qui dépend de la vitesse Vr .

Tableau VI-1: Coefficient de frottement longitudinal selon les normes de B40

Vr (Km/h)	40	60	80	100	120	140	
frl	Catégorie 1-2	0,45	0,42	0,39	0,36	0,33	0,30
	Catégorie 3-4-5	0,49	0,46	0,43	0,40	0,36	/

Pour notre projet on a : $frl = 0.36$

➤ Application : Exemple de calcul

✓ **En alignement droit : e = 0** (cas purement théorique)

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{Vr^2}{(frl \pm e)} \rightarrow d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{100^2}{(0.36 \pm 0)} = \mathbf{111.11 \text{ m}}$$

✓ **En rampe : e = 2.02%**

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{Vr^2}{(frl \pm e)} \rightarrow d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{100^2}{(0.36 \pm 0.0202)} = \mathbf{105.21 \text{ m}}$$

✓ **En pente : e = - 0.5%**

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{Vr^2}{(frl \pm e)} \rightarrow d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{100^2}{(0.36 \pm 0.005)} = \mathbf{112.68 \text{ m}}$$

VI.1-2- Temps de réaction

Souvent l'obstacle est imprévisible et le conducteur a besoin d'un temps pour réaliser la nature de l'obstacle ou du danger qui lui apparaît. Ce temps est en général appelé **temps de perception** du conducteur, il diffère d'une personne à une autre et varie en fonction de l'état psychique et physiologique.

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 s** Pour un obstacle imprévisible.
- **t = 0.6 s** pour un obstacle prévisible.

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

- **t = 2 s** pour des vitesses < 100 Km/h
- **t = 1.8 s** pour des vitesses ≥ 100 Km/h

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

$$d_1 = v \times t \quad \text{avec :} \quad v : \text{vitesse en m/s} \quad t : \text{temps en seconde}$$

VI.1-3- Distance d'arrêt :

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

Distance d'arrêt (d) : $d = d_1 + d_0$

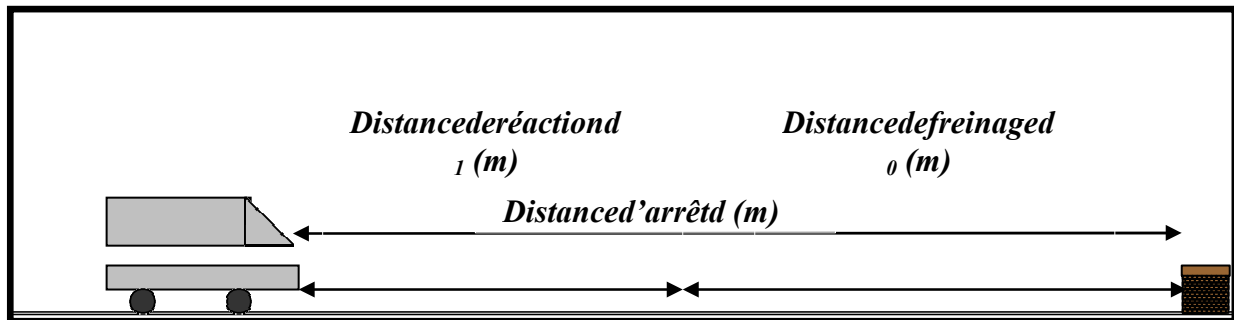


Figure VI-1: Distance d'arrêt et de freinage

✓ □ En alignement droit :

▪ □ Pour $V_r < 100$ Km/h et quand $t = 2$ s : $d = d_0 + 0.55 \times V_r$

▪ □ Pour $V_r \geq 100$ Km/h et quand $t = 1.8$ s : $d = d_0 + 0.50 \times V_r$

➤ □ Application :

En palier : $d = 111,11 + (0,5 \times 100) = 161.11$ m

En rampe : $d = 105.21 + (0,5 \times 100) = 155.21$ m

En pente : $d = 112.68 + (0,5 \times 100) = 162.68$ m

✓ □ 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.

▪ □ Pour $V_r \leq 100$ Km/h et quand $t = 2$ s : $d = 1.25 \times d_0 + 0.55 \times V_r$

▪ □ Pour $V_r > 100$ Km/h et quand $t = 1.8$ s :

➤ Application :

En palier : $d = 1,25 \times 111,11 + 0,55 \times 100 = 193.88 \text{ m}$

En rampe : $d = 1,25 \times 105.21 + 0,55 \times 100 = 186.51 \text{ m}$

En pente : $d = 1,25 \times 112.68 + 0,55 \times 100 = 195.85 \text{ m}$

VI.1-4- Distance de perception :

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

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

$$d_p = d + \frac{6}{3.6} \times Vr (Vr \text{ est en Km/h})$$

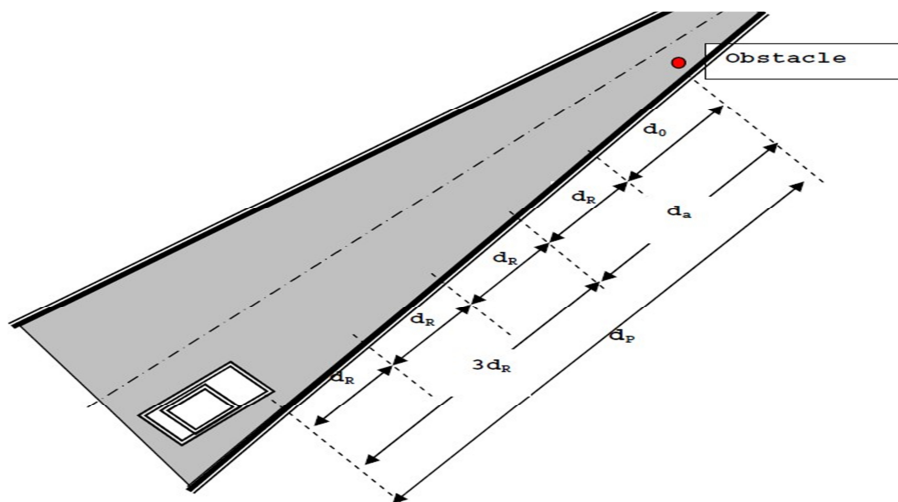


Figure VI-2 : Distance de perception

➤ Application :

✓ En alignement droit :

En palier : $d_p = 161.11 + \frac{6}{3.6} \times 100 = 327.77 \text{ m}$

En rampe : $d_p = 155.21 + \frac{6}{3.6} \times 100 = 321.88 \text{ m}$

En pente : $d_p = 162.68 + \frac{6}{3.6} \times 100 = 329.35 \text{ m}$

✓ □ En courbe :

En palier : $d_p = 193.88 + \frac{6}{3.6} \times 100 = 360.54 \text{ m}$

En rampe : $d_p = 186.51 + \frac{6}{3.6} \times 100 = 353.18 \text{ m}$

En pente : $d_p = 195.85 + \frac{6}{3.6} \times 100 = 362.52 \text{ m}$

VI.1-5- Distance de sécurité entre deux véhicules :

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

La distance de freinage ne change pas et reste d_0 , mais par contre la distance parcourue pendant le temps de perception et de réaction de second véhicule augmente d'une durée $(t + t')$, avec t' temps de perception et de réaction de second véhicule aux feux arrières de stop de premier véhicule.

L'espacement sera donc théoriquement : $d_2 = d_0 + v \times (t + t') + l$

d_0 : 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 : $d'_2 = d_2 + v \times (t + t') + l$ (t en s et v en m/s)

Soit E l'espacement supplémentaire de sécurité : $E = v \times t' + l$

Sachons que $V = \frac{V(Km/h)}{3.6}$ et $t' = 0.75 \text{ s} \rightarrow E_s = \frac{V}{5} + 1$

Avec :

V : la vitesse en km/h

L : la longueur de véhicule on prend généralement 5m

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

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

Exemple : si deux véhicules se suivent à une vitesse de $V = 100 \text{ Km/h}$. La distance de sécurité sera

•1er Cas : $E_s = \frac{V}{5} + 1 = \frac{100}{5} + 1 = 21 \text{ m}$

•2ème Cas : $E_s = \frac{V}{3} = \frac{100}{3} = 33.33 \text{ m}$

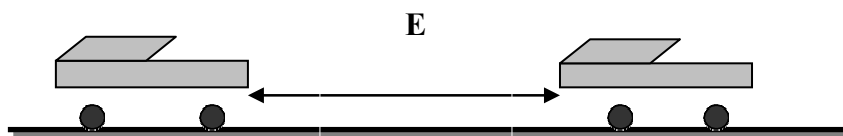


Figure VI-3 : Espacement entre deux véhicules

VI.1-6- Manœuvre de dépassement :

• \square **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 de dépassement.

Tableau VI-2 : Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse

Vr(Km/h) Distance	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	320	480	620	790	980
dmd	70	120	200	300	425	/

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

➤ **Application** : Vr = 100 Km/h

dvdm = 420 m

dvdn = 620 m

dmd = 300 m

➤ Tableau récapitulatif des paramètres fondamentaux :

Tableau VI-3 : Paramètres fondamentaux

Paramètres	Paramètres	Valeur
Devers minimal (%)	dmin	2,50
Devers maximal (%)	dmax	7,00
Temps de perception réaction (s)	t₁	2.00
Frottement longitudinal	f_L	0,36
Frottement transversal	ft	0,11
Distance de freinage en alignement droit (m)	d₀	111,11
Distance d'arrêt (m)	d₁	161.11
Distance d'arrêt en courbe (m)	d'₁	193.88
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	dvdm	420,00
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	dvdn	620,00
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	dmd	300,00
RHm (m) (dévers associe %)	RHm	450,00 (7%)
RHn (m) (dévers associe %)	RHn	650,00 (5%)
RHd (m) (dévers associe %)	RHd	1600,00 (2, 5%)
RHnd (m) (dévers associe %)	RHnd	2200,00 (-2, 5%)

--	--	--

Chapitre : VII

PROFIL EN TRAVERS ET CUBATURES

VII -1- INTRODUCTION

VII .2- PROFIL EN TRAVERS TYPE

VII -3- LES ELEMENTS CONSTITUANT UN PROFIL
EN TRAVERS TYPE

VII-4- DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE

VII -5-PRINCIPE DE LA CONSTITUTION DES CHAUSSEES

VII-6-LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT

VII-7- CUBATURES

CHAPITRE VII

PROFIL EN TRAVERS ET CUBATURES

VII -1- INTRODUCTION :

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 type » 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....).

VII .2- PROFIL EN TRAVERS TYPE :

C'est une pièce dessinée de base des projets de route nouvelle, il représente une section transversale dans le corps de la chaussée. Étant composé en trois couches (couche de roulement, couche de base, couche de fondation).

L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la cote du projet lue sur le profil en long, permet l'avant métré des terrassements.

On a pris 6 profils en travers avec l'épaisseur du corps de chaussée

- ✓ Un profil en alignement droit en déblai.
- ✓ Un profil en alignement droit en remblai.
- ✓ Un profil en alignement droit mixte.
- ✓ Un profil déversé en remblai.
- ✓ Un profil déversé en déblai.
- ✓ Un profil mixte déversé.

VII -3- LES ELEMENTS CONSTITUANT UN PROFIL EN TRAVERS TYPE

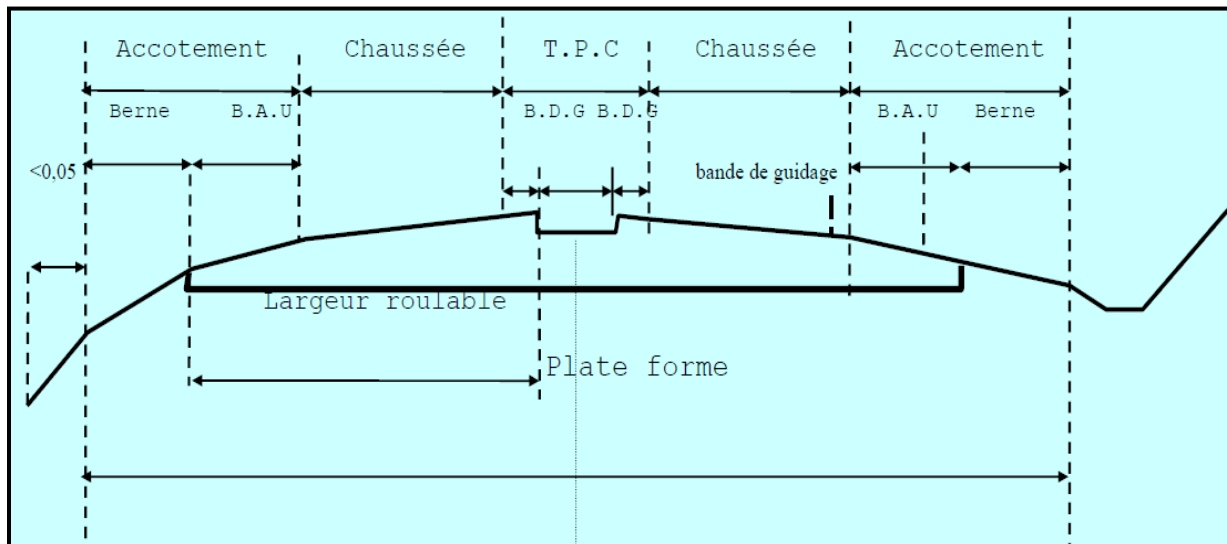


Figure VII-1: Les éléments d'une route

➤ 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.

➤ La plate-forme :

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

➤ Assiette :

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

➤ L'emprise :

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

➤ Les accotements :

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

Ils comportent généralement les éléments suivants :

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

➤ Le fossé :

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

❖ Profil en travers type de notre projet :

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

- ✓ Deux chaussées de deux voies de 3,50 m chacune : $2*(2 \times 3,5) = 14,00 \text{ m}$
- ✓ Une bande d'arrêt d'urgence de 2.50 m de part et d'autre: $(2 \times 2,50) = 5.00 \text{ m}$
- ✓ Une berme de 1.00 m de part et d'autre: $(2 \times 1.00) = 2.00 \text{ m}$
- ✓ Une DBA de largeur **0.60m** à l'axe de la route.
- ✓ Deux bandes dérasées (BDD et BDG) de 1.00m de largeur pour chacune : = **2.00 m.**
- ✓ Fossé trapézoïdal de dimensions : **0,50m x 0,50m x 0,50m**

VII-4- DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE :

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 passed'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux àréaliser.

Le dimensionnement des structures de chaussée constitue une étape importante del'étude. Il s'agit en même temps de choisir les matériaux nécessaires ayant descaractéristiques requises et de déterminer les épaisseurs des différentes couches de lastructure 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 -5-PRINCIPE DE LA CONSTITUTION DES CHAUSSEES :

La chaussée est essentiellement un ouvrage de répartition des charges roulantes surle terrain de fondation. Pour que le roulage s'effectue rapidement, sûrement et sans usureexagérée du matériel, il faut que la surface de roulement ne se déforme pas sous l'effet :

➤De la charge des véhicules :

La charge maximale autorisée sue un jumelage isolé est de 65 KN (6.5 tonnes) soit unessieu standard de 130 KN (13 T).

Il arrive également que cette charge maximale dépassée à cause de phénomène desurcharge.

➤Des intempéries :

Les variations des de température peuvent engendre dans les solides élastiques deschamps de contrainte et engendre aussi : les effets du gel, les efforts de l'enseuillementsur la déformation des mélanges bitumineux, et sur le vieillissement du bitume.

➤ Des efforts tangentiels

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

- De la transmission de l'effort moteur ou du freinage.
- De la mise en rotation des roues non motrice.
- De la résistance aux efforts transversaux.

Toutes ces actions tangentiels s'accompagnent de frottement dans lesquels se dissipent de l'énergie et qui usent les pneumatiques et les chaussées.

VII -5-1-La chaussée :

VII .5.1-1-Définition :

❖ Au sens géométrique :c'est la surface aménagée de la route sur laquelle circulent les véhicules.

❖ Au sens structurel :c'est l'ensemble des couches de matériaux superposées defaçon à permettre la reprise des charges :

✓ Couche de surface

Elle composée de la couche de roulement et la couche de liaison et elle est en contactdirect avec le pneumatique de véhicule et la charge extérieure. Son rôle est :

- Encaisser les efforts de cisaillement provoqués par la circulation.
- Imperméabiliser la surface de la chaussée.
- Assurer la sécurité (adhérence) et le confort (bruit et uni.)
- Assurer une transition avec les couches inférieures plus rigides.

✓ Couche de base :

Elle reprend les efforts verticaux et repartis les contraintes normales qui en résultent sur les couches sous-jacentes.

✓ Couche de fondation :

Elle a le même rôle que celui de la couche de base.

✓ Couche de forme

Elle est généralement prévue pour répondre à certains objectifs en fonction de la nature du sol support :

- Sur un sol rocheux : elle joue le rôle de nivellement afin d'aplanir la surface.
- Sur un sol peu portant (argileux à teneur en eau élevée) : Elle assure une portancesuffisante à court terme permettant aux engins de chantier de circuler librement. Actuellement, on tient de plus en plus compte du rôle de portance à long termeapporté par la couche de forme dans le dimensionnement et l'optimisation des structuresde chaussées.

VII .5.1-2- Les différentes catégories de chaussée :

Il existe deux catégories de chaussées:

- Les chaussées classiques (souples et rigides).
- Les chaussées inverses (mixtes ou semi-rigides).

Structures de chaussée.

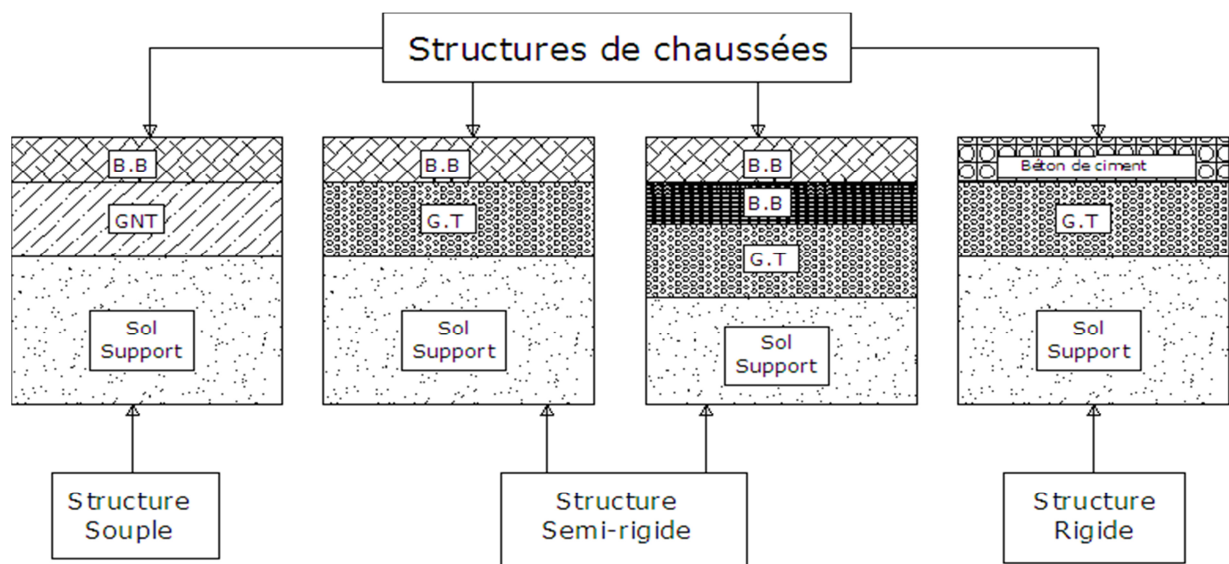


Figure VII-2 : les différentes catégories de chaussée

BB : béton bitumineux

;

GB : grave bitume.

GT : grave traité

;

G.N.T : grave non trait.

Le dimensionnement des structures constitue une étape importante de l'étude d'un projet routier car 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 chaussée devra résister aux agressions des agents extérieurs et à la surcharge d'exploitation : action des essieux des véhicules lourds, effets 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 ces charges pendant sa durée de vie.

La qualité de la construction de chaussées joue à ce titre un rôle primordial, celle-ci passe d'abord par une bonne reconnaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à utiliser, il est ensuite indispensable que la mise en œuvre de ces matériaux soit réalisée conformément aux exigences arrêtées.

Enfin, on examinera les différentes méthodes de dimensionnements avec une application au projet.

VII-6-LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT :

On distingue deux familles des méthodes :

- ✓ Les méthodes empiriques dérivées des études expérimentales sur les performances des chaussées.
- ✓ Les méthodes dites « rationnelles » basées sur l'étude théorique du comportement des chaussées.

Pour cela on passera en revue les méthodes empiriques les plus utilisées.

VII-6-1- 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:

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

Avec:

e: épaisseur équivalente.

I: indice CBR (sol support).

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

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

Log: logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

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

a₁ × e₁ : couche de roulement.

a₂ × e₂ : couche de base.

a₃ × e₃ : couche de fondation.

Où:

a₁, a₂, a₃ : coefficients d'équivalence.

e₁, e₂, e₃ : épaisseurs réelles des couches.

➤ Coefficient d'équivalence

Le tableau ci-dessous indique les coefficients d'équivalence pour chaque matériau :

Tableau VII-1 : Coefficient d'équivalence des matériaux

Matériaux utilisés	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
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	0.60 à 0.75

VII-6-2- 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 l'application d'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-6-3- Méthode d'ASPHALT INSTITUTE :

Elle basée sur les résultats obtenus des essais «AASHO », on prend en considération le trafic composite par échelle de facteur d'équivalence et utilise un indice de structure tenant compte de la nature des diverses couches.

L'épaisseur sera déterminée en utilisant l'abaque de l'asphalte institué.

VII-6-4- Méthode du catalogue des structures :

C'est le catalogue des structures type neuves et établi par «SETRA ».

Il distingue les structures de chaussées suivant les matériaux employés (GNT, SL, GC, SB).

Il considère également quatre classes de trafic selon leur importance, allant de 200 à 1500 Véh/J.

Il tient compte des caractéristiques géotechniques du sol de fondation.

Il se présente sous la forme d'un jeu de fiches classées en deux paramètres de données :

- Trafic cumulé de poids lourds à la 15ème année Tj.
- Les caractéristiques de sol (Sj).

VII .6.4.1-Détermination de la classe de trafic

La classe de trafic (TPLi) est déterminée à partir du trafic poids lourd par sens circulant sur la voie la plus chargée à l'année de mise en service.

Les classes de trafics adoptées sont dans le tableau suivant:

Tableau VII-2 : Classe de trafic.

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T1	$T < 7.3 \cdot 10^5$
T2	$7.3 \cdot 10^5 < T < 2 \cdot 10^6$
T3	$2 \cdot 10^6 < T < 7.3 \cdot 10^6$
T4	$7.3 \cdot 10^6 < T < 4 \cdot 10^7$
T5	$T > 4 \cdot 10^7$

Le trafic cumulé est donné par la formule:

$$T_c = TPL \left[1 + \frac{(1+T)^{n+1} - 1}{T} \right] 365$$

- TPL : trafic poids lourds à l'année de mise en service
- n : durée de vie (n = 20 ans)

VII .6.4.2- 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

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

Tableau VII-3: Classe de sol.

Classe de sol	Indice C.B.R
S1	25-40
S2	10-25
S3	05-10
S4	<05

VII-6-5- La méthode L.C.P.C (Laboratoire Central des Ponts et Chaussées)

Cette méthode est dérivée des essais A.A.S.H.O, elle est basée sur la détermination du trafic équivalent donnée par l'expression :

$$T_{eq} = [TJMA \cdot a [(1+Z)^n - 1] \times [0.75 \times P \times 365] / [(1+z) - 1].$$

T_{eq}: trafic équivalent par essieu de 13t.

TJMA : trafic à la mise en service de la route.

a: coefficient qui dépend du nombre de voies.

Z : taux d'accroissement annuel.

N : durée de vie de la route.

P : pourcentage de poids lourds.

Une fois la valeur du trafic équivalent est déterminée, on cherche la valeur de l'épaisseur équivalente **e_{eq}**(en fonction de T_{eq}, ICBR) à partir de l'abaque L.C.P.C.

L'abaque L.C.P.C est découpé en un certain nombre de zones pour lesquelles, il est recommandé en fonction de la nature et la qualité de la couche de base.

VII-6-6- Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves :

L'utilisation de catalogue de dimensionnement fait appel aux mêmes paramètres utilisés dans les autres méthodes de dimensionnement de chaussées : trafic, matériaux, sol support et environnement.

Ces paramètres constituent souvent des données d'entrée pour le

dimensionnement, en fonction de cela on aboutit au choix d'une structure de chaussée donnée.

La Méthode du catalogue de dimensionnement des chaussées neuves est une méthodologie qui se base sur deux approches :

- Approche théorique.
- Approche empirique.

VII-6-6-1- La démarche du catalogue :

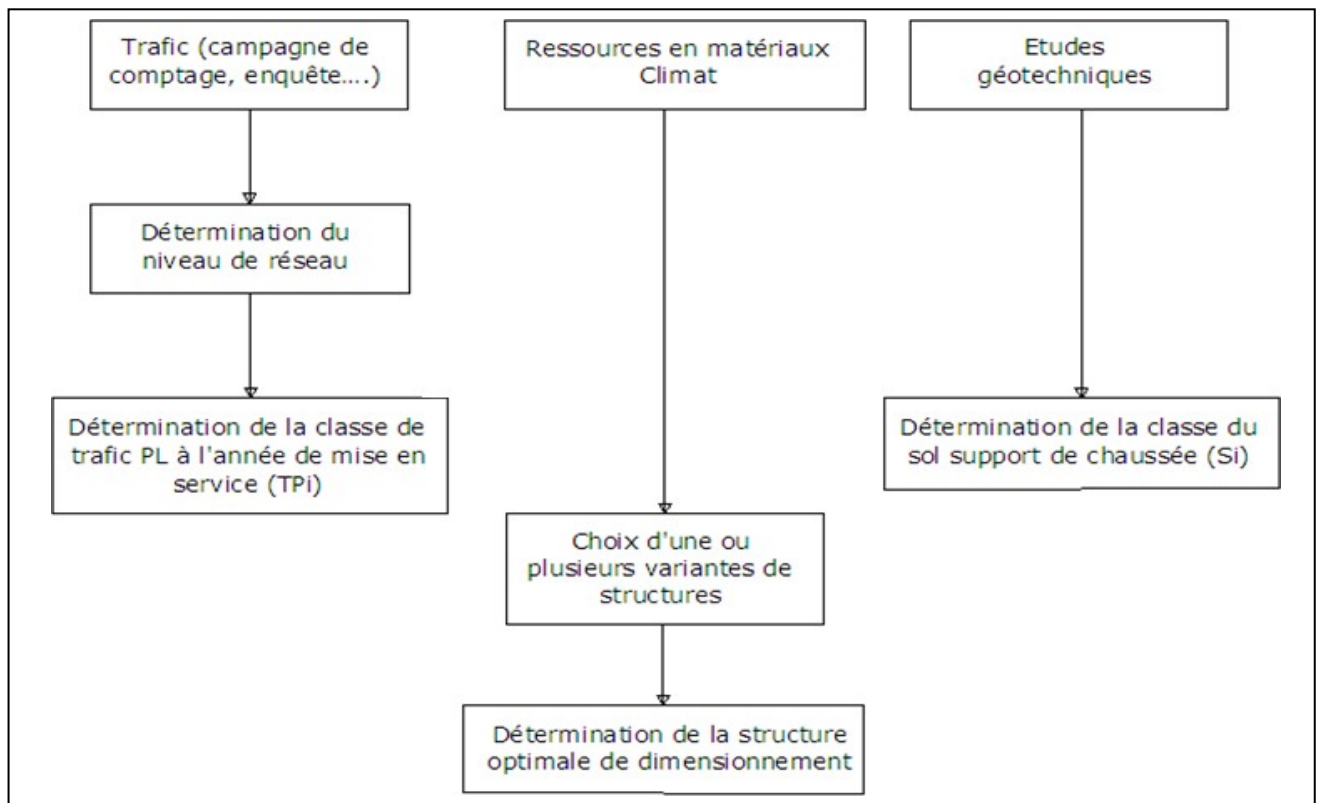


Figure VII-3 : démarche du catalogue

➤ Application au projet :

Pour le dimensionnement du corps de chaussée on a utilisé : la méthode CBR.

$TJMA_{2015} = 10000$ v/j avec un poids lourd de 35%

$$T_0 = (TJMA_{2015} \times \% pl) \rightarrow T_0 = (10000 \times 0,35) = \mathbf{3500 \text{ pl/j/sens.}}$$

$$T_1 = (1+\tau)^2 \times T_0 \rightarrow T_1 = (1+0.04)^2 \times 3500 = \mathbf{3787 \text{ pl/j/sens}}$$

$$T_n = (1+\tau)^n \times T_1 \rightarrow T_n = (1+0.04)^{20} \times 3787 = 8298 \text{ pl/j/sens}$$

$$E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{P})(75 + 50 \log \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} \rightarrow E_{eq} = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log \frac{8298}{10})}{9 + 5}$$

$$E_{eq} = 47.34 \text{ m} \rightarrow E_{eq} = 48 \text{ m}$$

On a : $E_{eq} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$

Tableau VII-4 : Épaisseur du corps de chaussée

Couches	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (ai)	Épaisseur équivalente (cm)
BBME	6,00	2,00	12,00
EME	15,00	1,20	18,00
Grave (GNT)	27,00	0,75	20,25
TOTAL	48.00		50.25

Notre structure comporte : **6BBME + 15 EME +27 Grave**

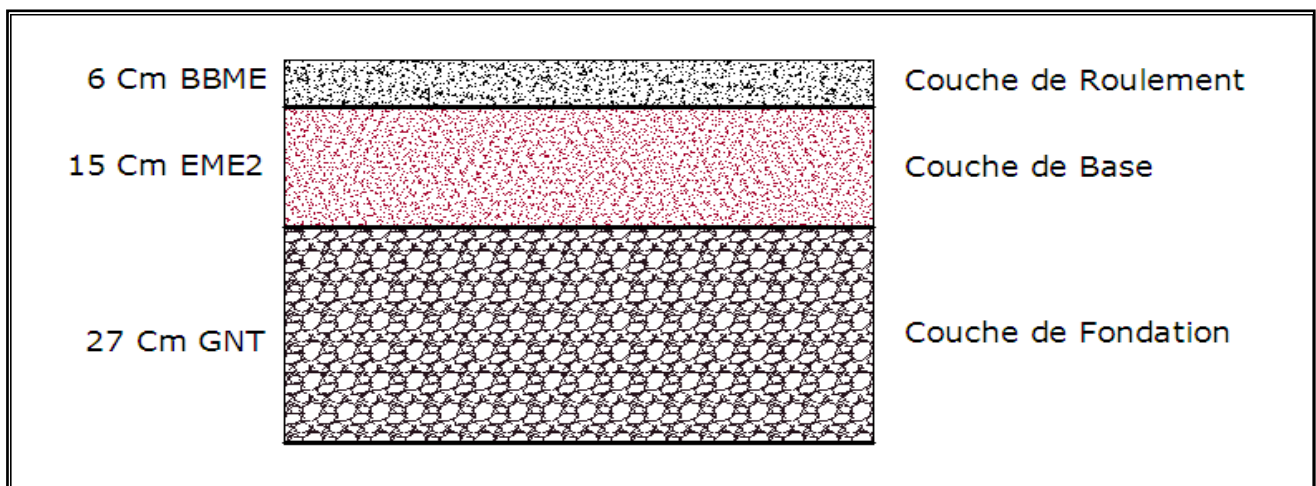


Figure VII-4 : Corps de chaussée

BBME : Béton bitumineux à module élevé.

EME2 : Enrobé à module élevé classe 2.

GNT : Grave non traité.

VII-7- CUBATURE :

VII-7-1- Définition:

Les cubatures de terrassement est la détermination des volumes de remblais et déblais nécessaire à la réalisation du projet, cela nécessite la connaissance :

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

VII-7-2- Méthode de calcul:

La méthode que nous allons utiliser est celle de la moyenne des aires, c'est une méthode simple mais elle présente un inconvénient de donner des résultats avec unemarge d'erreurs, pour être en sécurité on prévoit une majoration des résultats.

➤**Description de la méthode :**Le principe de la méthode de la moyenne des aires etde calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule suivant :

$$V = \frac{H}{6} \cdot (S_1 + S_2 + 4S_0)$$

H : hauteur entre deux profils.

S0 : surface limitée à mi- distances des profiles.

S1, S2 : surface des deux profils.

Application

La figure ci-dessous représente le profil en long d'un tracé donné.

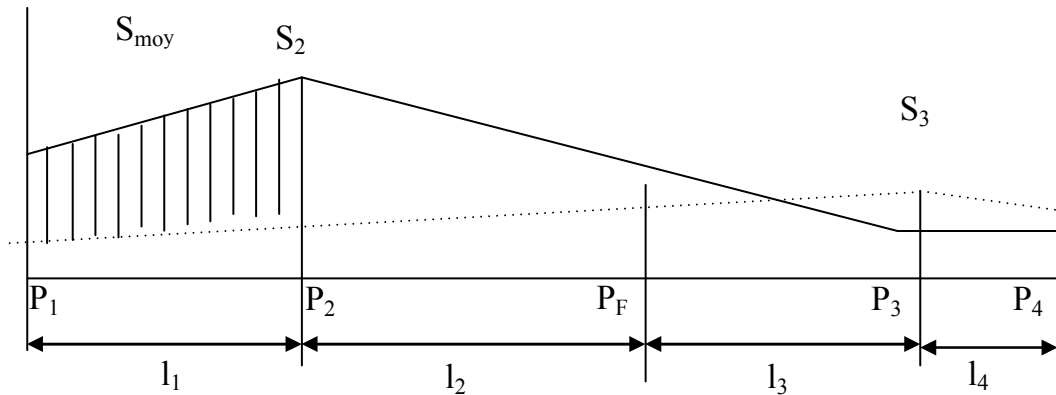


Figure VII-5 : Surfaces de cubature

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

sera égale à : $V_1 = \frac{L_1}{6} \cdot (S_1 + S_2 + 4S_{moy})$

Pour un calcul plus simple on à considérer que : $S_{moy} = \frac{(S_1 + S_2)}{2}$

D'où : $V_1 = L_1 \frac{(S_1 + S_2)}{2}$

• Entre P₁ et P₂ → $V_1 = L_1 \frac{(S_1 + S_2)}{2}$

• Entre P₂ et P_F → $V_2 = L_2 \frac{(S_2 + 0)}{2}$

• Entre P_F et P₃ → $V_3 = L_3 \frac{(0 + S_3)}{2}$

Le volume total V : $V = \left(\frac{L_1}{2}\right) \cdot S_1 + \left(\frac{L_1 + L_2}{2}\right) \cdot S_2 + \left(\frac{L_2 + L_3}{2}\right) \cdot 0 + \left(\frac{L_3 + L_4}{2}\right) \cdot S_3 + \left(\frac{L_4}{2}\right) \cdot S_4$

Pour le calcul des cubatures, on a utilisé le logiciel COVADIS.

Remarque : Les résultats du calcul sont illustrés dans le tableau suivant :

➤ Calcul de cubature :

▪ Décapage de la terre végétale :

Tableau VII-5 : Calcul de volume de décapage de terre végétale.

Profil n°	Abscisse	Longueur d'application	Emprise (m)			Décapage du TN			
			Gauche	Droite	Totale	Epaisseur	Surface (m ²)	Volume (m ³)	Cumul Vol. (m ³)
P1	0,00	15,00	15,07	14,58	29,66	0,20	444,89	88,98	88,98
P2	30,00	30,00	15,03	14,64	29,67	0,20	890,10	178,02	267,00
P3	60,00	30,00	14,98	14,62	29,60	0,20	888,12	177,62	444,62
P4	90,00	30,00	14,83	14,43	29,26	0,20	877,69	175,54	620,16
P5	120,00	30,00	14,59	14,23	28,82	0,20	864,60	172,92	793,08
P6	150,00	30,00	14,35	14,02	28,37	0,20	851,05	170,21	963,29
P7	180,00	30,00	14,06	13,75	27,81	0,20	834,42	166,88	1130,17
P8	210,00	30,00	13,78	13,47	27,25	0,20	817,57	163,51	1293,69
P9	240,00	30,00	13,49	13,34	26,83	0,20	804,96	160,99	1454,68
P10	270,00	30,00	13,33	13,11	26,45	0,20	793,36	158,67	1613,35
P11	300,00	15,57	13,18	12,88	26,07	0,20	405,75	81,15	1694,50
P12	301,13	15,00	13,17	12,87	26,05	0,20	390,74	78,15	1772,65
P13	330,00	29,43	13,00	12,84	25,84	0,20	760,68	152,14	1924,78
P14	360,00	30,00	12,82	12,70	25,52	0,20	765,45	153,09	2077,87
P15	390,00	30,00	12,59	15,37	27,96	0,20	838,83	167,77	2245,64
P16	420,00	30,00	15,33	15,51	30,84	0,20	925,17	185,03	2430,68
P17	450,00	30,00	15,46	15,54	31,00	0,20	930,00	186,00	2616,68
P18	480,00	30,00	15,59	15,80	31,39	0,20	941,84	188,37	2805,04
P19	510,00	30,00	15,64	15,96	31,60	0,20	947,97	189,59	2994,64
P20	540,00	30,00	15,75	16,06	31,81	0,20	954,16	190,83	3185,47
P21	570,00	30,00	15,89	16,13	32,02	0,20	960,75	192,15	3377,62
P22	600,00	30,00	15,95	16,18	32,13	0,20	963,96	192,79	3570,41
P23	630,00	30,00	16,13	16,25	32,38	0,20	971,45	194,29	3764,70
P24	660,00	30,00	16,16	17,15	33,31	0,20	999,29	199,86	3964,56
P25	690,00	30,00	16,55	17,06	33,61	0,20	1008,27	201,65	4166,21
P26	720,00	30,00	15,84	16,50	32,34	0,20	970,08	194,02	4360,23
P27	750,00	30,00	16,23	16,58	32,81	0,20	984,22	196,84	4557,07
P28	780,00	30,00	15,64	16,98	32,62	0,20	978,64	195,73	4752,80
P29	810,00	27,89	16,31	16,86	33,17	0,20	925,12	185,02	4937,83
P30	835,78	15,00	16,56	16,68	33,24	0,20	498,61	99,72	5037,55
P31	840,00	17,11	16,62	16,60	33,22	0,20	568,51	113,70	5151,25
P32	870,00	30,00	16,29	16,46	32,75	0,20	982,51	196,50	5347,75
P33	900,00	30,00	16,25	16,48	32,73	0,20	981,91	196,38	5544,13
P34	930,00	30,00	16,15	16,44	32,59	0,20	977,69	195,54	5739,67
P35	960,00	30,00	16,13	16,38	32,52	0,20	975,50	195,10	5934,77
P36	990,00	30,00	15,76	16,15	31,91	0,20	957,44	191,49	6126,26
P37	1020,00	30,00	15,43	15,87	31,30	0,20	939,11	187,82	6314,08
P38	1050,00	30,00	12,55	15,53	28,07	0,20	842,15	168,43	6482,51
P39	1080,00	30,00	12,79	12,55	25,35	0,20	760,36	152,07	6634,59
P40	1110,00	30,00	13,06	12,80	25,86	0,20	775,85	155,17	6789,76
P41	1140,00	30,00	13,31	13,05	26,36	0,20	790,92	158,18	6947,94
P42	1170,00	30,00	13,64	13,40	27,04	0,20	811,06	162,21	7110,15
P43	1200,00	30,00	13,93	13,84	27,76	0,20	832,89	166,58	7276,73
P44	1230,00	21,87	14,15	13,84	27,99	0,20	612,31	122,46	7399,19
P45	1243,75	15,00	14,26	13,73	27,99	0,20	419,81	83,96	7483,15
P46	1260,00	23,13	14,37	13,98	28,35	0,20	655,74	131,15	7614,30
P47	1290,00	30,00	14,57	14,31	28,88	0,20	866,39	173,28	7787,58

P48	1320,00	30,00	14,71	14,47	29,18	0,20	875,47	175,09	7962,67
P49	1350,00	30,00	14,87	14,62	29,48	0,20	884,46	176,89	8139,57
P50	1380,00	30,00	15,07	14,82	29,88	0,20	896,49	179,30	8318,87
P51	1410,00	30,00	15,24	14,96	30,21	0,20	906,20	181,24	8500,11
P52	1440,00	30,00	15,52	15,14	30,65	0,20	919,62	183,92	8684,03
P53	1470,00	30,00	15,81	15,52	31,33	0,20	939,81	187,96	8871,99
P54	1500,00	30,00	15,98	15,68	31,66	0,20	949,70	189,94	9061,93
P55	1530,00	30,00	16,07	15,92	32,00	0,20	959,98	192,00	9253,93
P56	1560,00	30,00	16,25	16,18	32,42	0,20	972,72	194,54	9448,47
P57	1590,00	30,00	16,47	16,32	32,79	0,20	983,68	196,74	9645,21
P58	1620,00	30,00	16,65	16,43	33,07	0,20	992,18	198,44	9843,64
P59	1650,00	30,00	16,83	16,61	33,44	0,20	1003,20	200,64	10044,28
P60	1680,00	30,00	16,97	16,76	33,74	0,20	1012,09	202,42	10246,70
P61	1710,00	22,07	17,04	16,87	33,91	0,20	748,46	149,69	10396,39
P62	1724,15	15,00	17,12	16,89	34,00	0,20	510,05	102,01	10498,40
P63	1740,00	22,93	17,21	16,91	34,11	0,20	782,04	156,41	10654,81
P64	1770,00	30,00	17,32	17,00	34,31	0,20	1029,45	205,89	10860,70
P65	1800,00	30,00	17,42	17,10	34,52	0,20	1035,70	207,14	11067,84
P66	1830,00	30,00	17,50	17,21	34,71	0,20	1041,20	208,24	11276,08
P67	1860,00	30,00	17,67	17,21	34,88	0,20	1046,45	209,29	11485,37
P68	1890,00	30,00	17,78	17,10	34,88	0,20	1046,33	209,27	11694,64
P69	1920,00	30,00	17,60	16,43	34,02	0,20	1020,70	204,14	11898,77
P70	1950,00	30,00	16,89	16,76	33,65	0,20	1009,56	201,91	12100,69
P71	1980,00	30,00	17,06	16,83	33,89	0,20	1016,74	203,35	12304,04
P72	2010,00	30,00	16,95	16,70	33,65	0,20	1009,49	201,90	12505,93
P73	2040,00	30,00	16,78	16,62	33,40	0,20	1001,88	200,38	12706,31
P74	2070,00	30,00	16,66	16,58	33,24	0,20	997,16	199,43	12905,74
P75	2100,00	30,00	16,59	16,91	33,50	0,20	1004,87	200,97	13106,72
P76	2130,00	30,00	17,57	17,53	35,10	0,20	1053,13	210,63	13317,34
P77	2160,00	30,00	16,54	16,42	32,96	0,20	988,94	197,79	13515,13
P78	2190,00	30,00	16,25	16,29	32,54	0,20	976,21	195,24	13710,37
P79	2220,00	30,00	15,93	16,12	32,05	0,20	961,38	192,28	13902,65
P80	2250,00	30,00	15,80	15,90	31,69	0,20	950,79	190,16	14092,81
P81	2280,00	29,93	15,88	15,67	31,55	0,20	944,27	188,85	14281,66
P82	2309,87	15,00	15,66	15,52	31,18	0,20	467,65	93,53	14375,19
P83	2310,00	15,07	15,65	15,52	31,17	0,20	469,72	93,94	14469,13
P84	2340,00	30,00	15,46	15,42	30,89	0,20	926,62	185,32	14654,45
P85	2370,00	30,00	15,29	15,37	30,66	0,20	919,72	183,94	14838,40
P86	2400,00	30,00	15,09	15,09	30,18	0,20	905,43	181,09	15019,48
P87	2430,00	30,00	14,70	14,64	29,34	0,20	880,24	176,05	15195,53
P88	2460,00	30,00	14,49	14,54	29,03	0,20	870,82	174,16	15369,70
P89	2490,00	30,00	14,60	14,53	29,13	0,20	873,90	174,78	15544,48
P90	2520,00	30,00	14,44	14,41	28,85	0,20	865,62	173,12	15717,60
P91	2550,00	30,00	14,34	14,33	28,67	0,20	860,14	172,03	15889,63
P92	2580,00	30,00	14,05	14,19	28,24	0,20	847,07	169,41	16059,04
P93	2610,00	30,00	14,12	14,03	28,15	0,20	844,63	168,93	16227,97
P94	2640,00	30,00	13,94	13,95	27,89	0,20	836,82	167,36	16395,34
P95	2670,00	30,00	13,96	13,98	27,94	0,20	838,09	167,62	16562,95
P96	2700,00	30,00	13,98	13,97	27,96	0,20	838,79	167,76	16730,71
P97	2730,00	30,00	13,93	14,02	27,95	0,20	838,52	167,70	16898,42
P98	2760,00	30,00	13,98	14,06	28,04	0,20	841,07	168,21	17066,63
P99	2790,00	30,00	14,03	14,10	28,13	0,20	843,88	168,78	17235,40
P100	2820,00	30,00	14,11	14,18	28,29	0,20	848,63	169,73	17405,13
P101	2850,00	23,39	14,17	14,42	28,59	0,20	668,85	133,77	17538,90
P102	2866,79	15,00	14,32	14,58	28,90	0,20	433,43	86,69	17625,59
P103	2880,00	21,61	14,41	14,62	29,03	0,20	627,23	125,45	17751,03
P104	2910,00	30,00	14,51	14,73	29,24	0,20	877,12	175,42	17926,46
P105	2940,00	30,00	14,52	14,86	29,38	0,20	881,37	176,27	18102,73

P106	2970,00	30,00	14,52	14,62	29,14	0,20	874,29	174,86	18277,59
P107	3000,00	30,00	14,50	14,71	29,22	0,20	876,48	175,30	18452,88
P108	3030,00	30,00	14,52	14,83	29,35	0,20	880,57	176,11	18629,00
P109	3060,00	30,00	14,70	15,06	29,76	0,20	892,93	178,59	18807,58
P110	3090,00	30,00	14,97	15,30	30,27	0,20	908,10	181,62	18989,20
P111	3120,00	16,58	15,25	15,51	30,76	0,20	510,08	102,02	19091,22
P112	3123,16	15,00	15,27	15,56	30,83	0,20	462,52	92,50	19183,72
P113	3150,00	28,42	15,62	15,93	31,54	0,20	896,45	179,29	19363,01
P114	3180,00	30,00	15,99	16,34	32,33	0,20	969,95	193,99	19557,00
P115	3210,00	30,00	16,44	16,82	33,26	0,20	997,87	199,57	19756,58
P116	3240,00	30,00	16,83	17,27	34,10	0,20	1023,00	204,60	19961,18
P117	3270,00	30,00	17,20	17,64	34,84	0,20	1045,05	209,01	20170,19
P118	3300,00	30,00	17,48	18,21	35,68	0,20	1070,49	214,10	20384,29
P119	3330,00	30,00	17,88	18,42	36,30	0,20	1088,89	217,78	20602,07
P120	3360,00	30,00	18,31	18,68	37,00	0,20	1109,96	221,99	20824,06
P121	3390,00	30,00	18,68	18,92	37,59	0,20	1127,82	225,56	21049,62
P122	3420,00	30,00	18,72	18,91	37,63	0,20	1128,98	225,80	21275,42
P123	3450,00	17,81	18,77	18,86	37,64	0,20	670,18	134,04	21409,45
P124	3455,61	15,00	18,80	18,79	37,59	0,20	563,88	112,78	21522,23
P125	3480,00	27,19	18,89	18,73	37,62	0,20	1023,13	204,63	21726,86
P126	3510,00	30,00	18,96	18,96	37,91	0,20	1137,36	227,47	21954,33
P127	3540,00	30,00	19,04	19,31	38,35	0,20	1150,60	230,12	22184,45
P128	3570,00	30,00	18,45	18,59	37,04	0,20	1111,21	222,24	22406,69
P129	3600,00	30,00	18,44	18,58	37,02	0,20	1110,68	222,14	22628,83
P130	3630,00	30,00	18,11	18,08	36,19	0,20	1085,77	217,15	22845,98
P131	3660,00	30,00	17,59	17,58	35,17	0,20	1055,10	211,02	23057,00
P132	3690,00	30,00	17,20	17,08	34,28	0,20	1028,46	205,69	23262,69
P133	3720,00	21,44	16,76	16,59	33,34	0,20	714,95	142,99	23405,68
P134	3732,89	15,00	16,60	16,46	33,06	0,20	495,85	99,17	23504,85
P135	3750,00	23,56	16,41	16,20	32,60	0,20	767,97	153,59	23658,45
P136	3780,00	30,00	15,95	15,71	31,65	0,20	949,52	189,90	23848,35
P137	3810,00	30,00	15,39	15,15	30,55	0,20	916,38	183,28	24031,63
P138	3840,00	30,00	14,82	14,52	29,34	0,20	880,09	176,02	24207,65
P139	3870,00	30,00	14,16	13,88	28,04	0,20	841,13	168,23	24375,87
P140	3900,00	30,00	13,16	15,97	29,13	0,20	873,81	174,76	24550,64
P141	3930,00	30,00	15,77	16,36	32,13	0,20	963,78	192,76	24743,39
P142	3960,00	30,00	15,90	15,81	31,71	0,20	951,22	190,24	24933,64
P143	3990,00	20,05	15,84	16,23	32,07	0,20	642,97	128,59	25062,23
P144	4000,10	5,05	16,26	16,52	32,78	0,20	165,58	33,12	25095,34

125476,72

■ Calcul de cubature de terrassement

Tableau VII-6 : Calcul de cubature de terrassement

Déblais					Remblais				
Surf. G (m ²)	Surf. D (m ²)	Surf. Tot (m ²)	Volume (m ³)	Cumul Vol. (m ³)	Surf. G (m ²)	Surf. D (m ²)	Surf. Tot (m ²)	Volume (m ³)	Cumul Vol. (m ³)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,99	24,11	51,11	766,58	766,58
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,65	24,63	51,28	1538,43	2305,01
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,28	24,45	50,73	1521,89	3826,89
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,64	22,70	47,34	1420,11	5247,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,51	20,66	43,17	1295,21	6542,22
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	20,21	18,61	38,81	1164,44	7706,66
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	17,49	15,99	33,48	1004,46	8711,12
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,83	13,38	28,22	846,49	9557,61
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,41	11,76	24,17	725,12	10282,73
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,15	10,11	21,25	637,57	10920,31
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,41	8,04	17,45	271,59	11191,90
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,33	7,96	17,29	259,38	11451,27
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,24	7,50	15,74	463,27	11914,54
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,55	6,01	12,56	376,66	12291,20
0,00	0,09	0,09	2,60	2,60	4,55	3,99	8,54	256,19	12547,39
0,07	0,19	0,26	7,68	10,28	3,56	2,77	6,33	190,00	12737,39
0,17	0,24	0,40	12,08	22,36	2,54	2,29	4,83	144,99	12882,38
0,40	1,19	1,59	47,67	70,03	0,95	0,62	1,57	47,10	12929,48
0,63	2,00	2,64	79,08	149,11	0,59	0,35	0,95	28,45	12957,93
1,34	2,85	4,19	125,65	274,76	0,17	0,11	0,28	8,48	12966,41
2,44	3,59	6,03	180,91	455,67	0,03	0,03	0,06	1,90	12968,31
3,20	4,30	7,50	225,06	680,73	0,03	0,03	0,06	1,80	12970,11
3,03	5,83	8,87	265,96	946,70	1,67	0,03	1,70	50,89	13021,00
10,41	17,43	27,84	835,14	1781,83	0,03	0,03	0,06	1,68	13022,69
12,42	16,59	29,01	870,32	2652,15	0,03	0,03	0,06	1,74	13024,43
3,83	7,74	11,58	347,33	2999,48	0,03	0,03	0,06	1,78	13026,21
2,82	8,20	11,01	330,42	3329,90	0,03	0,03	0,06	1,74	13027,95
2,67	9,69	12,35	370,65	3700,54	0,03	0,03	0,06	1,80	13029,76
7,37	8,51	15,87	442,72	4143,26	0,03	0,19	0,22	6,18	13035,94
8,89	9,15	18,04	270,58	4413,84	0,03	0,03	0,06	0,90	13036,83
9,65	8,39	18,04	308,62	4722,46	0,03	0,03	0,06	1,02	13037,86
6,61	7,27	13,88	416,28	5138,74	0,03	0,03	0,06	1,80	13039,66
6,31	7,50	13,81	414,27	5553,01	0,03	0,03	0,06	1,80	13041,46
5,16	6,78	11,94	358,22	5911,23	0,03	0,03	0,06	1,80	13043,27
5,09	6,42	11,50	345,13	6256,36	0,03	0,03	0,06	1,80	13045,07
1,36	3,35	4,71	141,25	6397,61	0,15	0,10	0,24	7,29	13052,36
0,15	1,30	1,45	43,50	6441,11	2,15	0,94	3,09	92,57	13144,93
0,00	0,20	0,20	5,87	6446,99	3,99	3,11	7,10	213,07	13358,00
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	6,09	5,04	11,12	333,74	13691,74

0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	8,41	7,25	15,65	469,54	14161,29
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	10,66	9,45	20,10	603,12	14764,41
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	13,57	12,32	25,88	776,54	15540,95
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	16,53	16,04	32,56	976,94	16517,88
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	18,93	17,29	36,22	792,25	17310,14
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	19,08	16,32	35,40	530,94	17841,08
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	20,67	18,79	39,46	912,62	18753,70
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	22,66	21,31	43,97	1319,21	20072,90
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	24,10	22,86	46,96	1408,84	21481,74
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	25,61	24,38	49,99	1499,74	22981,48
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	27,52	26,17	53,69	1610,56	24592,04
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	29,24	27,79	57,03	1710,80	26302,84
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	32,14	30,37	62,51	1875,23	28178,06
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	35,18	33,62	68,79	2063,79	30241,85
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	37,09	35,29	72,38	2171,51	32413,36
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	38,60	38,28	76,89	2306,64	34720,01
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	40,43	40,19	80,62	2418,45	37138,46
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	42,69	41,95	84,64	2539,35	39677,81
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	44,39	43,14	87,52	2625,68	42303,48
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	46,40	45,37	91,77	2752,96	45056,44
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	48,25	46,87	95,12	2853,53	47909,97
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	49,19	48,13	97,32	2148,29	50058,27
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	50,06	48,59	98,65	1479,75	51538,02
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	50,88	48,86	99,74	2286,65	53824,67
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	51,88	49,88	101,76	3052,80	56877,47
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	53,07	51,24	104,32	3129,54	60007,02
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	54,18	52,47	106,64	3199,30	63206,32
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	54,14	52,51	106,65	3199,42	66405,74
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	53,69	50,82	104,51	3135,31	69541,05
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	49,00	32,02	81,02	2430,61	71971,67
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	49,05	46,89	95,94	2878,26	74849,92
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	49,26	48,29	97,55	2926,63	77776,55
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	48,50	47,07	95,56	2866,92	80643,47
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	47,06	45,86	92,92	2787,67	83431,14
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	45,61	45,00	90,61	2718,22	86149,36
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	44,95	47,57	92,52	2775,55	88924,92
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	55,64	55,30	110,94	3328,34	92253,26
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	43,48	42,86	86,33	2590,02	94843,28
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	40,26	40,94	81,20	2436,12	97279,40
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	37,27	38,58	75,85	2275,54	99554,94
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	36,21	36,93	73,14	2194,08	101749,02
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	36,34	35,51	71,85	2150,65	103899,66
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	34,02	33,38	67,41	1011,08	104910,74
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	34,01	33,37	67,38	1015,30	105926,04
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	31,99	31,66	63,66	1909,75	107835,79
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	30,75	31,15	61,90	1857,00	109692,79
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	28,40	28,33	56,73	1701,76	111394,55
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	24,25	23,90	48,15	1444,53	112839,08

0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	22,14	22,50	44,65	1339,44	114178,53
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	23,28	23,01	46,29	1388,81	115567,34
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	21,83	21,68	43,51	1305,35	116872,69
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	20,93	20,88	41,82	1254,51	118127,21
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	18,59	19,29	37,88	1136,34	119263,55
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	18,27	24,66	42,93	1287,99	120551,53
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	17,10	17,16	34,26	1027,76	121579,30
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	17,25	17,37	34,62	1038,48	122617,77
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	17,47	17,42	34,88	1046,48	123664,25
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	17,17	17,62	34,79	1043,83	124708,08
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	17,62	17,99	35,61	1068,22	125776,30
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	18,11	18,41	36,52	1095,74	126872,03
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	18,84	19,21	38,05	1141,35	128013,39
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	19,85	21,10	40,94	957,84	128971,23
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	21,33	22,61	43,93	658,97	129630,19
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	22,08	23,18	45,27	977,98	130608,17
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	23,08	24,23	47,31	1419,29	132027,46
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	23,40	24,94	48,34	1450,23	133477,69
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	22,45	23,23	45,68	1370,55	134848,24
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	23,08	24,18	47,26	1417,83	136266,07
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	23,42	24,94	48,36	1450,66	137716,73
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	25,38	27,21	52,58	1577,54	139294,27
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	28,11	29,89	58,00	1740,07	141034,35
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	30,73	32,17	62,90	1042,93	142077,27
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	31,02	32,61	63,63	954,48	143031,76
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	34,71	36,38	71,09	2020,16	145051,92
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	39,09	41,14	80,23	2406,84	147458,76
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	44,37	46,45	90,82	2724,53	150183,29
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	48,83	51,55	100,38	3011,52	153194,81
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	53,17	55,93	109,10	3273,01	156467,82
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	56,36	61,83	118,19	3545,62	160013,44
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	61,76	65,04	126,80	3804,07	163817,51
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	65,98	68,48	134,46	4033,85	167851,36
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	70,45	71,38	141,83	4254,97	172106,33
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	70,77	71,99	142,76	4282,94	176389,27
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	71,20	71,87	143,07	2547,60	178936,86
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	71,49	71,73	143,22	2148,23	181085,09
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	72,17	70,72	142,88	3885,59	184970,68
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	73,05	73,02	146,07	4382,11	189352,79
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	75,95	76,71	152,67	4580,02	193932,80
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	67,24	68,32	135,56	4066,73	197999,53
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	67,61	68,37	135,98	4079,43	202078,96
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	62,39	62,20	124,60	3737,87	205816,83
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	56,11	55,96	112,06	3361,89	209178,72
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	51,68	50,81	102,49	3074,72	212253,44
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	45,89	44,95	90,84	1948,04	214201,48
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	44,27	43,46	87,73	1316,00	215517,48
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	42,10	40,84	82,94	1953,79	217471,26

0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	36,79	35,48	72,27	2168,03	219639,30
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	31,07	29,72	60,79	1823,66	221462,96
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	25,00	23,40	48,40	1452,07	222915,03
0,00	0,00	0,00	0,00	6446,99	18,48	17,20	35,68	1070,29	223985,32
0,00	1,96	1,96	58,76	6505,74	9,80	3,81	13,61	408,19	224393,51
1,41	1,86	3,27	97,97	6603,71	1,91	4,33	6,24	187,11	224580,62
1,09	1,28	2,37	71,15	6674,86	0,57	0,50	1,07	32,20	224612,83
2,65	4,73	7,38	147,98	6822,84	0,03	0,03	0,06	1,20	224614,03
7,02	7,75	14,77	74,62	6897,46	0,03	0,03	0,06	0,30	224614,33

- ✓ Longueur Totale du Tracé : **4000,10m**
- ✓ Surface totale de décapage : **125476,72m²**
- ✓ Volume total de décapage : **25095,34m³**
- ✓ Déblai Total : **6897,46m³**
- ✓ Remblai Total : **224614,33m³**

Chapitre : VIII

IMPLANTATION

VIII-1- INTRODUCTION

VIII-2- IMPLANTATION PLANIMETRIQUE DES SOMMETS
DES ALIGNEMENTS

VIII-3- IMPLANTATION DE COURBES

➤ Listing d'implantation planimétrique et altimétrique des profil

CHAPITRE VIII

IMPLANTATION

VIII-1- INTRODUCTION :

On sait que le trace d'une route comme toutes les autres voies de communication se composent d'alignement droit raccordé par des courbes circulaires ou progressives en tenant compte des points de passage obligés de relief du terrain des obstacles rencontrés pour implanter un alignement droit, deux points principaux suffisent entre lesquels il est facile de mettre en place des points intermédiaires, par contre pour implanter une courbe on a besoin d'un certain nombre de points et il existe plusieurs méthodes d'implantation :

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

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

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

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

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

➤ Plan de piquetage des axes des voies :

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

VIII-2- IMPLANTATION PLANIMETRIQUE DES SOMMETS DES ALIGNEMENTS :

A. Par Rayonnement :

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

B. Par intersection :

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

C. Par coordonnées polaires :

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

VIII-3- IMPLANTATION DE COURBES :

1. Raccordement circulaire :

Pour implanter un raccordement circulaire, il faut implanter au préalable les alignements droits adjacents et leur intersection.

La valeur du rayon R est une donnée, l'angle au centre β est calculé.

Après l'implantation des alignements, on implante les points de tangences T , T' et le sommet M de la courbe à partir du sommet S .

Plusieurs méthodes d'implantation peuvent être utilisées pour l'implantation de la partie circulaire.

❖ Méthode d'implantation :

➤ Implantation par abscisse et ordonnées sur la tangente :

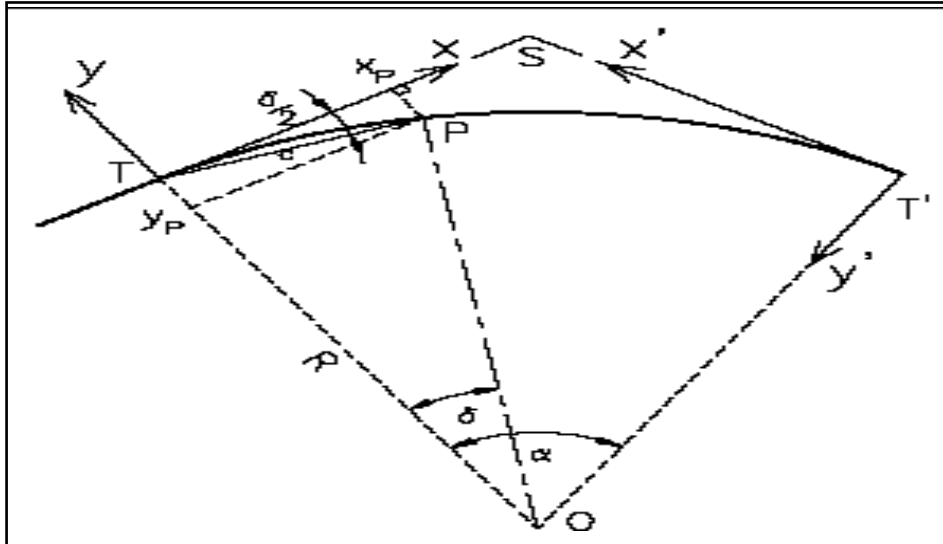


Figure VIII-1 : Implantation sur la tangente.

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

➤ Par abscisses et ordonnées sur la corde :

Origine : point de tangence

Origine : milieu de la corde

➤ Méthode : coordonnées polaires :

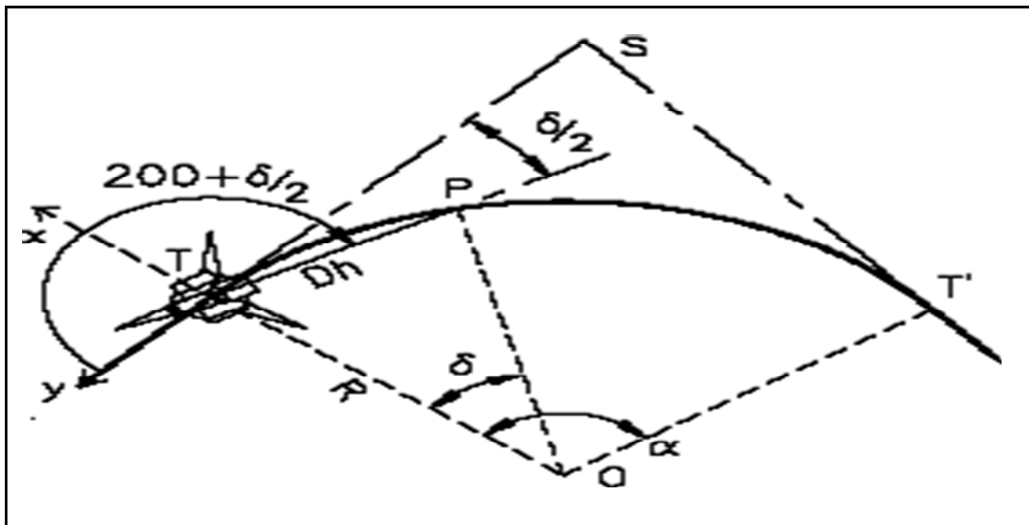


Figure VIII-2 : Coordonnées polaires.

2. Raccordement progressif :

Le piquetage peut être réalisé soit par coordonnées rectangulaires à partir des tangentes, soit par la méthode des cordes et angles. Ce sont surtout les appareils de mesure dont on dispose qui fixeront le choix du procédé. Tandis que le piquetage par les coordonnées rectangulaires peut se faire à l'aide d'un jalon, d'un ruban métrique et d'une équerre optique, un théodolite est nécessaire pour appliquer la méthode des cordes et angles.

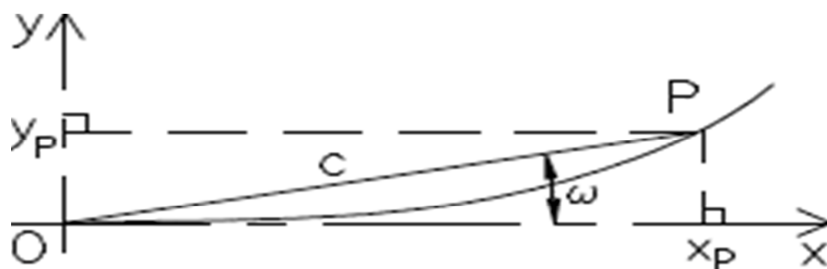


Figure VIII-3: Méthode d'implantation

➤ **Listing d'implantation planimétrique et altimétrique des profils :**

Tableau VIII-1 : Listing d'implantation des points d'axe

Profil n°	Abscisse	Point d'axe		
		X	Y	Z
P1	0,00	755129,49	3937862,97	371,90
P2	30,00	755153,20	3937844,59	371,75
P3	60,00	755176,90	3937826,21	371,60
P4	90,00	755200,61	3937807,82	371,45
P5	120,00	755224,32	3937789,44	371,30
P6	150,00	755248,03	3937771,06	371,15
P7	180,00	755271,73	3937752,67	371,00
P8	210,00	755295,44	3937734,29	370,85
P9	240,00	755319,15	3937715,91	370,69
P10	270,00	755342,86	3937697,52	370,54
P11	300,00	755366,57	3937679,14	370,39
P12	301,13	755367,46	3937678,45	370,39

P13	330,00	755390,44	3937660,98	370,25
P14	360,00	755414,68	3937643,30	370,12
P15	390,00	755439,26	3937626,10	370,00
P16	420,00	755464,18	3937609,40	369,89
P17	450,00	755489,43	3937593,21	369,79
P18	480,00	755515,00	3937577,52	369,70
P19	510,00	755540,88	3937562,34	369,62
P20	540,00	755567,06	3937547,69	369,56
P21	570,00	755593,52	3937533,56	369,50
P22	600,00	755620,27	3937519,97	369,46
P23	630,00	755647,28	3937506,91	369,43
P24	660,00	755674,54	3937494,40	369,41
P25	690,00	755702,05	3937482,43	369,40
P26	720,00	755729,79	3937471,01	369,40
P27	750,00	755757,76	3937460,16	369,42

P28	780,00	755785,94	3937449,86	369,44
P29	810,00	755814,31	3937440,13	369,48
P30	835,78	755838,85	3937432,22	369,52
P31	840,00	755842,88	3937430,96	369,52
P32	870,00	755871,51	3937422,01	369,58
P33	900,00	755900,14	3937413,05	369,65
P34	930,00	755928,77	3937404,10	369,73
P35	960,00	755957,41	3937395,14	369,83
P36	990,00	755986,04	3937386,19	369,93
P37	1020,00	756014,67	3937377,23	370,04
P38	1050,00	756043,30	3937368,27	370,14
P39	1080,00	756071,93	3937359,32	370,25
P40	1110,00	756100,57	3937350,36	370,36
P41	1140,00	756129,20	3937341,41	370,46

P42	1170,00	756157,83	3937332,45	370,57
P43	1200,00	756186,46	3937323,50	370,68
P44	1230,00	756215,10	3937314,54	370,79
P45	1243,75	756228,21	3937310,44	370,83
P46	1260,00	756243,70	3937305,50	370,89
P47	1290,00	756272,14	3937295,95	371,00
P48	1320,00	756300,38	3937285,84	371,11
P49	1350,00	756328,42	3937275,16	371,21
P50	1380,00	756356,23	3937263,92	371,32
P51	1410,00	756383,82	3937252,13	371,43
P52	1440,00	756411,16	3937239,78	371,53
P53	1470,00	756438,25	3937226,90	371,64
P54	1500,00	756465,08	3937213,47	371,75
P55	1530,00	756491,63	3937199,51	371,86
P56	1560,00	756517,90	3937185,03	371,96

P57	1590,00	756543,88	3937170,02	372,07
P58	1620,00	756569,55	3937154,49	372,18
P59	1650,00	756594,90	3937138,46	372,28
P60	1680,00	756619,93	3937121,91	372,37
P61	1710,00	756644,62	3937104,88	372,45
P62	1724,15	756656,14	3937096,67	372,48
P63	1740,00	756669,02	3937087,42	372,51
P64	1770,00	756693,37	3937069,90	372,57
P65	1800,00	756717,73	3937052,39	372,61
P66	1830,00	756742,09	3937034,88	372,65
P67	1860,00	756766,44	3937017,36	372,67
P68	1890,00	756790,80	3936999,85	372,68
P69	1920,00	756815,16	3936982,33	372,68
P70	1950,00	756839,51	3936964,82	372,67

P71	1980,00	756863,87	3936947,30	372,64
P72	2010,00	756888,23	3936929,79	372,61
P73	2040,00	756912,58	3936912,28	372,57
P74	2070,00	756936,94	3936894,76	372,51
P75	2100,00	756961,30	3936877,25	372,44
P76	2130,00	756985,65	3936859,73	372,36
P77	2160,00	757010,01	3936842,22	372,27
P78	2190,00	757034,37	3936824,71	372,17
P79	2220,00	757058,72	3936807,19	372,06
P80	2250,00	757083,08	3936789,68	371,94
P81	2280,00	757107,44	3936772,16	371,82
P82	2309,87	757131,69	3936754,73	371,70
P83	2310,00	757131,79	3936754,65	371,70
P84	2340,00	757156,00	3936736,93	371,58
P85	2370,00	757179,91	3936718,81	371,46

P86	2400,00	757203,52	3936700,30	371,33
P87	2430,00	757226,81	3936681,39	371,22
P88	2460,00	757249,78	3936662,10	371,12
P89	2490,00	757272,43	3936642,43	371,04
P90	2520,00	757294,75	3936622,38	370,99
P91	2550,00	757316,73	3936601,97	370,96
P92	2580,00	757338,37	3936581,19	370,95
P93	2610,00	757359,66	3936560,05	370,97
P94	2640,00	757380,59	3936538,56	371,01
P95	2670,00	757401,17	3936516,73	371,07
P96	2700,00	757421,37	3936494,55	371,15
P97	2730,00	757441,21	3936472,04	371,25
P98	2760,00	757460,66	3936449,21	371,38
P99	2790,00	757479,73	3936426,05	371,53

P100	2820,00	757498,42	3936402,58	371,70
P101	2850,00	757516,71	3936378,80	371,90
P102	2866,79	757526,77	3936365,36	372,02
P103	2880,00	757534,64	3936354,75	372,12
P104	2910,00	757552,50	3936330,65	372,36
P105	2940,00	757570,37	3936306,55	372,62
P106	2970,00	757588,24	3936282,45	372,90
P107	3000,00	757606,11	3936258,35	373,21
P108	3030,00	757623,97	3936234,25	373,54
P109	3060,00	757641,84	3936210,16	373,89
P110	3090,00	757659,71	3936186,06	374,27
P111	3120,00	757677,58	3936161,96	374,66
P112	3123,16	757679,46	3936159,42	374,71
P113	3150,00	757695,64	3936138,00	375,08
P114	3180,00	757714,17	3936114,41	375,53

P115	3210,00	757733,17	3936091,20	375,99
P116	3240,00	757752,63	3936068,37	376,48
P117	3270,00	757772,54	3936045,93	376,99
P118	3300,00	757792,90	3936023,89	377,52
P119	3330,00	757813,70	3936002,27	378,08
P120	3360,00	757834,92	3935981,07	378,65
P121	3390,00	757856,56	3935960,29	379,25
P122	3420,00	757878,62	3935939,96	379,86
P123	3450,00	757901,07	3935920,07	380,47
P124	3455,61	757905,32	3935916,39	380,58
P125	3480,00	757923,79	3935900,48	381,07
P126	3510,00	757946,52	3935880,89	381,68
P127	3540,00	757969,25	3935861,31	382,29
P128	3570,00	757991,98	3935841,73	382,90

P129	3600,00	758014,70	3935822,15	383,50
P130	3630,00	758037,43	3935802,57	384,11
P131	3660,00	758060,16	3935782,98	384,72
P132	3690,00	758082,89	3935763,40	385,32
P133	3720,00	758105,61	3935743,82	385,93
P134	3732,89	758115,38	3935735,41	386,19
P135	3750,00	758128,06	3935723,92	386,54
P136	3780,00	758150,29	3935703,77	387,15
P137	3810,00	758172,52	3935683,63	387,75
P138	3840,00	758194,75	3935663,48	388,36
P139	3870,00	758216,98	3935643,34	388,97
P140	3900,00	758239,21	3935623,19	389,57
P141	3930,00	758261,44	3935603,04	390,18
P142	3960,00	758283,66	3935582,90	390,79
P143	3990,00	758305,89	3935562,75	391,39

P144	4000,10	758313,38	3935555,97	391,60
------	---------	-----------	------------	--------

Chapitre : IX

ASSAINISSEMENT

IX-1- INTRODUCTION.

IX -2- OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT.

IX-3- DEFINITIONS.

IX-4- METHODES THEORIQUE DE CALCUL POUR
DIMENSIONNER UN FOSSÉ.

CHAPITRE IX

ASSAINISSEMENT

IX-1- INTRODUCTION :

L'assainissement routier est une composante essentielle de la conception, de la réalisation et de l'exploitation des infrastructures linéaires.

Elle couvre le rétablissement des écoulements naturels, l'assainissement des plateformes de chaussée, le drainage et la lutte contre la pollution routière.

L'eau est la première ennemie de la route car il pose des grands problèmes multiples et complexes sur la chaussée, Ce qui met en jeu la sécurité de l'utilisateur (glissade, inondation diminution des conditions de visibilité, projection des gravillons par désenrobage des couches de surface, etc.) et influe sur la pérennité de la chaussée en diminuant la portance des sols de fondation. Les types de dégradation provoqués par les eaux sont énumérés comme suit :

➤ Pour les chaussées :

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

➤ Pour les talus :

- ✓ Glissement.
- ✓ Erosion.
- ✓ Affouillements du pied de talus.

Les études hydrauliques inventorient l'existence de cours d'eau et d'une manière générale des écoulements d'eau en surface. Elles détermineront ensuite l'incidence du projet sur ces écoulements et les équipements à prendre en compte pour maintenir ces écoulements.

IX-2- OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT :

L'assainissement des routes doit remplir les objectifs suivants :

- ✓ Assurer l'évacuation rapide des eaux tombant et s'écoulant directement sur le revêtement de la chaussée (danger d'aquaplaning).
- ✓ Le maintien de bonne condition de viabilité.
- ✓ Réduction du coût d'entretien.
- ✓ Eviter les problèmes d'érosions.
- ✓ Assurer l'évacuation des eaux d'infiltration à travers le corps de chaussée. (danger de ramollissement du terrain sous-jacent et effet de gel).
- ✓ Evacuation des eaux s'infiltrant dans le terrain en amont de la plate-forme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).

IX-3- DEFINITIONS :

❖ Assainissement de la chaussée :

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

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

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

- ✓ Les réseaux de canalisation longitudinaux (fossés, cuvettes, caniveaux).
- ✓ Ouvrages transversaux et ouvrages de raccordement (regards, décente d'eau, tête de collecteur et dalot) Les ouvrages d'assainissement doivent être conçus dans le but d'assainir la chaussée et l'emprise de la route dans les meilleures conditions possibles et avec le moindre coût.

❖ Fossé de pied du talus de déblai

Ces fossés sont prévus au pied du talus de déblai afin de drainer la plate-forme et le talus vers les exutoires.

Ces fossés sont en terre et de section trapézoïdale. Ils seront bétonnés lorsque la pente en profil en long dépasse les 3 %.

❖ Fossé de crête de déblai :

Ce type de fossé est toujours en béton. Il est prévu lorsque le terrain naturel de crête est penché vers l'emprise de la chaussée, afin de protéger les talus de déblais des érosions dues au ruissellement des eaux de pluie et d'empêcher ces eaux d'atteindre la plate-forme.

❖ Réseau de crête de talus de remblai :

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

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

❖ Fossé de pied de talus de remblai :

Ce type de réseau peut avoir les deux fonctions suivantes :

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

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

Le fossé est en terre ou en béton (en fonction de leur vitesse d'écoulement). Ils sont prévus lorsque la pente des terrains adjacents est vers la plate-forme et aussi de collecter les eaux de ruissellement de la chaussée, en remblai, par l'intermédiaire des descentes d'eau.

❖ Descentes d'eau :

Dans les sections de route en remblai, lorsque la hauteur de ces remblais dépasse les 2,50 m, les eaux de ruissellement de la chaussée sont évacuées par des descentes d'eau.

Elles sont espacées généralement tous les 50 m lorsque la pente en profil en long est supérieure à 1%. Lorsque la pente est inférieure à 1 %, leur espacement est varié entre 30m et 40 m.

❖ Bassin versant

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

❖ Buses et dalots :

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

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

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

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

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

Avec :

- **K** : coefficient de conversion des unités (les mm/h en l/s) **K = 0.2778.**
- **C** : coefficient de ruissellement.
- **I** : l'intensité de l'averse exprimée en **mm/h**
- **A** : superficie du bassin versant.

➤ Coefficient de ruissellement 'c'

Le coefficient de ruissellement dépend de l'étendue relative des surfaces imperméabilisées par rapport à la surface drainée. Sa valeur est obtenue en tenant compte des trois paramètres suivants : la couverture végétale, la forme, la pente et la nature du terrain.

Tableau IX-1 : Coefficient de ruissellement

Type de chaussée	Coefficient 'C'	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobé	0.8 – 0.95	0.95
Accotement (sol légèrement perméable)	0.15 – 0.4	0.35
Talus, sol perméable	0.1 – 0.3	0.25
Terrain naturel	0.05 – 0.2	0.2

➤ Intensité de la pluie :

La détermination de l'intensité de la pluie, comprend différentes étapes de calcul qui sont :

➤ Hauteur de la pluie journalière maximale annuelle

$$P_j = \frac{p_{j\text{moy}}}{\sqrt{Cv^2 + 1}} \cdot \exp(u \sqrt{\ln(Cv^2 + 1)})$$

- **P_{j moy}**: pluie journalière moyenne (mm).
- **C_v** : Coefficient de variation.
- **ln**: Log. Népérien.
- **u**: Variable de Gauss. (Fonction de la période de retour) dont les valeurs sont données par le tableau suivant :

Tableau IX-2 : Variable GAUSS

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

❖ Remarques

- ✓ Les buses seront dimensionnées pour une période de retour 10 ans.
- ✓ Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
- ✓ Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100 ans.

▪ Calcul de fréquence d'averse :

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

formulesuivante : $p_t(\%) = p_j(\%)\left(\frac{t_c}{24}\right)^b$

Avec : $t=0.25 h$, $b=0.42$.

P_j : Hauteur de la pluie journalière maximale (mm).

b : Exposant climatique.

P_t : pluie journalière maximale annuelle.

t_c : Temps de concentration (heure)

▪ Temps de concentration

La durée 't' de l'averse qui produit le débit maximum Q étant prise égale au temps deconcentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentrationest estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giandothi, comme suit :

• La formule de VENTURA :

✓ Lorsque : $A < 5 \text{ km}^2 \rightarrow t_c = 0.127 \sqrt{\frac{A}{P}}$

•La formule de PASSINI

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

•La formule de GIADOTTI :

✓ Lorsque $25 \text{ km}^2 \leq A < 200 \text{ km}^2 \rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.82\sqrt{H}}$

- **T_c** : Temps de concentration (heure).
- **A** : Superficie du bassin versant (km²).
- **L** : Longueur de bassin versant (km).
- **P** : Pente moyenne du bassin versant (m.p.m).
- **H** : La différence entre la cote moyenne et la cote minimale (m).

▪L'intensité de l'averse :

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

$$I_t = I \left(\frac{t_c}{24} \right)^B$$

Avec :

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

$$B = b - 1 = 0.42 - 1 = -0.58 \quad I = \frac{pj}{24}$$

▪Calcul de débit de saturation (Q_s)

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

$$Q_s = V.S \quad V = K_{st} \cdot I^{1/2} Rh^{2/3}$$

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

- **Kst**: 50 en maçonneries.
- **Kst**: 70 en bétons (dalots).
- **Kst**: 75 en bétons (buses préfabriquées).
- **I** : pente longitudinale de l'ouvrage.
- **RH** : Rayon hydraulique = (surface mouillée/ périmètre mouillée).
- **S** : surface mouillée (m²).

Chapitre : X

SIGNALISATION

X- LA SIGNALISATION ROUTIERE.

X -1- INTRODUCTION.

X-2- L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE.

X-3- CATEGORIES DE SIGNALISATION.

X-4- REGLES A RESPECTE POUR LA SIGNALISATION.

X-5- TYPES DE SIGNALISATION.

X-6- CARACTERISTIQUES GENERALES DES MARQUES.

CHAPITRE X

SIGNALISATION

X- LA SIGNALISATION ROUTIERE :

X-1- INTRODUCTION :

Le développement de la circulation à grande vitesse impose à l'ingénieur routier de réaliser une signalisation impeccable, qui doit provoquer chez l'automobiliste des réflexes instantanés.

Cette signalisation doit être homogène, rapidement visible et compréhensible, suffisante et non surabondante. Elle doit être établie aussi sérieusement et minutieusement que la signalisation ferroviaire.

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

La signalisation routière a pour objet :

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

X-3- CATEGORIES DE SIGNALISATION :

On distingue :

- ✓ La signalisation par panneaux.
- ✓ La signalisation par feux.
- ✓ La signalisation par marquage des chaussées.
- ✓ La signalisation par balisage.
- ✓ La signalisation par bornage.

X-4- REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION :

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

a) Uniformité :

L'uniformité implique l'interdiction d'utiliser, sur toutes les voiries, des signaux

nonrèglementaires.

b) Homogénéité :

L'homogénéité existe que dans des conditions identiques, l'utilisateur rencontre des signaux de même valeur, de même portée et implantés suivant les mêmes règles.

c) Simplicité :

La simplicité s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'utilisateur.

d) Continuité :

Il s'agit d'un principe de signalisation directionnelle (principe de politesse), la politesse exige de guider l'utilisateur.

e) Cohérence :

Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation, cohérence avec les règles de circulation, cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.

f) Concentration et visibilité :

Il s'agit de deux principes antagonistes, il faut regrouper les panneaux, sous réserve de ne pas nuire à leur lisibilité.

g) Pose correcte :

La qualité de la pose et sa maintenance ce sont des facteurs essentiels de la crédibilité de la signalisation

X-5- TYPES DE SIGNALISATION :

X-5-1- SIGNALISATION VERTICALE :

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

1) Signaux de danger :

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

Elle doit appeler de façon tout spéciale l'attention des usagers de la route aux

endroits où leurs vigilances doivent redoubler en raison de la présence d'obstacle.

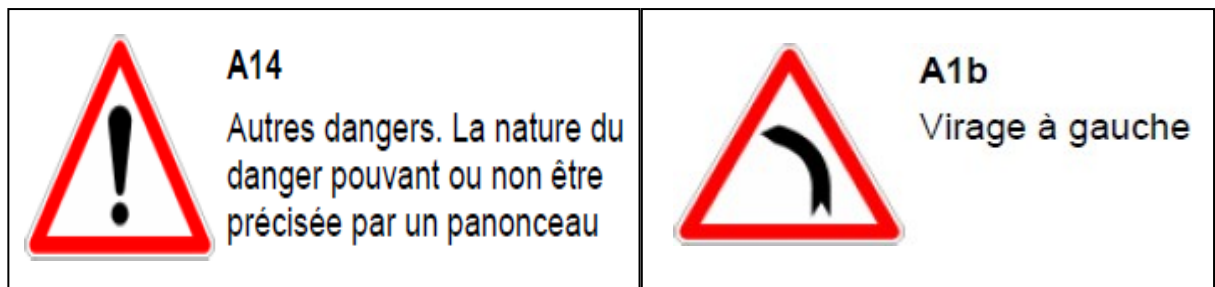


Figure X-1 : Signaux de danger

2) **Signaux comportant une prescription absolue :**

Panneaux de forme circulaire, on trouve :

♦ L'interdiction :

- ✓ Interdiction de tourner (à gauche ou à droite).
- ✓ Interdiction de faire demi-tour.
- ✓ Limitation de vitesse.
- ✓ Arrêt police ou halte gendarmerie.
- ✓ Arrêt à l'intersection.
- ✓ Interdiction de dépasser.
- ✓ Stationnement interdit ou réglementé.
- ✓ Accès interdit aux véhicules automobiles, motocyclettes.
- ✓ Accès interdit aux véhicules affectés au transport de marchandises.
- ✓ Autres interdictions.

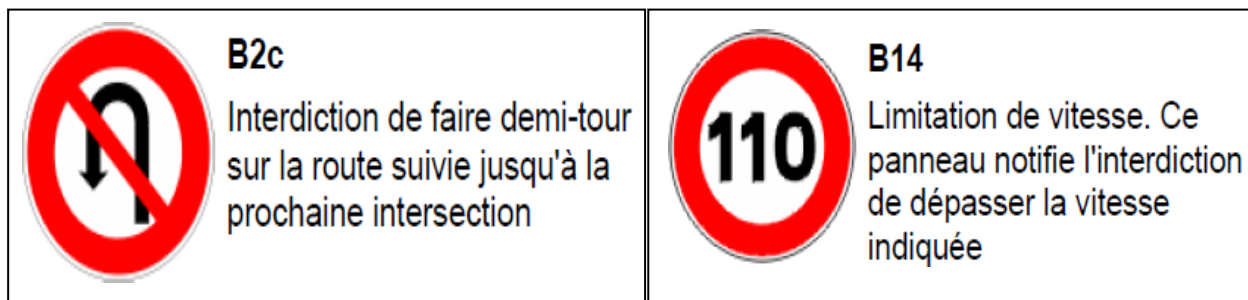


Figure X-2 : Signaux d'Interdiction

◆ L'obligation :

- ✓ Piste obligatoire pour cyclistes.
- ✓ Sens giratoire et sens unique.
- ✓ Vitesse minimum.
- ✓ Autres obligations.

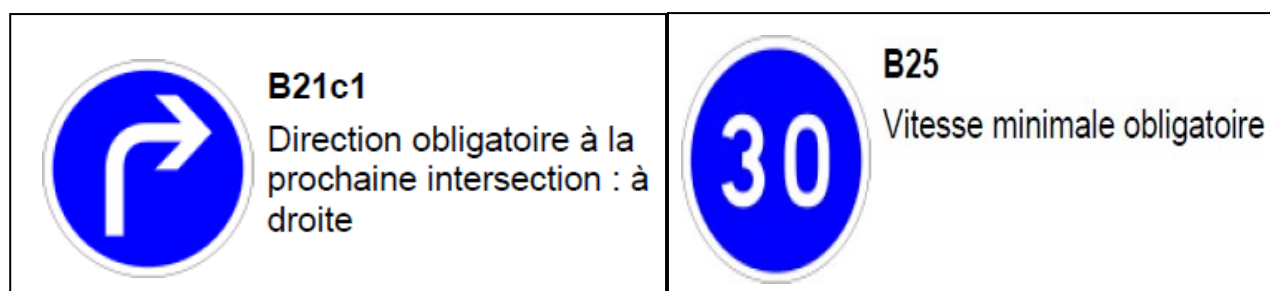


Figure X-3 : Signaux d'Obligation

◆ La fin de prescription :

- ✓ Fin de limitation de vitesse.
- ✓ Fin d'interdiction de dépasser.
- ✓ Fin d'interdiction de stationner.
- ✓ Fin d'interdiction de l'emploi des avertisseurs sonores.
- ✓ Fin de toutes les prescriptions locales précédemment signalées et imposées aux véhicules en mouvement.

3) Signaux à simple indication :

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

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

X-5-2- 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 :

A. 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 leurs intervalles.
- ✓ Lignes de rive, les lignes de délimitation des voies d'accélération et de décélération ou d'entrecroisement pour lesquelles la longueur des traits est sensiblement égale à celle de leurs intervalles.
- ✓ Ligne d'avertissement de ligne continue, les lignes délimitant les bandes d'arrêt d'urgence, dont la largeur des traits est le triple de celle de leurs

intervalles.

➤ **Modulation des lignes discontinues :**

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

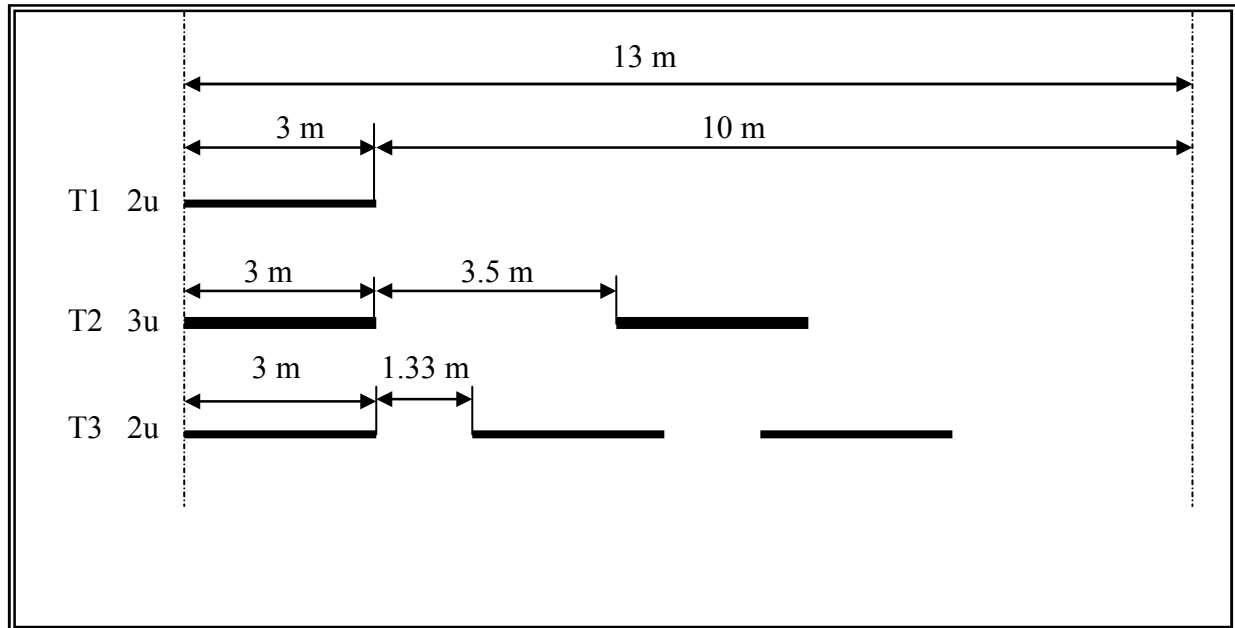


Figure X-4 : Types de modulation de lignes discontinues

Tableau X-1: Caractéristiques des lignes discontinues.

Rapport Plein/Vide	Intervalle entre deux traits successifs (m)	Longueur du trait (m)	Type de modulation
$\approx 1/3$	10 5	3 1.5	T1 T'1
≈ 1	3.5 0.5	6 0.5	T2 T'2
≈ 3	1.33 6	3 20	T3 T'3

B. MAROUAGE TRANSVERSAL :

◆ Lignes transversales continue :

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

◆ Lignes transversales discontinue :

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

C. AUTRES MAROUAGES :

◆ Flèche de rabattement :

Une flèche légèrement incurvée signalant aux usages 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-5 : Flèche de Signalisation

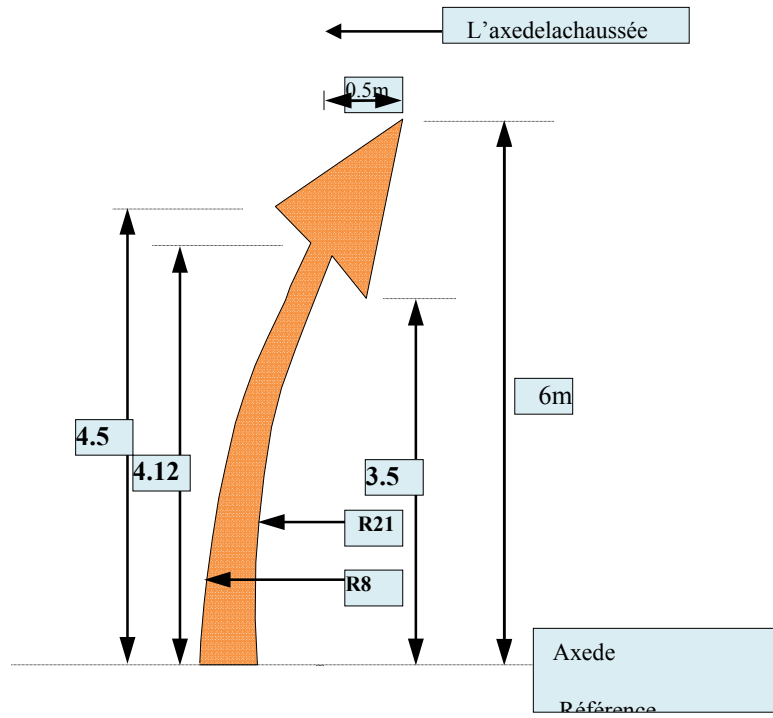


Figure X-6 : Flèche de Signalisation

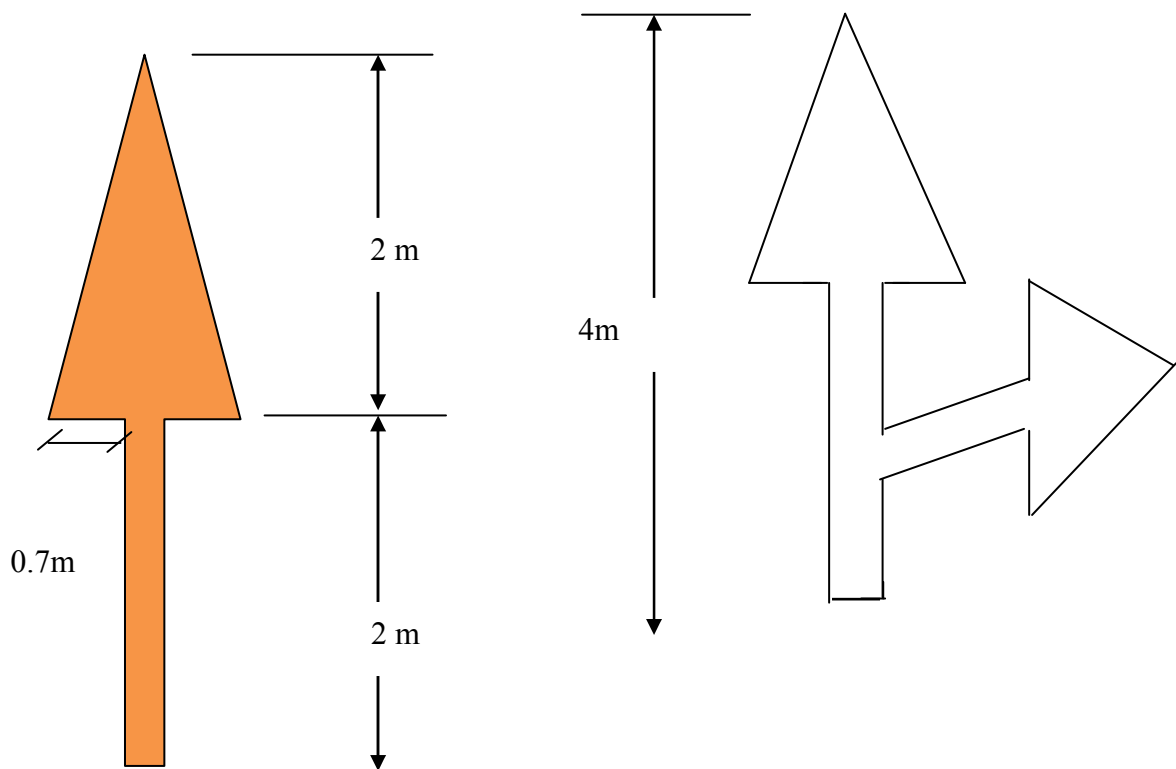


Figure X-7 : Flèche de Selection

X-6- 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 » différentesuivant le type de route, à devoir.

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

▪ **U = 6 cm** sur les routes et voies urbaines.

▪ **U = 5 cm** pour les autres routes.

Chapitre : XI

IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XI-1- INTRODUCTION.

XI-2- CONTEXTE ET RAISON D'ETRE DU PROJET

XI-3- ANALYSE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

METHODOLOGIES

XI-4- MESURES D'INSERTION ET D'ATTENUATION

PROPOSEES

XI-5- CONCLUSION

CHAPITRE XI

IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

XI-1- INTRODUCTION :

Ce projet est assujéti à l'évaluation des impacts sur l'environnement afin d'assurerson intégration dans le milieu récepteur et de réduire ses répercussions environnementales.

Le présent chapitre est constitué l'étude d'impact sur l'environnement du projet de lapénétrante et comporte la description de l'état initial et l'identification des différentescontraintes et sensibilités, et l'identification des impacts.

La consistance de ce rapport portera sur la mise en contexte du projet et le développement des chapitres de:

- La description des milieux physique, humain, biologique, et du paysage traversé.
- La description des composantes du projet que sont: le tracé en plan, le profil enlong, et le profil en travers type.
- L'analyse des impacts environnementaux : leurs activités, leurs sources, et leursévaluations.
- Et une conclusion résumant les impacts et des Activités génératrices des impactsappréhendés, les Sources d'impacts et valeur environnementales des éléments dumilieu, et évaluation des impacts environnementaux.

XI-2- CONTEXTE ET RAISON D'ETRE DU PROJET :

XI-2-1- Mise en Contexte du projet :

Le programme de développement du réseau autoroutier de la Wilaya de Mostaganem, consiste à connecter le réseau de la wilaya au réseau national pour assurer l'échange et la fluidité du trafic externe et inter wilaya. L'évolution de trafic, généré par le développement et l'augmentation de l'attraction touristique de la wilaya, c'est traduit par des congestions sur les axes principaux comme la RN90A, la RN23, laRN11.

La consistance de ce projet sur plan national, fait de lui un projet de priorité. Ce dernier, en combinaison avec d'autres aménagements prévus, permettra l'échange de trafic entre les différentes wilayas du territoire national, engendré par l'autoroute Est –Ouest.

XI-2-2- la démarche de L'ÉTUDE :

L'étude d'impact sur l'environnement de la de la pénétrante fait l'objet d'une démarche logique qui aboutira à un rapport articulé en volets distincts :

- **Volet 1** : un inventaire des données recueillies, la description de l'état initial et éléments pertinents du milieu.
- **Volet 2** : l'analyse des impacts et les contraintes environnementales à prendre en compte.
- **Volet 3** : proposition de mesure d'atténuation des impacts identifiés.

XI-2-3- Objectifs et portée de l'étude d'impact sur l'environnement :

Les objectifs de la présente Étude d'impact sur l'environnement sont les suivants :

- Assurer l'intégration des contraintes et opportunités inhérentes au milieu dans la démarche de conception de la nouvelle infrastructure.
- Identifier et évaluer l'importance des impacts appréhendés du projet sur le milieu physique, biologique et humain, ainsi que sur le climat sonore et le paysage.
- Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.

XI-3- ANALYSE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX

METHODOLOGIES :

XI-3-1- Identification des impacts :

L'identification des impacts du projet est basée sur l'analyse des relations conflictuelles possibles entre le milieu traversé et l'infrastructure à réaliser.

Cette analyse permet de mettre en relation les sources d'impact associées aux

phases de pré- construction, de construction et d'exploitation de la nouvelle infrastructure et les différentes composantes du milieu susceptibles d'être affectées.

L'identification des impacts se fait sur la base d'une matrice d'interactions.

XI-3-2- Évaluation des impacts :

L'évaluation de l'importance des impacts environnementaux fait appel à plusieurs paramètres, soit :

- la valeur environnementale du milieu affecté;
- le degré de perturbation ou de bonification;
- l'intensité de l'impact (qui est fonction des deux paramètres précités);
- la durée;
- la mise en œuvre éventuelle de mesures d'atténuation.

XI-4- MESURES D'INSERTION ET D'ATTENUATION PROPOSEES :

XI-4-1- Mesures d'atténuation particulières :

❖ Milieu physique :

- Limiter les interventions sur les sols sensibles à l'érosion, fragiles, en pente ou peu portants. Désigner les aires de circulation à privilégier.
- S'assurer, par un avis géotechnique préalable aux travaux, que le secteur ne risque pas de subir un glissement de terrain pendant et à la suite des travaux.
- N'obstruer en aucun temps le passage de l'eau et s'assurer de la présence d'un canal d'écoulement pour évacuer les crues subites. Tout batardeau doit être conçu de manière à permettre l'écoulement en tenant compte des débits maximums susceptibles de survenir pendant la période des travaux.
- Implanter des mesures tel l'enrochement (perré) ou l'aménagement de bassins de rétention pour ralentir la vitesse d'écoulement de l'eau et pour protéger la surface des fossés dans les secteurs en pente, particulièrement là où le sol est sensible à l'érosion et dans les zones de mouvement de terrain.

❖ Milieu biologique :

- Éviter de rediriger les eaux de ruissellement directement vers les cours d'eau

ethabitats humides, aménager plutôt des bassins de rétention au sommet des talus afin de limiter l'apport de matières en suspension ou tout autres substances en provenance de la chaussée.

➤ Durant et après les travaux de construction, s'assurer que les abords de la route de contournement soient bien drainés afin d'éviter la formation de mares stagnantes favorisant la formation de salines.

❖ Milieu humain :

➤ Baliser les infrastructures temporaires ou permanentes (par exemple les zones de déblais, les fossés, etc.) qui présentent un risque d'accident;

➤ Utiliser une signalisation adéquate, s'assurer d'une vitesse maximale appropriée pour la circulation de la machinerie et des véhicules lourds;

➤ Prévenir et informer les propriétaires dont le terrain va être modifié lors des travaux;

➤ Maintenir l'accès aux résidences et aux secteurs utilisés pour des activités récréotouristiques, de même qu'aux terres en culture durant les travaux.

➤ Baliser les infrastructures publiques (par exemple les lignes électriques, les réseaux d'AEP et d'assainissement) qui se situent à l'intérieur des aires de travaux ou à proximité .

❖ Milieu sonore :

➤ protéger les résidences touchées à une distance de 40 mètres de l'autoroute (murs anti bruit).

❖ Milieu visuel :

➤ Réaliser les travaux de terrassement des pentes selon les normes et le recouvrement des surfaces à l'aide d'une couche de terre végétale suffisante pour la reprise de la végétation.

➤ Effectuer des travaux de reboisement à l'aide d'espèces arborescentes et arbustives d'essences variées compatibles avec les usages et fonction de l'infrastructure routière. Si possible, utiliser des espèces représentatives des

espèces environnantes et adaptées à la nature et aux taux d'humidité des sols en présence, de même qu'aux embruns salins.

XI-4-2- Mesures d'atténuation générales :

- Les chemins d'accès au chantier, aux aires d'entreposage ou à tout autre aménagement temporaire doivent être à au moins 60 m du milieu hydrique;
- Utiliser une machinerie en bon état de fonctionnement afin de minimiser les risques de déversement accidentel et l'émission de polluants atmosphériques;
- L'abattage doit être fait de façon à ne pas endommager les arbres et les arbustes à conserver;
- Végéter toutes les surfaces déboisées ou défrichées durant les travaux qui sont situées à l'extérieur de l'emprise de la nouvelle route;
- S'assurer de l'efficacité de la reprise végétale sur une période de 24 mois après la fin des travaux;
- S'assurer que le réseau de drainage ne modifiera pas les conditions hydrologiques des propriétés voisines de l'emprise (assèchement de zones marécageuses ou création de zones d'accumulation d'eau);
- S'assurer que les fossés et les cunettes et descentes d'eau et les ouvrages hydrauliques à des dimensions suffisantes pour évacuer les eaux de ruissellement provenant de l'autoroute et des cours d'eau traversant l'emprise. Pour ce faire, se référer à l'étude hydrologique et hydraulique à installer et leur dimension.

XI-4-3- Mesures applicables :

❖ Installation et Emplacement des Chantiers :

➤ Emplacement des Chantiers :

Les divers emplacements possibles des sites seront situés en zones rurales ou à la périphérie des zones urbaines. L'installation de tels sites à l'intérieur de zones urbaines n'est envisageable que dans les zones industrielles autorisées avec contrôle d'accès approprié. Le choix de l'emplacement du chantier nécessitera

une attention toute particulière.

De manière générale, le site devra être situé de telle sorte qu'il permette l'accès aisé :

- aux routes principales existantes,
- aux sites de construction,
- aux infrastructures existantes,

➤ Déversement des Eaux Usées :

D'une manière générale, il est souhaitable que le chantier soit relié à un système d'égout existant avec l'approbation des services compétents. Cette approbation dépendra du volume des eaux usées, des capacités existantes du système et de l'aptitude du système de traitement et de décharge à traiter le type de déchets prévu.

Lorsque le raccordement à un système existant ne peut être envisagé, il est nécessaire de mettre en place un système autonome de récupération et de décharge des eaux usées. Dans ce cas, il s'agira de choisir le site en fonction des facteurs suivants :

- les conditions souterraines, par exemple pour l'utilisation de fosses septiques,
- le respect des ressources souterraines, en particulier en zones de recharge,
- autres facteurs importants.

➤ Déversements Accidentels et Fuites :

Les déversements accidentels et les fuites de produits chimiques entreposés sur les sites représentent une menace sérieuse pour les ressources en eau.

Il convient donc de demander à l'entrepreneur de soumettre à la DTP, l'inventaire des matériaux devant être stockés sur le site, ainsi qu'une évaluation des quantités de matériaux nécessaires périodiquement. Les quantités seront données à titre indicatif.

L'entrepreneur devra s'attendre à des directives qui comprennent des mesures

tellesque :

- l'identification des matériaux devant être séparés les uns des autres,
- l'utilisation par les employés de vêtements et d'équipements de protection,
- les techniques de manipulation appropriées,
- d'autres mesures de sécurité telles que les systèmes de ventilation et de lutte contre l'incendie.

➤ Accès :

L'atténuation des impacts causés par le trafic de construction devrait comprendre :

- le contrôle d'accès,
- le nettoyage de la route,
- la définition des routes et pistes d'accès autorisé.
- Le contrôle d'accès nécessitera la restriction des mouvements tournants aux points d'accès autorisés, ainsi que l'amélioration éventuelle de l'agencement des points de jonction afin d'éviter et réduire les accidents.

Certaines mesures concernant la maintenance de la route d'accès seront nécessaires afin que sa chaussée soit gardée en bon état. Les flaques d'huile, la boue et autres matériaux devront être nettoyés régulièrement.

En plus du programme de contrôle d'accès, l'entrepreneur devra soumettre un programme de maintenance de la route et de signalisation

XI-5- CONCLUSION :

L'objectif principal à atteindre est celui d'intégrer l'équipement dans le paysage qu'il traverse avec le minimum de nuisances économiques, environnementales et écologiques.

CHAPITRE : XII

ETUDE DE STABILITÉ DE TALUS DE DÉBLAI

XII-1- INTRODUCTION

XII-2- CADRE GEOLOGIQUE GENERAL DE LA REGION
D'ETUDE

XII-3- SISMICITÉ DE LA REGION

XII-4- DONNEES GEOTECHNIQUES IN SITU ET AU
LABORATOIRE

XII-5- INTERPRETATION DES DONNEES GEOTECHNIQUES
(IN-SITU ET DE LABORATOIRE)

XII-6- CONSTAT DES LIEUX

XII-7- SOLUTION DE CONFORTEMENT DE TALUS

XII-8- CALCUL DE STABILITÉ

XII-9- CONCLUSIONS

CHAPITRE XII

ETUDE DE STABILITÉ DE TALUS DE DÉBLAI

XII-1- INTRODUCTION :

Les glissements de terrain se produisent sous l'action d'un (ou plusieurs) « **facteur déclenchant** » qui rompt l'équilibre, soit au niveau des forces massiques, soit au niveau des forces extérieures, ou au niveau des forces de liaison dans le massif.

Certains de ces facteurs déclenchant sont naturels, tels que séismes, érosions, fluctuation des écoulements hydrauliques, altération, etc.

A l'échelle des travaux de génie civil, l'activité humaine s'ajoute à ces facteurs naturels et constitue fréquemment un facteur essentiel dans la rupture de l'équilibre. L'extension de cette relation à l'ensemble de la courbe de rupture, plane, circulaire ou de forme quelconque, des massifs.

Le but de l'étude pour vérifier la stabilité du déblai situé entre le PK21+160 au PK22+00 et la solution dans notre projet suite à un éboulement qui a eu lieu durant la période hivernale 2017-2018.

XII-2- CADRE GEOLOGIQUE GENERAL DE LA REGION D'ETUDE :

La zone étudiée montre les unités fondamentales du domaine, externe de la chaîne alpine en Afrique du Nord. Elles font partie intégrante du domaine tellien très complexe, qui comporte des reliefs à alignement parallèle au littoral. Ces reliefs sont fragiles, sensibles à l'érosion, en raison de leur lithologie où dominent les sables, les marnes et les argiles. Ce sont des massifs typiquement méditerranéens : pas de grandes barrières fluviales et de bassins encaissés entre des massifs montagneux. Plus précisément, notre région d'étude s'intègre paléo géographiquement dans le "Bassin du Bas Chélib". Ce dernier correspond à une cuvette intra- montagneuse développée postérieurement à la phase de structuration majeure du domaine

tellien-segment de la chaîne alpine d'Afrique du Nord– et qui constitue un bassin tardiorogénique. Leur remplissage a été assuré par une série sédimentaire matérialisée par une grande diversité de faciès (détritiques, carbonatés organiques et évaporitiques) tant en milieu marin ou continental et mesurant 5000 à 6000 m dans les zones les plus subsidentes. Il est étroitement lié à l'orogénèse alpine, ce qui leur confère un caractère intra-montagneux et explique la diversité de leurs dépôts qui reposent généralement en discordance sur un substratum schisto-grésocalcaire plissé. Le bassin du Bas Chélif occupe une aire de 300 km de long et sur près de 100 km de large entre 1°W et 2°E (Gérard Thomas, 1985 : Thèse de Doctorat ; Bernard Fenet, 1986 : Thèses de Doctorat). Il s'inscrit dans un quadrilatère limité :

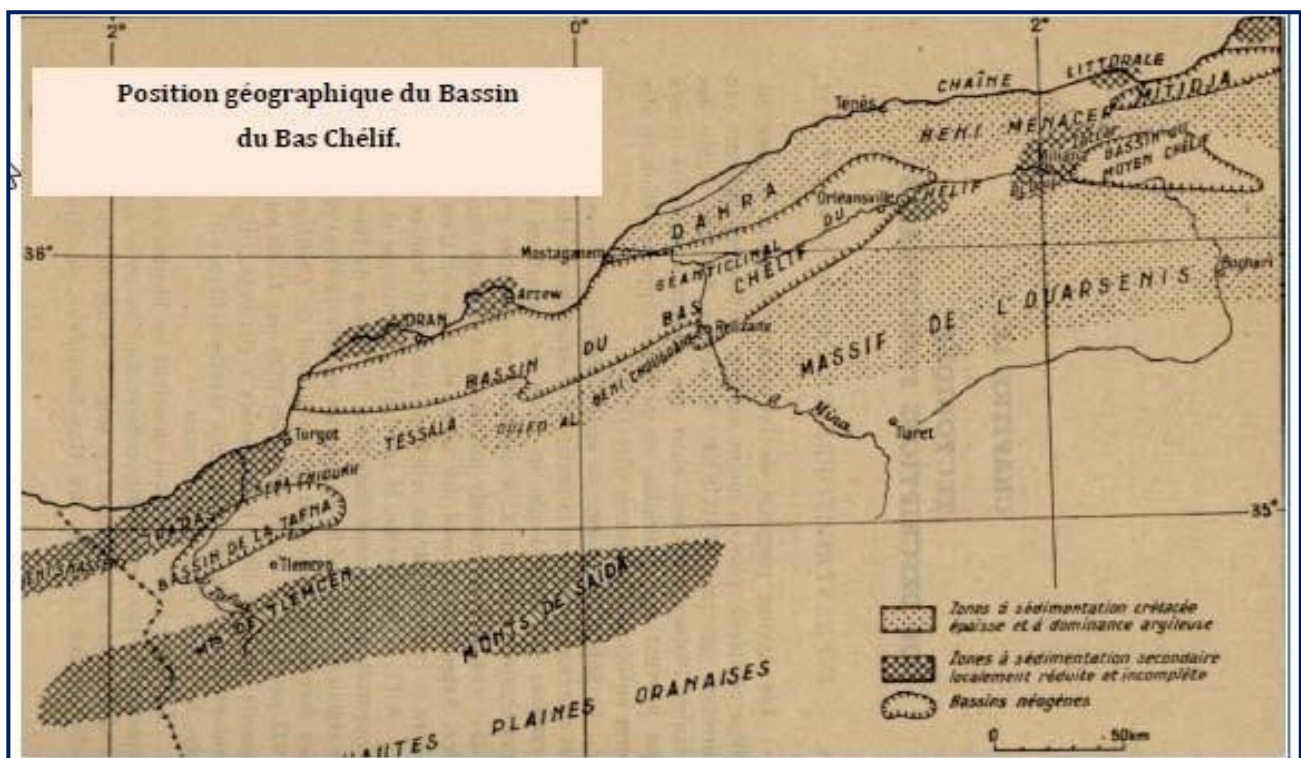


Figure XII-1 : Position géographique du bassin du bas Chélif.

- ✓ Au Nord par l'actuelle ligne de rivage ;
- ✓ À l'Est par la terminaison occidentale du Dahra et l'Ouarsenis ;
- ✓ Au Sud par les Hauts Plateaux (Monts de Saïda, Daïa et de Tlemcen);
- ✓ A l'Ouest par Oued Tafna.

XII-3- SISMICITÉ DE LA REGION :

D'après le Règlement Parasismique Algérien (algériennes RPA99/version 2003), publié par le Centre de Génie Parasismique C.G.S, le territoire national a été subdivisé en cinq (05) zones de sismicité croissante, définies ci-dessous

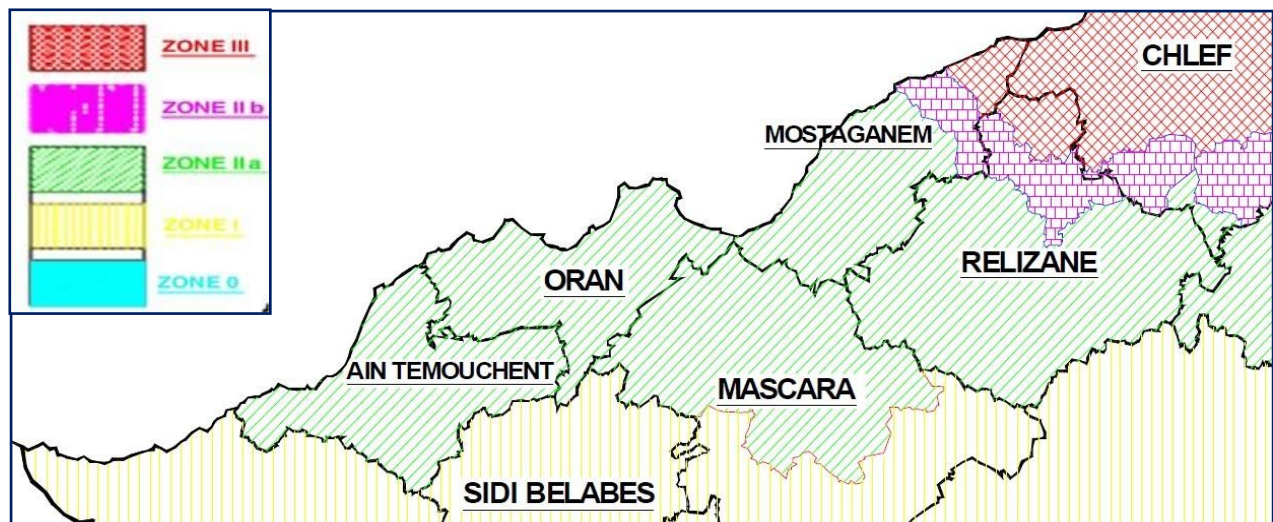


Figure XII-2 : Zones de sismicité

- ◆ **Zone 0** : Région à sismicité négligeable ;
- ◆ **Zone I** : Région à sismicité faible ;
- ◆ **Zone II a ET II b** : Région à sismicité moyenne ;
- ◆ **Zone III** : Région à fort sismicité.

XII-4- DONNEES GEOTECHNIQUES IN SITU ET AU LABORATOIRE

⋮

Dans la phase exécution du projet de réalisation de la pénétrante, un sondage carotté SC 6 de 15m de profondeur a été programmé au PK21+650 (zone de

déblai, hauteur=9m) mais n'a pu être réalisé pour difficulté d'accès

A cet effet, notre travail a été basé sur les éléments d'information constitués des pièces suivantes :

- ✓ Etude géotechnique de l'ouvrage d'art PI PK 22+491.570.
- ✓ Rapport d'étude géotechnique de l'APD.
- ✓ Des Profils en travers courants de la zone d'étude.

XII-4-1- TRAVAUX D'INVESTIGATIONS IN-SITU :

- Un (01) sondage carotté, n°SC.16 de 20,00m profondeur avec prélèvements d'échantillons intacts et remaniés pour des essais au laboratoire a été réalisé au droit du passage inférieur PI PK22+491.570 en phase d'exécution.
- Un piézomètre a été installé au droit du sondage SC.16 pour suivre et contrôler une éventuelle présence d'eau dans le sol.

XII-4-2- RESULTATS DES ESSAIS AU LABORATOIRE :

❖ Identification physique :

Les essais d'identification physique ont été réalisés sur des échantillons prélevés du sondage et répartis sur différentes profondeurs, dont les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

Tableau XII-1 : Synthèse des essais d'identification physique en laboratoire

Nature lithologique/ Caractéristiques géotechniques	Paramètres Physiques						granulométrie		Cisaillement			
	W (%)	γ_d t/m ³	γ_h t/m ³	Sr (%)	Wl (%)	IP (%)	<0.08 mm (%)	2 mm (%)	UU		CD	
									Cu (bar)	ϕ	C' (bar)	ϕ'
Sable argileux	17	1.73	2.03	86	-	-	54	100	-	-	-	-
Marne	20	1.71	2.07	100	55	24	99	100	0.72	22	0.74	34

XII-5- INTERPRETATION DES DONNEES GEOTECHNIQUES (IN-SITU ET DELABORATOIRE) :

❖DES ESSAIS IN-SITU :

D'après les logs de sondage carotté, le sol est constitué essentiellement, en surface, par une alternance de niveaux de sable argileux et tuf calcaire sur une profondeur de 5m.

Cette couche repose sur une couche marneuse gris-verdâtre de 10m d'épaisseur.

Deux essais S.P.T (Standard Pénétration Test) ont été réalisés dans le sondage carotté marqués de refus notamment dans la formation en tuf calcaire et sable argileux.

Le piézométrie n'a décelé aucune présence d'eau sur les 20m de profondeur que compte le sondage.

❖Des Essais Laboratoire

◆ **Analyse granulométrique** : les essais granulométriques réalisées sur les échantillons remaniés montrent un pourcentage de passants à 80 μ variant entre 54% et 99%, et les passants à 2mm de 100%, ces résultats montrent que cette formation est à prédominance argilo-limoneuse.

◆ **La Densité** : sèches d'échantillon de sable obtenues 1,73t/m³, et de la marne de l'ordre de 1,71 t/m³, ces valeurs montrent que le sol présente un état du sol dense.

◆ **Teneur en eau et saturation** : la teneur en eau de l'échantillon testé (sable et de la marne) varie entre 17% et 20 %, par ailleurs les valeurs des degrés de saturation varient entre 86% et 100% ce qui indiquerait un sol moyennement humide.

Les résultats obtenus par **les essais de cisaillement à la boîte de CASAGRANDE**, de type non consolidé-non drainé (UU), donnent des valeurs de la cohésion variant entre 0,74 et 1,64 bars, indiquant un sol à cohésion très raide. L'angle de frottement interne(ϕ), donne une valeur moyenne allant de 22

jusqu'à 32°. Les résultats obtenus par les essais de type consolidé-drainé (CD), donnent des valeurs de cohésion variant entre 0,74 et 1,06 bars, et d'angle de frottement interne de 31 et 34°.

◆ **Plasticité :** les résultats des limites d'Atterberg (sur échantillon de marne) ont donné un indice de plasticité de l'ordre de 24% pour WL de 55% ces résultats indiquent que la fraction fine du sol est très plastique.

XII-6- CONSTAT DES LIEUX :

Suite à une visite de site ayant lieu le 05 avril 2018 au droit de la zone de déblai entre le PK 21+160 au PK 22+000, il a été constaté ce qui suit :

- ✓ Signes d'instabilité tout le long du talus de côté droite (Affaissements, ravinement, dégradation de la couche superficielle...etc.),
- ✓ Absence de système de drainage des eaux de ruissellement en amont et en aval du talus.

XII-7- SOLUTION DE CONFORTEMENT DE TALUS :

Comme solution de confortement, nous avons étudié la possibilité de reprofiler le talus, niveau 1 (1er talus sur la figure ci-dessous) en décaissant la couche glissée et réalisant des redans successifs, de dimension (1,5V et 2H), la pente de tous les redans 27°, et la recharge du talus par des blocs de 250/300 mm

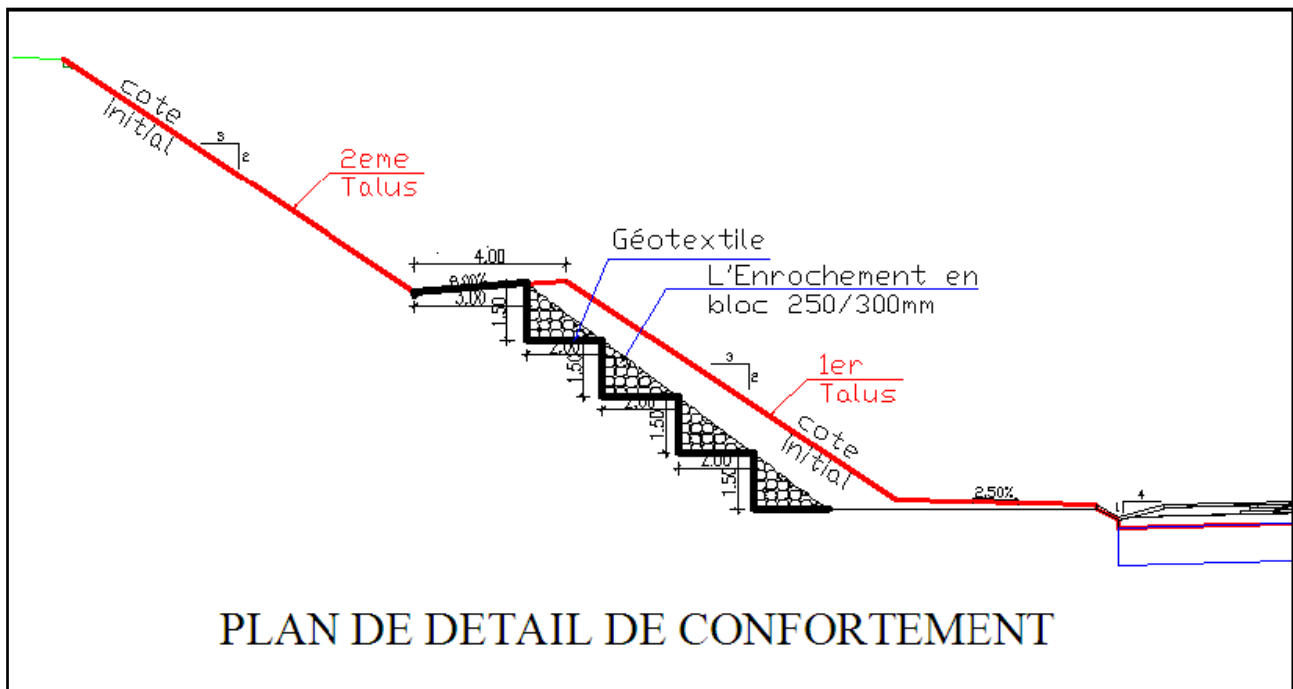


Figure XII-3 : Schéma explicatif du reprofilage

La stabilité du talus n'est assurée que si les eaux et les pressions interstitielles sont gérées correctement par la mise en œuvre d'un masque drainant, et il aura également le rôle de protéger la couche d'argile.

❖ Les travaux se déroulent de la manière suivante :

- ✓ Décaisser le talus jusqu'à une épaisseur moyenne de 1 m.
- ✓ Réalisation des redans de dimensions $(1,5V/2H)$ sur toute la surface du 1er talus, largeur de la brème sera réduite de 4m à 3m.
- ✓ Mise en œuvre d'un géotextile anti contaminant (filtre) sur tous les redans (1er talus).
- ✓ Mise en œuvre de l'enrochement en bloc de 250 à 300 mm, bien serrés (reposant éventuellement sur un géotextile).

XII-8- CALCUL DE STABILITÉ:

Les conditions de stabilité ont été évaluées par l'analyse des surfaces de glissement. L'analyse selon la méthode simplifiée de Bishop a été effectuée en utilisant le Logiciel TALREN version 5.0.2. La surface de glissement la plus critique de hauteur ($H=11.71m$), a été obtenue en déterminant la surface dotée du

coefficient de sécurité minimal parmi une série de surfaces de glissement probables.

❖ Les calculs ont été effectués avec les paramètres suivants :

Le calcul de stabilité de talus a été effectué en considérant la pente de premier talus 27°.

La stabilité a été analysée sous conditions statiques et aussi vérifiée sous des conditions sismiques. Selon les « Règles Parasismiques Algériennes, RPA 99 », la valeur de l'accélération horizontale d'après la carte de zonage sismique du territoire national est de $A_n=0.2$. Par conséquent, la stabilité contre le glissement sous conditions sismiques a été évaluée en considérant une accélération horizontale égale à la moitié de cette valeur, ($K_h=0.1$ et $K_v=0.3K_h=0.03$).

❖ Surcharges prises en compte :

Il sera considéré une surcharge estimée à 20 kPa, appliquée sur la chaussée.

❖ Propriétés géotechniques du sol :

Suite à la dégradation des couches en place et l'absence d'une investigation géotechnique au droit du talus étudié, il a été exploité les résultats des essais mécaniques C et du SC-16 de PK22+491, et aussi par mesure de sécurité on a multiplié les paramètres mécaniques de la couche d'argile par 2/3.

Tableau XII-2 : Propriétés géotechniques du sol.

<i>Type du sol</i>	<i>$\gamma(KN/m^3)$</i>	<i>C(kPa)</i>	<i>$\phi(^{\circ})$</i>
Sable argileux	20	12	30
Marne	21	48	14

Sable argileux : Estimation de la Cohésion et angle de frottement (C ;) en fonction de PI^* (Amar et Jézéquel, 1972).

❖ Les facteurs de sécurité globaux à prendre en considération selon le référentiel technique sont les suivants

$F > 1,5$ pour la stabilité statique à court terme.

$F > 1$ pour la stabilité accidentelle.

➤ Les résultats de calcul de stabilité

Tableau XII-3 : Propriétés géotechniques du sol.

Phasage	FS (facteur de sécurité)
Statique	1,74
Accidentelle	1.35

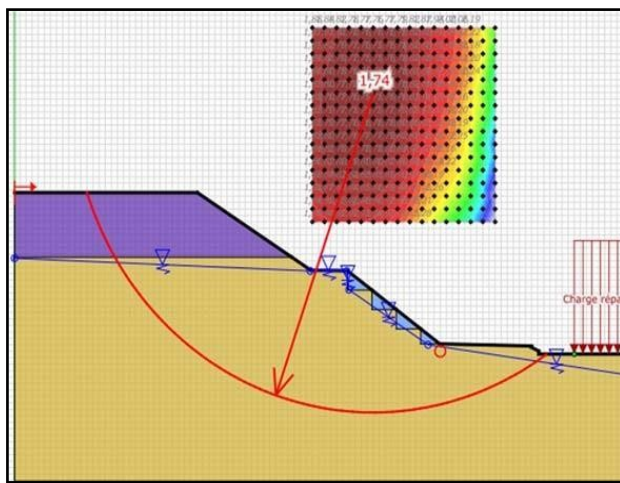


Figure XII-4 : PHASE STATIQUE

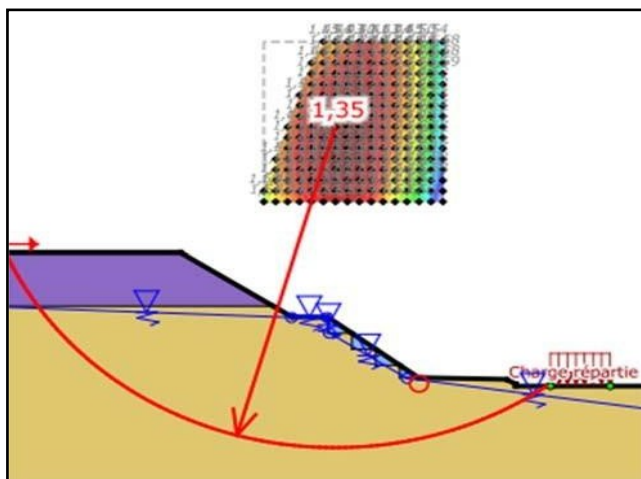


Figure XII-5 : PHASE ACCIDENTELLE

Sur la base des résultats géotechniques obtenus, au regard des calculs de stabilité effectués, il ressort que le talus réalisé est stable.

XII-9- CONCLUSION :

Sur la base des données géologiques et des résultats géotechniques obtenus, nous concluons que la zone de déblai entre PK 21+160 au PK 22+00 de projet « Réalisation de la liaison autoroutière reliant Mostaganem à l'autoroute Est-Ouest »

De point de vue géologique : le terrain est constitué essentiellement par une alternance de niveaux de sable argileux et tuf calcaire cette couche repose sur une couche marneuse gris-verdâtre d'épaisseur moyenne de 8 à 10m d'épaisseur.

❖ Les causes principales de l'instabilité du talus sont :

- ✓ Absence de système de drainage en amont et en aval des talus de déblai,
- ✓ L'exposition des talus aux variations climatiques se traduit par la réduction des caractéristiques mécaniques du sol (cohésion, angle de frottement) et donc réduction de la résistance au cisaillement.

❖ Recommandations :

- ✓ Reprofilage des talus dégradés (1er talus), et réalisation des redans réguliers de dimension 1.5V/2H après recharge du talus par enrochement de 250mm/300mm, reposant sur le géotextile.
- ✓ Réalisation de fossés en pied du talus.
- ✓ Réalisation du drainage profond.

CHAPITRE : XIII

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF (DQE)

CHAPITRE XIII

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF (DQE)

Tableau XIII-1 : Devis Quantitatif et Estimatif (DQE)

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix Unitaire (DA)	Montant (DA)
Installation et repliement de chantier	FT	FT	FT	FT
TRAVAUX PREPARATOIRES				
Débroussaillage, Evacuation de blocs rocheux et nettoyage de l'emprise	HA	12.499	980 000,00	12249020,00
TERRASSEMENT ET COUCHE DE FORME:				
Décapage de terre végétale	m ³	39 710,540	280,00	11 118 951,20
Déblais meuble mis en rembla	m ³	6897.46	590,00	4069501,40
Déblais meuble mis en dépôt	m ³	0.00	425,00	0.00
ASSAINISSEMENT, RESEAUX ET PROTECTION HYDRAULIQUE:				
fossés trapézoïdale non revêtu de type A	ml	<u>8000,2</u>	680,00	<u>5440136</u>
Bétonnage de fossé type A	ml	<u>8000,2</u>	6 600,00	<u>52801320</u>
CHAUSSEE:				
Grave non traité (GNT A0/31,5)	m ³	<u>28479,08</u>	2 900,00	<u>82589332</u>
Enrobé à module élevé(EME2)	Tonne	<u>29808,78</u>	7 900,00	<u>235489362</u>
Couche de roulement en béton bitumineux module élevé (BBME 0/10)	Tonne	<u>11923,50</u>	8 450,00	<u>100753575</u>
Couche d'imprégnation	m ²	<u>86402,16</u>	100,00	<u>8640216</u>
Couche d'accrochage	m ²	<u>86402,16</u>	60,00	<u>5184129,6</u>
DISPOSITIF DE RETENU EN BETON:				
Barriere en béton extrudé de type GBA	ml	<u>8000,2</u>	6 000,00	<u>48001200</u>
Barriere en béton extrudé de type DBA	ml	<u>4000.1</u>	7 500,00	<u>30000750</u>
SIGNALISATION HORIZONTALE:				
SIGNALISATION HORIZONTALE	ml	<u>24000,6</u>	590,00	<u>14160354</u>
			Montant HT	<u>610497847.2</u>
			TVA 19%	222 273 716,86
			Montant TTC	<u>832771564.06</u>

HUIT CENT TRENTE-DEUX MILLIONS SEPT CENT SOIXANTE ET ONZE MILLE CINQ CENT SOIXANTE-QUATRE VIRGULE Zéro SIX

CHAPITRE : XIV

CONCLUSION

XIV– CONCLUSION

CHAPITRE XIV

CONCLUSION

XIV- CONCLUSION :

Le programme de la relance économique qui a pour objet le développement durable du pays, donne une place importante et un grand intérêt au domaine des travaux publics, et cela en s'intéressant à l'amélioration et l'aménagement d'infrastructures de qualité, qui permettent d'offrir les meilleurs services pour les utilisateurs des autoroutes, et qui répondent à l'offre et à la demande en matière de transport.

Sachant que notre pays souffre énormément des problèmes de trafic, ce programme vient donc pour donner un nouveau souffle à notre économie, en aménageant et en réalisant divers projets importants à savoir dans le domaine des travaux publics.

Un de ces projets d'aménagement, est la réalisation d'une pénétrante qui relie Mostaganem à l'autoroute est-ouest, qui est elle-même considérée comme une grande infrastructure contribuant au développement de notre économie.

Ce projet de grande envergure, a permis à la willaya de Mostaganem de bénéficier de beaucoup d'avantages dont on peut citer :

❖ Du point de vue économique :

- ✓ Ça permet des échanges commerciaux entre les willayas limitrophes.
- ✓ Relie le port de Mostaganem et la zone industrielle de SIDI KHATAB ainsi que l'autoroute EST-OUEST (gain de temps et distance).

❖ Du point vue touristique :

- ✓ La willaya de Mostaganem va réceptionner un nombre important d'estivants et par là, augmente l'activité du côté commercial (plus de rentrés financières)

❖ Du point vue sécurité routière :

- ✓ Désengorger la circulation et réduire au maximum le taux accidents

(sens unidirectionnelles ; avec de grands rayons)

Enfin nous signalons que pour notre étude, on a respecté toutes les normes routières qu'on ne peut pas négliger en évitant les contraintes rencontrées sur le terrain et on a pris en considération, le confort, la sécurité des usagers ainsi bien que l'économie et l'environnement. Ce projet de route nous a permis d'exprimer et d'appliquer nos connaissances acquises.

BIBLIOGRAPHIE

- Normes techniques d'aménagement des routes « B40 »
- Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
- Les cours de routes d'université de Mostaganem (BOUHAMMOU.N, TALIA.A).
- Instruction sur les constructions techniques.
- Signalisation routière.
- Ancienne mémoire de fin d'étude (Encadré par :Mr. CHERIF Mourad , Présenté par : Mr. BENSAID Ahmed , Promotion 2020)
- Instruction sur les conditions techniques d'aménagements des Autoroutes de liaisons (I.C.T.A.A.L) 1985, 2000.
- Aménagement des routes principales (SETRA).
- Projet de construction des routes (SETRA)
- Conception géométrique des routes (SETRA).
- EYROLLS topographie.
- Logiciel COVADIS.
 - Ministère des Travaux Publics et des Transports mtp.gov.dz