



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
People's Democratic Republic of Algeria

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministry of Higher Education and Scientific Research

جامعة عبد الحميد بن باديس - مستغانم

University Abdelhamid Ibn Badis - Mostaganem

كلية العلوم والتكنولوجيا

Faculty of Sciences and Technology

قسم الهندسة المدنية والعمارة

Civil Engineering & Architecture Department

N°d'ordre: M..... /GCA/2022

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE MASTER ACADEMIQUE

Filière: Génie civil

Spécialité: Voiries et Ouvrages d'art (VOA)

Thème

**ETUDE ET CONCEPTION D'UN TRONÇON
AUTOROUTIER SUR 3.5 KM DU PK13+800 AU
PK17+300 RELIANT KHEMIS MELIANA A
BERROUAGHIA**

Présenté par:

- Mlle. BEKHTAOUI chahrazed
- Mlle. BELMOKHTAR kheira

Soutenu le 21/06/2022 devant le jury composé de:

Président: Mr . KERAOUTI RabeH

Examineur : Mr . TALIA Ahmed

Encadrant: Mr . BOUHALOUFA Ahmed

Co-Encadreur : Mr. CHERIF Mourad

Invité d'honneur : Mr BOUARFA Zohir

Année Universitaire :2021/2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENT

En tout premier lieu, nous remercions le bon dieu, tout puissant, de nous avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

En second lieu, il est agréable d'exprimer nos grands remerciements et nos grandes reconnaissances à nos chers parents.

Nous remercions profondément nos familles qui nous ont soutenues durant tout notre cursus scolaire et universitaire.

Nous tenons à remercier nos encadreurs Mr.CHERIF Mourad et Mr.BOUHALOUFA Ahmed qui nous ont assistés et apporté leurs supports pédagogiques et conseils divers qui ont enrichi notre travail.

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

Enfin, nous pensons à tous ceux qui nous ont aidés pour la réalisation de ce modeste travail.

Mlle.BEKHTAOUI chahrazed
Mlle.BELMOKHTAR kheira

Dédicace

*D'abord, je serai très fier de dédier ce mémoire à notre seigneur
Allahpuis*

❖ *A ma mère qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée
pour mon bonheur et ma réussite.*

❖ *A mon père, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes
les années d'études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager,
à me donner*

l'aide et à me protéger. Que dieu les garde et les protège.

❖ *A ma sœur et frère .*

❖ *A mon encadreur: Mr.BOUHALOUFA Ahmed*

❖ *A mon co-encadreur: Mr.CHERIF Mourad;*

❖ *A mon binome : Mlle. BELMOKHTAR kheira*

❖ *A me samis (ies) (HAMDANE AHLEM- AYACHE MARWA)*

❖ *À toute la promotion 2022 et le Département de Génie civil.*

❖ *Enfin à A tout ce qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation
De ce modeste travail*

Mlle BEKHTAOUI CHAHRAZED

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*

(mes encadreurs) A Mr:CHERIF Mourad et BOUHALLOUFA Ahmed

- ✓ *-A tous mes amies:MARWA ;*
- ✓ *A tous ceux qui mes ont chers;*

Je dédie ce travail pourleur exprimer ma gratitude et ma reconnaissance.

Mlle BELMOKHTAR KHEIRA

SOMMAIRE

	Pages
CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE PROJET...	01
1-1- INTRODUCTION	02
1-2- CATEGORIES DE LA ROUTE	03
1-3- PRESENTATION DU PROJET	04
1-4- OBJECTIF DE PROJET	05
1-5- DONNEES DE BASE	05
CHAPITRE 2 : ETUDE DU TRAFIC	06
2-1- INTRODUCTION	07
2-2- ANALYSE DU TRAFIC.	08
2-3- DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS.	09
2-4- MODÈLES DE PRÉSENTATION DE TRAFIC	09
2-5- CALCUL DE LA CAPACITÉ	11
APPLICATION AU PROJET.....	15
CHAPITRE 3 : TRACÉ EN PLAN	16
3-1- INTRODUCTION	17
3-2- TRACE EN PLAN	17
3-3- ETUDE DES VARIANTES.....	19
➤ Etude de la variante N°01.....	20
➤ Etude de la variante N°02.....	37
CHAPITRE 4 : LES RACCORDEMENTS PROGRESSIVES	52
4-1- DEVERS	53
4-2- COURBE DE RACCORDEMENT	56
CHAPITRE 5 : PROFIL LONG.....	65
5-2- LIGNE PROJET.....	66
5-3-COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU PROFIL EN LONG.....	71
CHAPITRE 6 : CINÉMATIQUE	74
6 -1- LES PARAMETRES CINEMATIQUES	75
CHAPITRE 7 : PROFIL EN TRAVERS ET CUBATURES	84
7 -1- DEFINITIONS	85
7 -2- PROFIL EN TRAVERS TYPE	87
7 -3- LES ELEMENTS CONSTITUANT UN PROFIL EN TRAVERS TYPE.....	89
7-4- DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE	89
7 -5-PRINCIPE DE LA CONSTITUTION DES CHAUSSEES	90
7-6-LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT.....	93
7-7- CUBATURES	100

SOMMAIRE-Suite

CHAPITRE 8 : ASSAINISSEMENT	103
9-1- INTRODUCTION	104
9 -2- OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT.....	105
9-3- DEFINITIONS	105
9-4- METHODES THEORIQUE DE CALCUL POUR DIMENSIONNER UN FOSSÉ ...	108
CHAPITRE 9 : SIGNALISATION	112
LA SIGNALISATION ROUTIERE	113
10-1- INTRODUCTION	113
10-2- L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE.....	113
10-3- CATEGORIES DE SIGNALISATION	113
10-4- REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION	113
10-5- TYPES DE SIGNALISATION	114
10-6- CARACTERISTIQUES GENERALES DES MARQUES	121
CHAPITRE 10 : IMPACT SUR ENVIRONNEMENT.....	122
11-1- INTRODUCTION	123
11-2- CONTEXTE ET RAISON D'ETRE DU PROJET	123
11-3- ANALYSE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX METHODOLOGIES ...	125
11-4- MESURES D'INSERTION ET D'ATTENUATION PROPOSEES ...	125
11-5- CONCLUSION	130
CHAPITRE 11 : DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF (DQE).....	131
DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF (DQE).....	132
CHAPITRE 12 : CONCLUSION.....	133
14- CONCLUSION	134
BIBLIOGRAPHIE	135

ملخص
RESUMÉ

LISTE DES FIGURES

	Pages
• Figure I-1 : Carte de Réseau routier de la wilaya de AiN DEFLA.....	05
• Figure III-1: les éléments d'un tracé en plan	18
• Figure III-2 : détermination de l'angle au centre	19
• Figure IV-1 : éléments d'un clothoïde.	57
• Figure IV-2: Clothoïde	58
• Figure VI-1: Distance d'arrêt et de freinage	78
• Figure VI-2: Distance de perception.....	79
• Figure VI-3: Espacement entre deux véhicules	81
• Figure VII-1: Les éléments d'une route	87
• Figure VII-2 : les différentes catégories de chaussée.....	92
• Figure VII-3 : démarche du catalogue	98
• Figure VII-4 : Corps de chaussée	100
• Figure VII-5 : Surfaces de cubature	101
• Figure X-1 : Signaux de danger	115
• Figure X-2 : Signaux d'Interdiction	116
• Figure X-3 : Signaux d'Obligation	116
• Figure X-4 : Types de modulation de lignes discontinues	118
• Figure X-5 : Flèche de Signalisation	119
• Figure X-6 : Flèche de Signalisation	120
• Figure X-7 : Flèche de Sélection	120

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
• Tableau II-1: Valeurs du coefficient P.....	12
• Tableau II-2: Valeurs de K1 en fonction de l'environnement	13
• Tableau II-3: Valeurs de K2 en fonction de l'environnement	13
• Tableau II-4: Valeurs de capacité théorique	14
• Tableau III-1: Coordonnées des sommets variante N°01	21
• Tableau III-2: Gisements, angles au centre et distances V01	21
• Tableau III-3: calcul des paramètres de raccordement au centre V01	22
• Tableau III-4: calcul des Déclivité cumulés variante N°01.....	23
• Tableau III-5: Type de topographie	28
• Tableau III-6: Sinuosité.....	28
• Tableau III-7: Tableau d'Environnement de la route	29
• Tableau III-8: Vitesses de référence.....	30
• Tableau III-9: Dévers.....	30
• Tableau III-10: Valeur du coefficient ft.....	30
• Tableau III-11 : Valeur du coefficient "F"	31
• Tableau III-12 : Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques.....	31
• Tableau III-13 : Récapitulatif des rayons en plan	32
• Tableau III-14 : les rayons en plan selon B40	33
• Tableau III-15 : Tableau de cubature approchée de V01	33
• Tableau III-16 : Coordonnées des sommets V02	38
• Tableau III-17 : Gisements, angles au centre et distances V02	38
• Tableau III-18 : Calcul des paramètres de raccordement au centre V02.....	38
• Tableau III-19: calcul des déclivités cumulés variante N°02	40

• Tableau III-20 : Tableau de cubature approchéedeV02	46
• Tableau III-21 : Tableau comparatif entre les variantes 01et02.....	51
• Tableau IV-1 : Devers en fonction de l'environnement	54
• Tableau IV-2 : Paramètres de clothoïde	63
• Tableau V-1 : Rayons convexes (Cat1,V80).....	70
• Tableau V-2: Rayons concaves (Cat1,V80).....	71
• TableauVI-1:Coefficient de frottement longitudinal.....	75
• Tableau VI-2: Valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse	82
• TableauVI-3:Paramètres fondamentaux.....	83
• Tableau VII-1 : Coefficient d'équivalence des matériaux	94
• Tableau VII-2 : Classe de trafic	96
• Tableau VII-3: Classe de sol.	97
• Tableau VII-4 : Epaisseur du corps de chaussée	99
• TableauIX-1:Coefficient de ruissellement.....	108
• TableauIX-2:Variable GAUSS.....	109
• Tableau X-1: Caractéristiques des lignes discontinues.	118
• Tableau XIII-1: Devis Quantitatif etEstimatif(DQE).....	132

ملخص

تستند هذه الرسالة إلى الطبوغرافيا والبحث المنهجي. هذا المشروع الحالي لبناء طريق سريع مخترق في مسارين منفصلين أحادي الاتجاه. هذا الطريق أكثر أمناً ويضمن التبادل الاقتصادي.

أجريت دراسة التصميم هذه على مقطع بطول 3.5 كم من (PK13 + 800 إلى PK17 + 300) من الطريق السريع المخترق الذي يربط بين خميس مليانة والطريق السريع شرق-غرب ، من أجل تسهيل حركة المرور ، ودعم زيادة تدفق عدد المركبات.

في هذه الدراسة التفصيلية ، حرصنا على إرضاء وراحة السائقين والمستخدمين ، وقبل كل شيء قللنا وقللنا العدد الكبير من الحوادث. لقد مررنا بالخطوات التالية في دراستنا:

❖ قم بإجراء دراسة متعمقة في APS لنوعي الطري.

❖ اختر المتغير الأكثر فائدة وفعالية ، وادرس خصائصها

الهندسية والحركية في APD

❖ احسب النسب المئوية لهذا المتغير المختار.

❖ تقييم وتقدير تكلفة مشروع

الكلمات المفتاحية: دراسة ، هندسة ، متغير ، اختراق ، تضاريس ، تداول

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 3.5km du (PK13+800 au PK17+300) de la pénétrante autoroutière reliant khemis meliana et l'autoroute est- ouest, Afin de faciliter 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 du 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

ABSTRACT

The paper at hand sheds light on a topographic and a systematic research.

The latter presents the project of the realization of a split Of **KHEMIS**

MELIANA penetrating highway into two separated, bigger, and safer roads; in

other words, what is known as "CONCEPTION". The study is conducted on a

3.5km long part of the highway (from PK13+800 to PK17+300) in order to

ease the traffic and the flow of the increased number of vehicles, meet the

satisfaction of the drivers and improve their comfort, and most importantly

minimize and reduce the high frequent number of accidents.

The planned methodology is motivated by many aims and consists of the following:

- Doing an in-depth study of the APS of the two variants of the road.
- Doing an in-depth study 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.

ABREVIATIONS

B40 : les normes algériennes routières.

TJMA : le trafic journalier moyen annuel.

VB: vitesse de bas.

Teff: trafic effectif.

RVm : Rayon vertical minimal absolu.

RVn : Rayon vertical normal

K1,K2: coefficient correcteur.

Cth: capacité théorique.

UVP : Unités des véhicules particuliers.

RHM : Rayon horizontal minimal (absolu).

RHN: Rayon horizontal normal.

RHd: Rayon au dévers.

RHnd: Rayon horizontal non déversé.

RN: Route nationale.

E1: environnement (terrain plat).

E2 : environnement (terrain vallonné).

E3: environnement (terrain montagneux).

C1 : catégorie de la route.

PL:poids lourds.

BB: béton bitumineux.

BBME: Béton bitumineux à module élevé.

EME 2 : Enrobé à module élevé classe 2.

GNT : Grave non traité

GB : Grave bitume.

GBA : Glissière simple en béton adhérent.

DBA : Double béton adhérent.

AD : Alignement droit.

CHAPITRE:01

PRESENTATION **DU PROJET**

1-1/ INTRODUCTION

1-2/CATEGORIE DE LA ROUTE

1-3/PRESENTATION DU PROJET

1-4/OBJECTIF DE PROJET

1-5/DONNEES DE BASE

1-1/INTRODUCTION

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

En prélude à la construction d'une route, différents types d'études sont menés simultanément comme des études géométriques de tracé, des études de structure de la chaussée, des études environnementales, Faisant intervenir au près des ingénieurs de nombreux experts : écologues, géographes, archéologues, sociologues, paysagistes, architectes ou naturalistes.

La route est également défini comme une vaste plate-forme bien dégagée comportant deux au plusieurs voies, devant résister aux efforts statiqueS e tdynamiques des véhicule (légère,lourd) et dont Les caractéristiques géométriques correspondant à une réglementation et normes bien précis

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

Les différents types de routes :

- les routes communales
- les routes départementales
- les routes nationales
- les routes à accès réglementé
- les routes européennes
- les autoroutes

➤ 1-2/CATEGORRIES 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 des servies par la route.

Les routes Algériennes sont classes en cinq (5) categories 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:** liaison des poles d'industries de transformation entre eux ,et liaisons de raccordement des poles d'industries légères diversifiées avec le réseau précédent .
- **Catégorie 3:** liaison des chefs-lieux de daïra et des chefs-lieux de la wilaya , non desservies par le réseau précédent ,avec le réseau de catégorie 1et 2
- **Catégorie 4:** liaison entre tous les centres de vie qui ne sont par reliés au réseau de catégorie 1-2 et 3 avec le chef-lieu de daïra,dont ils dependent,et avec le réseau précédent.
- **Catégorie 5:** Routes et pistes non comprises dans les categories precedents

1-3/PRESENTATION DU PROJET

➤ **I-3-1- PRESENTATION WILAYA DE AIN DEFLA :**

➤ **1-3-1-1- SITUATION GEOGRAPHIQUE :**

a wilaya d'Aïn Defla est située au centre de l'Algérie à 145 km au sud ouest d'Alger dans une zone reliant l'Est et l'Ouest du pays, elle est délimitée :

- au nord, par la wilaya de Tipaza
 - au nord-est, par la wilaya de Blida
 - à l'est , par la wilaya de Médéa
 - au sud, par la wilaya de Tissemsilt
- à l'ouest, par la wilaya de Chlef

➤ 1-3-1-2- LE CLIMAT :

est célèbre pour la ville d'Ain Defla que l'été est court, sec, chaud et clair, et l'hiver est long, froid et partiellement nuageux, et tout au long de l'année la température varie généralement de 6 degrés Celsius à 36 degrés Celsius

➤ 1-3-1-3- LE RELIEF :

La wilaya d'Aïn Defla est une wilaya montagneuse qui fait partie intégrante de la région du Tell, elle est formée par le massif de la Dahra au nord qui culmine au mont Zaccar (1 550 m) au nord de Miliana, par l'Ouarsenis qui culmine au mont Achouen pres de 1 800 m au sud est de Tarik ibn ziad et la vallée de Chellif entre les deux massifs.

➤ 1-3-1-4- INFRASTRUCTURE DE BASE :

RESEAU ROUTIER :

- Longueur totale du réseau ferroviaire 92km 06 lignes et 08 gares
- Chemins de la wilaya : 795 km
- Chemins communaux : 1848 km
- Routes nationales : 311 km
- Autoroutes Est -ouest :104km

RESEAU FERROVIAIRE :

Longueur du réseau: 92Km

- Nombre de lignes utilisées et leur dénomination : 6 (Alger-Oran) - (Oran -Alger)- (Khemis-Chlef) (KHEMIS-Alger) (Chlef-Alger) (Alger -Chlef).
- Nombre de Gares : 8 (Ain Defla-Khemis -El Attaf-BOUMEDFAA-Ain Torki- Hoceinia-Arrib-Rouina)



Figure01:Carte de Réseau routier de la wilaya de Ain defla

1-4/OBJECTIF DE PROJET

Le projet d'autoroute Est-Ouest, qui relie Khemis Miliana et Berrouaghia , a été étudié sur une partie du linéaire de Pour faciliter la circulation, satisfaire les conducteurs, améliorer leur confort et surtout réduire les accidents répété

1-5/DONNEES DE BASE

- Catégoriedelaroute:**Catégoriel**
- Le trafic :
 - TJMA :**7000V/J**
 - Pourcentage de poids lourds:**30%**
 - Le tauxd'accroissement : **$\tau=4\%$**
 - Duréed'étude et miseen service:**3ans**
 - Durée devie :**20ans**
- L'indice **CBR =9**

Chapitre : 02

ETUDE DU TRAFIC

2-1: INTRODUCTION

2-2/ ANALYSE DU TRAFIC .

2-3/DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS

2-4/MODÉLES DE PRÉSENTATION DE TRAFIC.

2-5/CALCUL DE LA CAPACITÉ.

- * APPLICATION AU PROJET

2-1: INTRODUCTION

L'étude de trafic est une donnée nécessaire aux réflexions sur le développement des infrastructures de transport. Elle impactera directement sur les caractéristiques des voies à créer ainsi que les caractéristiques des chaussées

On peut citer des choix possibles :

- Nécessité ou non d'une déviation d'agglomération.
- Choix du tracé par rapport aux zones bâties.
- Position des échangeurs.
- Géométrie des carrefours.
- Dimensionnement des chaussées en fonction des trafics poids lourds cumulés.

Dans le domaine de l'étude des trafics, il est nécessaire de fixer les définitions des termes couramment employés :

- **Trafic de transit** : Origine et destination en dehors de la zone étudiée (important pour décider de la nécessité d'une déviation).
- **Trafic d'échange** : Origine à l'intérieur de la zone étudiée et destination à l'extérieur de la zone d'échange et réciproquement (important pour définir les points d'échange).
- **Trafic local** : Trafic qui se déplace à l'intérieur de la zone étudiée.
- **Trafic Moyen Journalier Annuel (T.M.J.A.)** : Egal au trafic total de l'année divisé par 365.
- **Unité de véhicule particulier (U.V.P.)** : Exprimé par jour ou par heure, on tient compte de l'impact plus important de certains véhicules, en particulier les poids lourds en leur affectant un coefficient multiplicateur de deux.
- **Trafics aux heures de pointe** : Avec les heures de pointe du matin (HPM), et les heures de pointe du soir (HPS).
- **Trafic journalier de fin de semaine** : Egale au trafic total de la semaine.

- **Trafic journalier moyen d'été** : Important pour les régions estivales.

2-2/ ANALYSE DU TRAFIC

Plusieurs méthodes permettant l'analyse du trafic, ces méthodes peuvent être classées en deux catégories :

- Celles qui permettent de quantifier le trafic : les comptages.
- Celles qui en outre permettent d'obtenir des renseignements qualitatifs : les enquêtes.

2.2.1. comptages: C'est l'élément essentiel de l'étude de trafic, on distingue deux types de comptage :

- Les comptages automatiques.
- Les comptages manuels.

2.2.1.1. comptages automatiques: On distingue ceux qui sont permanents et ceux qui sont temporaires, en ce qui concerne les comptages permanents, sont réalisés en certains points choisis pour leur représentativité sur les routes les plus importantes : réseau autoroutier, réseau routier national et le chemin de wilaya les plus circulés. Les comptages temporaires s'effectuent une fois par an durant un mois pendant la période où le trafic est intense sur les restes des réseaux routiers à l'aide de postes de comptages tournant.

2.2.1.2. comptages manuel: Ils sont réalisés par les agents qui relèvent la composition du trafic pour compléter les indicateurs fournis par les comptages automatiques. Les comptages manuels permettent de connaître le pourcentage de poids lourds et les transports en communs. Les trafics sont exprimés en moyenne journalière annuelle (T.J.M.A).

2.2.2. connaissance des flux (les enquêtes) : Il est plus souvent avantageux de compléter les informations recueillies à travers des comptages par des données relatives à la nature du trafic et à l'orientation des flux, on peut recourir en fonction du besoin, à diverse méthodes, lorsque l'enquête est effectuée sur tous les accès à une zone prédéterminée (une agglomération entière, une ville ou seulement un quartier) on parle d'enquête cordon. Elle permet en particulier de distinguer les trafics de transit et d'échange.

2-3/DIFFÉRENTS TYPES DE TRAFICS

On distingue quatre types de trafic :

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

Trafic induit : C'est un trafic qui résulte de nouveau déplacement des personnes vers d'autres déviations.

Trafic dévié : C'est le trafic qui résulte de :

- ♣ 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 facilitée apportée par le nouvel aménagement routier.

Trafic total : C'est la somme du trafic induit et du trafic dévié

2-4/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 futur sont:

2-4-1-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 :

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

Ou:

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

2-4-2-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 :

- ✓ Produit national brut (PNB).
- ✓ 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

2-4-3- Modèle gravitaire:

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

2-4-4-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:

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

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

2-5/CALCUL DE LA CAPACITÉ.

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.

2-5-2-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, soit par défaut.

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.

2-5-3- Calcul du trafic moyen journalier (TJMA) horizon:

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

$$T_n = T_1 (1 + \tau)^n$$

Ou :

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

- **Calcul des traffics 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 :

Avec :

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

- **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.

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

Tableau01: Valeurs du coefficient P

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:

$$Q = \frac{1}{n} \times T_{\text{eff}}$$

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:

$$Q_{adm}(uvp/h) = K_1.K_2. C_{th}$$

Avec :

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

Valeurs de K₁ :

Coefficient K ₁					
	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

Tableau02: Valeurs de K1 en fonction de l'environnement

❖ Valeurs de K₂:

Coefficient K ₂			
Environnement	E1	E2	E3
K ₂	0,75	0,85	0,90 à 0,95

Tableau03: Valeurs de K2 en fonction de l'environnement

Valeurs de Cth :Capacité théorique du profil en travers en régimes table.

❖ **Capacité théorique :**

Route à 2voies de3,5m	1500 à 2000 UVP/h
Route à 3 voies de 3,5m	2400 à 3200 UVP/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800 UVP/h

Tableau04:Valeurs de capacité théorique

• **Calcul du nombre de voie :**

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

On compare Q à Q_{adm} et en 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**
- **Q_{adm}**: débit admissible par voie.

• **Application au projet :**

Données

- ✓ TJMA=**7000V/J**
- ✓ Taux de croissance: τ =**4%**
- ✓ Pourcentage du poids lourd :**Z=30%**
- ✓ Année de comptage :**2017**
- ✓ Année de mise en service :**2019**

- ✓ Durée de vie: **20ans**
- ✓ Coefficient d'équivalence: **P=6**
- ✓ Coefficient lié à l'environnement : **K₁=0.99**
- ✓ Coefficient de réduction de capacité: **K₂=0.85**
- ✓ Capacité effective par voie: **1500 ≤ C_{th} ≤ 2000 UVP/h**

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

$$T_{2019} = TJMA * (1 + 0.04)^3 = 7000 * (1 + 0.04)^3 \quad \longrightarrow \quad T_{2019} = 7874V/J$$

□ **Calcul du trafic moyen journalier (TJMA) horizon(2039):**

$$T_{2039} = T_{2019} * (1 + 0.04)^{20} = 7874 * (1 + 0.04)^{20} \quad \longrightarrow \quad T_{2039} = 17253UVP/J$$

Calcul du trafic effectif:

$$T_{eff} = [(1 - Z) + P * Z] * T_n = [(1 - 0.30) + 6 * 0.30] * 17253$$

$$\longrightarrow \quad T_{eff} = 43133UVP/J.$$

➤ **Calcul du débit du point horaire normal:**

$$Q = (1) \times \frac{T_{eff}}{n} = 0.12 * 43133 \quad \longrightarrow \quad Q = 5176UVP/J.$$

➤ **Calcul du debit admissible :**

$$Q_{adm}(UVP/h) = K_1 * K_2 * C_{th} = 0.99 * 0.85 * 2000 \quad \longrightarrow \quad Q_{adm} = 1683UVP/J.$$

➤ **Calcul du nombre de voies:**

$$N = S * Q / Q_{adm} = (2/3) * 5176 / 1683 \quad \longrightarrow \quad N = 2voies$$

Chapitre:03

TRACÉ EN PLAN

3-1/ INTRODUCTION

3-2/TRACE EN PLAN

3-3/ ETUDE DES VARIANTES

➤ ETUDE DE LA VARIANTE N°01

➤ ETUDE DE LA VARIANTE N°02

3-1/ INTRODUCTION

L'étude géométrique d'un tracé de la voie, a pour but d'obtenir un bon roulement des véhicules, il est donc indispensable de chercher la meilleure forme géométrique à donner à la surface de roulement. Et afin d'obtenir une vitesse régulière sur un tronçon de ligne, il est nécessaire d'établir un tracé dont les caractéristiques géométriques soient homogènes

3-2/TRACE EN PLAN

3-2-1- Définition du tracé en plan :

Le **tracé en plan d'une route** est, avec le profil en travers et le profil en long, un des trois éléments qui permettent de caractériser la géométrie d'une route. Il est constitué par la projection horizontale sur un repère cartésien topographique de l'ensemble des points définissant le tracé de la route.

3-2-2-Règles à respecter dans le trace en plan :

- Dans un tracé en plan Eviter de passer sur les terrains agricoles si possible.
- Dans un tracé en plan Eviter les franchissements des oueds afin d'éviter le maximum de constructions des ouvrages d'art et cela pour des raisons économiques, si on n'a pas le choix on essaie de les franchir perpendiculairement...
- Dans un tracé en plan Adapter au maximum le terrain naturel.
- Dans un tracé en plan Appliquer les normes du **B40** si possible.
- Utiliser des grands rayons si l'état du terrain le permet.
- Dans un tracé en plan Respecter la cote des plus hautes eaux.
- Dans un tracé en plan Respecter la pente maximum, et s'inscrire au maximum dans une même courbe de niveau.
- Dans un tracé en plan Respecter la longueur minimale des alignements droits si c'est possible.
- Dans un tracé en plan Se raccorder sur les réseaux existants.
- Dans un tracé en plan S'inscrire dans le couloir choisi.

3-2-3-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:

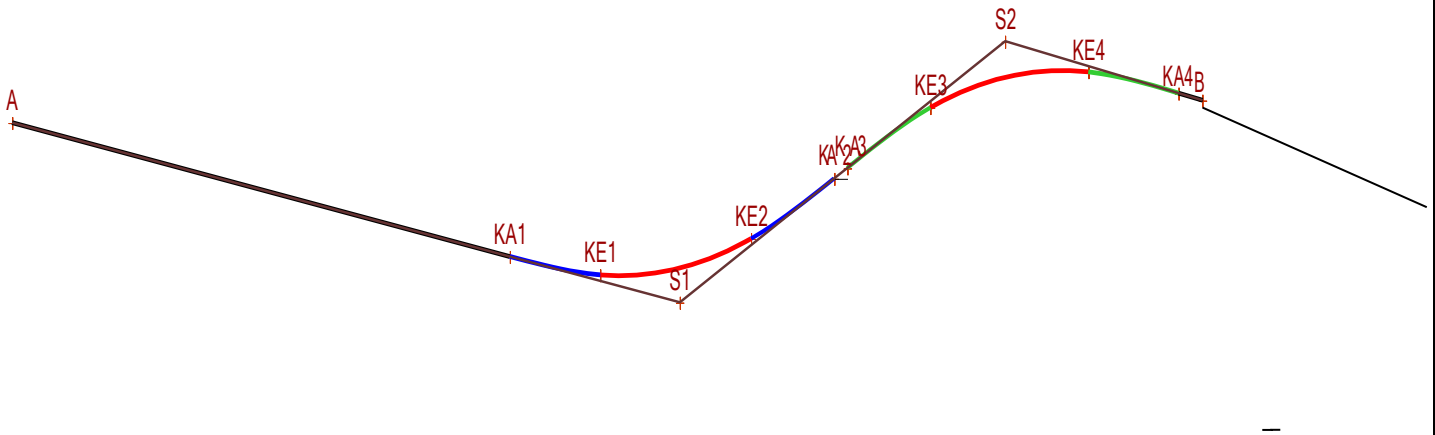


Figure2: les éléments d'un tracé en plan

- **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 CouOve.

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

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

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

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.

3-3/ ETUDE DES VARIANTES

3-3-1-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 tangents

➤ **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 S0s1:

$$G_{AB} = \arctg \frac{\Delta y}{\Delta x} = \arctg \frac{(XB - XA)}{(yB - yA)}$$

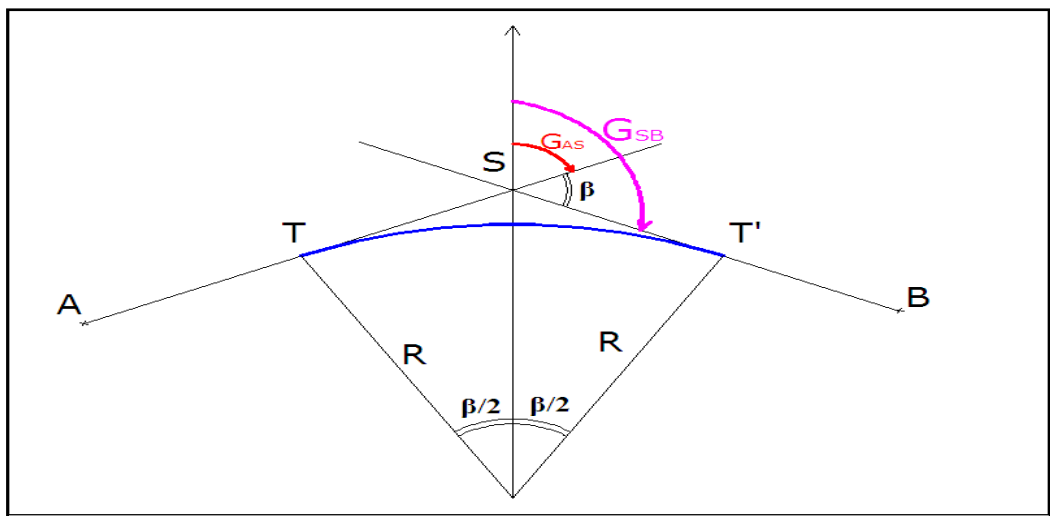
b-Distance:

La distance AS est donnée par la relation:

$$AB = \sqrt{(XB - XA)^2 + (YB - YA)^2}$$

a- L'angle au centre:

Figure3 :détermination de l'angle au centre



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

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

Etude

De la Variante N°01

- Calcul de la variante N°01:

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

N	X(m)	Y(m)	Rayon(m)
S1	448833,748	4009194,446	
S2	449220,275	4008768,779	1100
S3	450143,451	4008447,573	1100
S4	450994,864	4007616,889	1300
S5	451272,151	4006860,194	

Tableau05: Coordonnées des sommets variante N°01

- **Gisements, angles au centre et distances :**

Valeurs ΔX et ΔY (m)	Gisements (gr)		Angle au centre (gr)		Distances (m)
$\Delta X = +386.527$	$G_{1,2} =$	153.066	$\beta_1 =$	31.750	574.974
$\Delta Y = -425.667$					
$\Delta X = +923.176$	$G_{2,3} =$	121.316	$\beta_2 =$	27.900	977.459
$\Delta Y = -321.206$					
$\Delta X = +851.395$	$G_{3,4} =$	149.216	$\beta_3 =$	28.423	1189.499
$\Delta Y = -830.684$					
$\Delta X = +277.287$	$G_{4,5} =$	177.639			805.900
$\Delta Y = -756.695$					

Tableau06: Gisements, angles au centre et distances variante

• **Calcul des paramètres des raccordements circulaires**

Bissectrice:

$$Biss = R \left[\frac{1}{\cos \beta/2} - 1 \right]$$

La développée :

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

La flèche :

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

La tangente:

$$\delta_t = R * \text{tg} \left(\frac{\beta}{2} \right)$$

Angle au centre (gr)	Rayon (m)	Tangente (m)	Développée (m)	flèche (m)	Bissectrice (m)
$\beta_1 = 31.750$	1100	280.131	548.601	34.023	35.073
$\beta_2 = 27.900$	1100	244.972	482.078	26.303	26.934
$\beta_3 = 28.423$	1300	295.123	580.408	32.257	33.059
			$\Sigma RC = 1611.087$		

Tableau 07: calcul des paramètres de raccordement au centre variante N°01

Les longueurs de tracé:

La longueur totale des alignements droits mesurée L_{AD} :

$$AD_1 = 574.974 - 280.131 = 294.843 \text{ m}$$

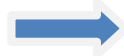
$$AD_2 = 977.459 - 244.972 - 280.131 = 452.356 \text{ m}$$

$$AD_3 = 1189.499 - 295.13 - 244.972 = 649.409 \text{ m}$$




$$\Sigma L_{AD} = 1396.60\text{m}$$

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


 $L_C = \sum R_C = \sum D = 1611.087 \text{ m}$

longueur totale de trace mesurée

$L_T = \sum AD + \sum R_C = 1907.38 + 1611.087$

 $L_T = 3518.47 \text{ m}$

Pourcentage des alignements droits :

$\% \text{alignements droits} = L_{AD} / L_T = 1907.38 / 3518.47 = 54.21\%$

Condition vérifié

Pourcentage des courbes :

$\% \text{Courbes} = L_C / L_T = 1611.087 / 3518.47 = 44.79\%$

Condition vérifié

• **Déclivité cumulée:**

N°	Abscisse curviligne	Distance		Altitude (m)	Pourcentage de pente (%)
		Partielle (m)	Cumulée (m)		
1	13+800,00	0,00	0,00	319,619	
2	13+825,00	25,00	25,00	326,324	0,2282
3	13+850,00	25,00	50,00	330,875	0,182
4	13+875,00	25,00	75,00	333,578	0,1081
5	13+900,00	25,00	100,00	335,765	0,0875
6	13+925,00	25,00	125,00	337,993	0,891
7	13+950,00	25,00	150,00	340,820	0,1131
8	13+975,00	25,00	175,00	343,392	0,1029
9	14+000,00	25,00	200,00	346,105	0,1085
10	14+025,00	25,00	225,00	348,393	0,9015
11	14+050,00	25,00	250,00	350,987	0,1038
12	14+075,00	25,00	275,00	356,407	0,2168
13	14+100,00	25,00	300,00	362,901	0,2598
14	14+125,00	25,00	325,00	365,975	0,1230
15	14+150,00	25,00	350,00	366,791	0,0326
16	14+175,00	25,00	375,00	367,231	0,0176
17	14+200,00	25,00	400,00	367,457	0,0090

18	14+225,00	25,00	425,00	367,699	0,0097
19	14+250,00	25,00	450,00	368,278	0,0232
20	14+275,00	25,00	475,00	369,121	0,0337
21	14+300,00	25,00	500,00	369,656	0,02014
22	14+325,00	25,00	525,00	370,196	0,0216
23	14+350,00	25,00	550,00	370,668	0,0189
24	14+375,00	25,00	575,00	371,134	0,0186
25	14+400,00	25,00	600,00	371,725	0,0236
26	14+425,00	25,00	625,00	371,959	0,0094
27	14+450,00	25,00	650,00	372,469	0,0204
28	14+475,00	25,00	675,00	373,043	0,0230
29	14+500,00	25,00	700,00	373,373	0,0132
30	14+525,00	25,00	725,00	373,483	0,0044
31	14+550,00	25,00	750,00	373,370	-0,0045
32	14+575,00	25,00	775,00	373,078	-0,117
33	14+600,00	25,00	800,00	372,829	-0,100
34	14+625,00	25,00	825,00	372,775	-0,0022
35	14+650,00	25,00	850,00	372,877	0,0041
36	14+675,00	25,00	875,00	372,765	-0,0045
37	14+700,00	25,00	900,00	373,120	0,142
38	14+725,00	25,00	925,00	373,728	0,243
39	14+750,00	25,00	950,00	374,452	0,290
40	14+775,00	25,00	975,00	374,899	0,179
41	14+800,00	25,00	1000,00	374,603	-0,118
42	14+825,00	25,00	1025,00	374,175	-0,171
43	14+850,00	25,00	1050,00	374,278	0,0041
44	14+875,00	25,00	1075,00	376,310	0,0813
45	14+900,00	25,00	1100,00	378,418	0,0843
46	14+925,00	25,00	1125,00	379,321	0,0361
47	14+950,00	25,00	1150,00	379,677	0,0142
48	14+975,00	25,00	1175,00	380,241	0,0226
49	15+000,00	25,00	1200,00	381,090	0,0340
50	15+025,00	25,00	1225,00	381,849	0,0304
51	15+050,00	25,00	1250,00	382,052	0,0081
52	15+075,00	25,00	1275,00	382,079	0,0011
53	15+100,00	25,00	1300,00	381,916	-0,0065
54	15+125,00	25,00	1325,00	381,758	-0,0063
55	15+150,00	25,00	1350,00	381,464	-0,0118
56	15+175,00	25,00	1375,00	381,408	-0,0022
57	15+200,00	25,00	1400,00	381,576	0,0067
58	15+225,00	25,00	1425,00	381,846	0,0108
59	15+250,00	25,00	1450,00	382,122	0,0110
60	15+275,00	25,00	1475,00	382,477	0,0142
61	15+300,00	25,00	1500,00	382,969	0,0197

62	15+325,00	25,00	1525,00	383,550	0,0232
63	15+350,00	25,00	1550,00	384,136	0,0234
64	15+375,00	25,00	1575,00	384,994	0,0343
65	15+400,00	25,00	1600,00	385,577	0,0233
66	15+425,00	25,00	1625,00	386,281	0,0282
67	15+450,00	25,00	1650,00	387,075	0,0318
68	15+475,00	25,00	1675,00	388,156	0,0432
69	15+500,00	25,00	1700,00	388,752	0,0238
70	15+525,00	25,00	1725,00	389,752	0,04
71	15+550,00	25,00	1750,00	391,141	0,0556
72	15+575,00	25,00	1775,00	392,811	0,0668
73	15+600,00	25,00	1800,00	394,702	0,0756
74	15+625,00	25,00	1825,00	396,372	0,0668
75	15+650,00	25,00	1850,00	398,061	0,0676
76	15+675,00	25,00	1875,00	399,706	0,0658
77	15+700,00	25,00	1900,00	401,235	0,0612
78	15+725,00	25,00	1925,00	402,953	0,0687
79	15+750,00	25,00	1950,00	404,702	0,07
80	15+775,00	25,00	1975,00	406,186	0,0594
81	15+800,00	25,00	2000,00	407,857	0,0668
82	15+825,00	25,00	2025,00	410,051	0,0878
83	15+850,00	25,00	2050,00	411,321	0,0508
84	15+875,00	25,00	2075,00	412,444	0,0449
85	15+900,00	25,00	2100,00	413,491	0,0419
86	15+925,00	25,00	2125,00	414,574	0,0433
87	15+950,00	25,00	2150,00	415,693	0,0448
88	15+975,00	25,00	2175,00	416,767	0,0430
89	16+000,00	25,00	2200,00	417,932	0,0466
90	16+025,00	25,00	2225,00	419,107	0,0470
91	16+050,00	25,00	2250,00	419,557	0,0180
92	16+075,00	25,00	2275,00	420,599	0,0417
93	16+100,00	25,00	2300,00	421,150	0,0220
94	16+125,00	25,00	2325,00	421,821	0,0268
95	16+150,00	25,00	2350,00	422,521	0,0280
96	16+175,00	25,00	2375,00	423,116	0,0238
97	16+200,00	25,00	2400,00	423,583	0,0187
98	16+225,00	25,00	2425,00	423,868	0,0114
99	16+250,00	25,00	2450,00	424,156	0,0115
100	16+275,00	25,00	2475,00	424,512	0,0142
101	16+300,00	25,00	2500,00	424,979	0,018
102	16+325,00	25,00	2525,00	425,675	0,00
103	16+350,00	25,00	2550,00	426,398	0,0289
104	16+375,00	25,00	2575,00	427,158	0,0304
105	16+400,00	25,00	2600,00	428,237	0,0432

106	16+425,00	25,00	2625,00	429,078	0,0336
107	16+450,00	25,00	2650,00	429,957	0,0352
108	16+475,00	25,00	2675,00	431,068	0,0444
109	16+500,00	25,00	2700,00	432,210	0,0457
110	16+525,00	25,00	2725,00	433,297	0,0435
111	16+550,00	25,00	2750,00	434,106	0,0324
112	16+575,00	25,00	2775,00	434,957	0,0340
113	16+600,00	25,00	2800,00	435,865	0,0363
114	16+625,00	25,00	2825,00	436,581	0,0286
115	16+650,00	25,00	2850,00	436,990	0,0164
116	16+675,00	25,00	2875,00	437,535	0,0218
117	16+700,00	25,00	2900,00	438,283	0,0299
118	16+725,00	25,00	2925,00	439,235	0,0381
119	16+750,00	25,00	2950,00	440,126	0,0356
120	16+775,00	25,00	2975,00	440,946	0,0328
121	16+800,00	25,00	3000,00	441,338	0,0157
122	16+825,00	25,00	3025,00	441,452	0,0046
123	16+850,00	25,00	3050,00	440,800	-0,0261
124	16+875,00	25,00	3075,00	439,337	-0,0585
125	16+900,00	25,00	3100,00	438,015	-0,0529
126	16+925,00	25,00	3125,00	436,839	-0,0470
127	16+950,00	25,00	3150,00	435,912	-0,0371
128	16+975,00	25,00	3175,00	435,813	-0,0040
129	17+000,00	25,00	3200,00	436,332	0,0208
130	17+025,00	25,00	3225,00	437,791	0,0584
131	17+050,00	25,00	3250,00	438,211	0,0168
132	17+075,00	25,00	3275,00	437,659	-0,0221
133	17+100,00	25,00	3300,00	436,943	-0,0286
134	17+125,00	25,00	3325,00	436,016	-0,0371
135	17+150,00	25,00	3350,00	435,962	-0,0022
136	17+175,00	25,00	3375,00	436,572	0,0244
137	17+200,00	25,00	3400,00	437,663	0,0436
138	17+225,00	25,00	3425,00	439,177	0,0606
139	17+250,00	25,00	3450,00	440,532	0,0542
140	17+275,00	25,00	3475,00	441,895	0,0545
141	17+300,00	25,00	3500,00	443,585	0,0676
142	17+318,48	18,48	3518,48	445,407	0,0986
				H	125,092
				H/L	0,0355
				H/L %	3,50%

Tableau08:calcul des Déclivité cumulés varianteN°01

➤ **Déclivité cumulée:**

$$D_c = \frac{\sum_{P_i > 0} P_i \times l_i + \sum_{P_i < 0} P_i \times l_i}{L}$$

Dc = 3.50%

Les valeurs seuils ci-dessous, déterminées par l'analyse de plusieurs itinéraires en Algérie, permettent de caractériser trois types 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	$D_c > 4\%$

Tableau09:Type de topographie

$$D_c = 3.50\% \leq 4\%$$



Terrain vallonné

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 **Ls** 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.

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

Tableau10:Sinuosité

$$\sigma = \frac{L_s}{L} \approx 0 \quad \longrightarrow \quad \text{Sinuosité faible}$$

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

Ls: la somme des développées des rayons inférieur ou égale à 200m

Environnement :

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

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

Tableau11:Tableau d'Environnement de la route

✓ Dénivelée cumulée: **D_c=3.50% ≤ 4%** (terrain vallonné)

✓ Sinuosité: **σ = 0**



Eenvironnement E2

Vitesse de référence :

La vitesse de référence est la vitesse de circulation des véhicules sur une route à circulation normale et au-dessous de laquelle les véhicules rapides peuvent circuler normalement en dehors des pointes. Elle est déterminée en fonction de l'importance des

liaisons assurées par la section de route et par les conditions géographiques. La vitesse est donc fonction de :

1*La catégorie

2*L'environnement

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

Environnement			
Catégorie	E1	E2	E3
Cat1	120-100-80	100-80-60	80-60-40
Cat2	120-100-80	100-80-60	80-60-40
Cat3	120-100-80	100-80-60	80-60-40
Cat4	100-80-60	80-60-40	60-40
Cat5	80-60-40	60-40	40

T ableau12:Vitesse deréférence

Cat01et E02 Vr=80km/h

- Détermination des dévers dmax et dmin;

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

Tableau13:Dévers

- Détermination du coefficient transversal ft:

Vr	40	60	80	100	120	140
CAT1-2	0,22	0,16	0,13	0,11	0,1	0,1
CAT3-4-5	0,22	0,18	0,15	0,125	0,11	/

Tableau 14: Valeur du coefficient ft

- **Tableau des coefficients F'' en fonction de la catégorie**

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

Tableau15: Valeur du coefficient "F''

- **Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques :**

dmax=	7,00%
dmin=	2,5%
ft=	0,13
d =	5%
F''=	0,06

Tableau 16 : Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques

- **Calcul des rayons en plan:**

1) Rayon horizontal minimal absolu :

$$RH_m = \frac{vr^2}{127(ft + dmax)} = \frac{80^2}{127(0.13 + 0.07)}$$

$$RH_m = 251.97 \text{ m}$$

2) Rayon minimal normal :

$$RH_n = \frac{(vr + 20)^2}{127(ft + dn)} = \frac{(80 + 20)^2}{127(0.13 + 0.05)}$$

$$RH_n = 437.44 \text{ m}$$

Le rayon minimal normal (RHn) doit permettre à des véhicules dépassant Vr de 20 km/h de roulés 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 subit par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit. Dévers associé $d_{min} = 2.5\%$.

$$RHd = \frac{vr^2}{127 \times 2 \times d_{min}} = \frac{80^2}{127 \times 2 \times 0.02}$$

$$RHd = 1007.87$$

4) Rayon minimal non déversé :

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

$$RHnd = \frac{vr^2}{127(F'' - d_{min})} = \frac{80^2}{127(0.06 - 0.025)}$$

$$RHnd = 1439.82$$

Le calcul des rayons en plan nous donne les résultats suivants

Catégorie	RHm	RHn	RHd	RHnd
Cat1	251.96 m	437.44 m	1007.87 m	1439.82 m

Tableau17:Récapitulatif des rayons en plan

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

RHm	RHn	RHd	RHnd
250 m	450 m	1000 m	1400 m

Tableau18:les rayons en plan selon B40

- Calcul de cubature approchée de la variante N°01:

Tableau III- : Tableau de cubature approchée de la variante01

N°	Distance		Z		Hauteur H (m)	R/D	Remblai		Déblai	
	Cumulée (m)	Partielle (m)	Z Projet (m)	Z TN (m)			Surface (m ²)	Volume (m ³)	Surface (m ²)	Volume (m ³)
1	0,00	0,00	341,68	319,619	22,061	R	1102,03	0	0	0
2	25,00	25,00	342,714	326,324	16,39	R	781,1	23 539,15	0	0
3	50,00	25,00	343,747	330,875	12,872	R	586,76	17 098,24	0	0
4	75,00	25,00	344,781	333,578	11,203	R	431,21	12 724,60	0	0
5	100,00	25,00	345,814	335,765	10,049	R	375,67	10 085,96	0	0
6	125,00	25,00	346,848	337,993	8,855	R	316,59	8 653,31	0	0
7	150,00	25,00	347,881	340,82	7,061	R	238,85	6 943,06	0	0
8	175,00	25,00	348,915	343,392	5,523	R	171,43	5 128,57	0	0
9	200,00	25,00	349,949	346,105	3,844	R	113,21	3 558,10	0	0
10	225,00	25,00	350,982	348,393	2,589	R	74,54	2 346,97	0	0
11	250,00	25,00	352,016	350,987	1,029	R	22,83	1 217,16	0,09	1,18
12	275,00	25,00	353,049	356,407	-3,358	D	0	285,36	93,1	1164,88
13	300,00	25,00	354,083	362,901	-8,818	D	0	-	317,76	5135,65
14	325,00	25,00	355,095	365,975	-10,88	D	0	-	450,46	9605,88
15	350,00	25,00	356,066	366,791	-10,725	D	0	-	444,5	11179,63
16	375,00	25,00	356,995	367,231	-10,236	D	0	-	415,36	10733,89
17	400,00	25,00	357,883	367,457	-9,574	D	0	-	385,62	10000,11
18	425,00	25,00	358,729	367,699	-8,97	D	0	-	349,32	9177,23
19	450,00	25,00	359,533	368,278	-8,745	D	0	-	335,49	8550,17
20	475,00	25,00	360,296	369,121	-8,825	D	0	-	341,47	8447,98
21	500,00	25,00	361,016	369,656	-8,64	D	0	-	341,74	8523,13
22	525,00	25,00	361,716	370,196	-8,48	D	0	-	328,56	8363,91
23	550,00	25,00	362,416	370,668	-8,252	D	0	-	313,59	8015,65
24	575,00	25,00	363,116	371,134	-8,018	D	0	-	298,46	7639,64
25	600,00	25,00	363,816	371,725	-7,909	D	0	-	292,61	7376,52
26	625,00	25,00	364,516	371,959	-7,443	D	0	-	267,18	6987,25
27	650,00	25,00	365,216	372,469	-7,253	D	0	-	255,87	6529,67
28	675,00	25,00	365,916	373,043	-7,127	D	0	-	249,92	6314,45
29	700,00	25,00	366,616	373,373	-6,757	D	0	-	233,88	6040,5

30	725,00	25,00	367,316	373,483	-6,167	D	0		-	208,05	5518,2
31	750,00	25,00	368,016	373,37	-5,354	D	0		-	176,1	4796,3
32	775,00	25,00	368,715	373,078	-4,363	D	0		-	140,49	3952,12
33	800,00	25,00	369,415	372,829	-3,414	D	0		-	107,01	3089,27
34	825,00	25,00	370,115	372,775	-2,66	D	0		-	80,67	2342,09
35	850,00	25,00	370,815	372,877	-2,062	D	0		-	61,21	1773,46
36	875,00	25,00	371,515	372,765	-1,25	D	0		-	38,32	1244,06
37	900,00	25,00	372,215	373,12	-0,905	D	0		-	28,09	830,06
38	925,00	25,00	372,915	373,728	-0,813	D	0		-	25,82	673,83
39	950,00	25,00	373,615	374,452	-0,837	D	0		-	26,05	648,35
40	975,00	25,00	374,315	374,899	-0,584	D	0		-	19,14	564,86
41	1000,00	25,00	375,015	374,603	0,412	R	8,88		111,01	2,85	274,91
42	1025,00	25,00	375,715	374,175	1,54	R	38,28		589,46	0	35,67
43	1050,00	25,00	376,415	374,278	2,137	R	50,85		1 114,08	0	0
44	1075,00	25,00	377,114	376,31	0,804	R	15,57		830,20	0	0
45	1100,00	25,00	377,814	378,418	-0,604	D	0		194,57	17,6	219,95
46	1125,00	25,00	378,514	379,321	-0,807	D	0		-	23,03	507,85
47	1150,00	25,00	379,214	379,677	-0,463	D	0		-	14,47	468,72
48	1175,00	25,00	379,914	380,241	-0,327	D	0,02		0,31	11,37	322,89
49	1200,00	25,00	380,614	381,09	-0,476	D	0		0,31	15,07	330,5
50	1225,00	25,00	381,314	381,849	-0,535	D	0		-	17,88	411,97
51	1250,00	25,00	382,014	382,052	-0,038	D	4,57		57,08	9,92	347,58
52	1275,00	25,00	382,714	382,079	0,635	R	17,04		270,02	3,11	162,89
53	1300,00	25,00	383,414	381,916	1,498	R	36,85		673,57	0,14	40,66
54	1325,00	25,00	384,114	381,758	2,356	R	62,19		1 232,95	0	1,82
55	1350,00	25,00	384,813	381,464	3,349	R	92,38		1 925,96	0	0
56	1375,00	25,00	385,513	381,408	4,105	R	117,69		2 618,85	0	0
57	1400,00	25,00	386,213	381,576	4,637	R	136,77		3 173,39	0	0
58	1425,00	25,00	386,913	381,846	5,067	R	151,42		3 595,57	0	0
59	1450,00	25,00	387,613	382,122	5,491	R	167,31		3 977,89	0	0
60	1475,00	25,00	388,319	382,477	5,842	R	178,21		4 313,42	0	0
61	1500,00	25,00	389,073	382,969	6,104	R	184,58		4 531,01	0	0
62	1525,00	25,00	389,884	383,55	6,334	R	191,61		4 700,21	0	0
63	1550,00	25,00	390,752	384,136	6,616	R	199,73		4 890,35	0	0
64	1575,00	25,00	391,676	384,994	6,682	R	205,93		5 069,93	0	0
65	1600,00	25,00	392,649	385,577	7,072	R	219,55		5 317,60	0	0
66	1625,00	25,00	393,628	386,281	7,347	R	234,31		5 671,48	0	0
67	1650,00	25,00	394,607	387,075	7,532	R	243,52		5 969,98	0	0
68	1675,00	25,00	395,586	388,156	7,43	R	243,45		6 083,40	0	0
69	1700,00	25,00	396,564	388,752	7,812	R	253,74		6 212,81	0	0
70	1725,00	25,00	397,543	389,752	7,791	R	247,68		6 270,27	0	0
71	1750,00	25,00	398,522	391,141	7,381	R	235,87		6 051,12	0	0
72	1775,00	25,00	399,501	392,811	6,69	R	215,79		5 655,07	0	0
73	1800,00	25,00	400,48	394,702	5,778	R	178,54		4 929,16	0	0
74	1825,00	25,00	401,458	396,372	5,086	R	150,85		4 117,34	0	0

75	1850,00	25,00	402,437	398,061	4,376	R	126,11	3 462,03	0	0
76	1875,00	25,00	403,416	399,706	3,71	R	104,5	2 882,64	0	0
77	1900,00	25,00	404,395	401,235	3,16	R	86,04	2 381,74	0	0
78	1925,00	25,00	405,374	402,953	2,421	R	65,9	1 899,30	0	0
79	1950,00	25,00	406,352	404,702	1,65	R	39,88	1 322,25	0	0
80	1975,00	25,00	407,331	406,186	1,145	R	27,07	836,91	0	0
81	2000,00	25,00	408,31	407,857	0,453	R	9,82	461,23	2,12	26,55
82	2025,00	25,00	409,289	410,051	-0,762	D	0	122,80	19,9	275,27
83	2050,00	25,00	410,268	411,321	-1,053	D	0	-	31,46	641,97
84	2075,00	25,00	411,247	412,444	-1,197	D	0	-	37,47	861,66
85	2100,00	25,00	412,225	413,491	-1,266	D	0	-	39,62	963,65
86	2125,00	25,00	413,204	414,574	-1,37	D	0	-	42,59	1027,59
87	2150,00	25,00	414,183	415,693	-1,51	D	0	-	43,85	1080,5
88	2175,00	25,00	415,162	416,767	-1,605	D	0	-	46,19	1125,54
89	2200,00	25,00	416,141	417,932	-1,791	D	0	-	49,43	1195,27
90	2225,00	25,00	417,119	419,107	-1,988	D	0	-	54,11	1294,26
91	2250,00	25,00	418,098	419,557	-1,459	D	0	-	43,39	1218,7
92	2275,00	25,00	419,077	420,599	-1,522	D	0	-	43,13	1081,5
93	2300,00	25,00	420,056	421,15	-1,094	D	0	-	30,68	922,74
94	2325,00	25,00	421,035	421,821	-0,786	D	0	-	24,57	690,73
95	2350,00	25,00	422,014	422,521	-0,507	D	0	-	17,25	522,81
96	2375,00	25,00	422,992	423,116	-0,124	D	0	-	7,21	305,82
97	2400,00	25,00	423,971	423,583	0,388	R	8,85	110,59	1,53	109,25
98	2425,00	25,00	424,95	423,868	1,082	R	24,26	413,86	0	19,07
99	2450,00	25,00	425,929	424,156	1,773	R	42,5	836,24	0	0
100	2475,00	25,00	426,908	424,512	2,396	R	59,61	1 277,92	0	0
101	2500,00	25,00	427,886	424,979	2,907	R	74,24	1 674,17	0	0
102	2525,00	25,00	428,865	425,675	3,19	R	83,84	1 976,86	0	0
103	2550,00	25,00	429,844	426,398	3,446	R	88,52	2 155,01	0	0
104	2575,00	25,00	430,823	427,158	3,665	R	95,24	2 296,38	0	0
105	2600,00	25,00	431,801	428,237	3,564	R	94,86	2 374,74	0	0
106	2625,00	25,00	432,746	429,078	3,668	R	97,13	2 398,14	0	0
107	2650,00	25,00	433,639	429,957	3,682	R	99,31	2 453,70	0	0
108	2675,00	25,00	434,479	431,068	3,411	R	92,31	2 393,16	0	0
109	2700,00	25,00	435,268	432,21	3,058	R	81,01	2 164,42	0	0
110	2725,00	25,00	436,004	433,297	2,707	R	70,08	1 886,68	0	0
111	2750,00	25,00	436,689	434,106	2,583	R	65,42	1 691,85	0	0
112	2775,00	25,00	437,321	434,957	2,364	R	59,4	1 558,48	0	0
113	2800,00	25,00	437,901	435,865	2,036	R	49,62	1 361,11	0	0
114	2825,00	25,00	438,43	436,581	1,849	R	44,62	1 176,62	0	0
115	2850,00	25,00	438,906	436,99	1,916	R	46	1 131,49	0	0
116	2875,00	25,00	439,33	437,535	1,795	R	42,83	1 109,20	0	0
117	2900,00	25,00	439,702	438,283	1,419	R	32,07	935,08	0	0
118	2925,00	25,00	440,021	439,235	0,786	R	15,57	594,41	0	0
119	2950,00	25,00	440,289	440,126	0,163	R	2,65	227,19	1,65	20,76

120	2975,00	25,00	440,505	440,946	-0,441	D	0	33,01	13,91	194,88
121	3000,00	25,00	440,668	441,338	-0,67	D	0	-	19,37	416,04
122	3025,00	25,00	440,78	441,452	-0,672	D	0	-	20,4	497,12
123	3050,00	25,00	440,839	440,8	0,039	R	2,67	33,36	8,67	363,42
124	3075,00	25,00	440,847	439,337	1,51	R	36,45	489,04	0	108,42
125	3100,00	25,00	440,802	438,015	2,787	R	78,26	1 433,88	0	0
126	3125,00	25,00	440,705	436,839	3,866	R	111,15	2 367,55	0	0
127	3150,00	25,00	440,556	435,912	4,644	R	135,11	3 078,24	0	0
128	3175,00	25,00	440,364	435,813	4,551	R	133,28	3 354,86	0	0
129	3200,00	25,00	440,166	436,332	3,834	R	109,75	3 037,88	0	0
130	3225,00	25,00	439,969	437,791	2,178	R	60,7	2 130,67	0	0
131	3250,00	25,00	439,771	438,211	1,56	R	40,64	1 266,72	0	0
132	3275,00	25,00	439,574	437,659	1,915	R	48,1	1 109,17	0	0
133	3300,00	25,00	439,376	436,943	2,433	R	64,15	1 403,12	0	0
134	3325,00	25,00	439,179	436,016	3,163	R	84,38	1 856,68	0	0
135	3350,00	25,00	438,981	435,962	3,019	R	82,15	2 081,62	0	0
136	3375,00	25,00	438,784	436,572	2,212	R	53,63	1 697,21	0	0
137	3400,00	25,00	438,586	437,663	0,923	R	19,26	911,13	0,56	6,96
138	3425,00	25,00	438,389	439,177	-0,788	D	0	240,78	23,1	295,72
139	3450,00	25,00	438,191	440,532	-2,341	D	0	-	66,66	1122
140	3475,00	25,00	437,994	441,895	-3,901	D	0	-	123,46	2376,45
141	3500,00	25,00	437,796	443,585	-5,789	D	0	-	198,13	4019,84
142	3518,48	18,48	437,65	445,407	-7,757	D	0	-	281,32	4430,58
								265820		195560

Tableau19:Tableau de cubature approchée de la variante01

Longueur Totale du Tracé de la variante01: **3518.48m**

Déblai Total de la variante01: **195560 m³**

Remblai Total de la variante01: **265820 m³**

Etude

De la Variante N°02

2) Calcul de la variante N°02

- Les coordonnées planimétriques des sommets de la variante N°02

SOMMET	COORDONNEES		Rayon (m)
	X(m)	Y(m)	
S0	448833,748	4009194,446	1475
S1	449502,448	4008578,903	
S2	450566,209	4008242,757	1475
S3	451272,181	4006860,215	

¶

Tableau20:Coordonnées des sommets varianteN°02

- Gisements, angles au centre et distances :

Valeurs ΔX et ΔY (m)		Gisements (gr)		Angle au centre (gr)		Distances (m)
$\Delta X =$	668.7	$G_{1,2} =$	147.367	$\beta_1 =$	27.882	908.874
$\Delta Y =$	- 615.543					
$\Delta X =$	1063.761	$G_{2,3} =$	119.485	$\beta_2 =$	50.460	1115.608
$\Delta Y =$	-336.146					
$\Delta X =$	705.972	$G_{3,4} =$	169.945			1552.395
$\Delta Y =$	-1382.542					

Tableau21:Gisements, angles au centre et distances varianteN°0

- Calcul des paramètres des raccordements circulaires :

Angle au centre (gr)	Rayon (m)	Tangente (m)	Développée (m)	Laflèche (m)	Bissectrice (m)
$\beta_1 = 27.882$	1475	328.266	646.004	35.4	36.270
$\beta_2 = 50.460$	1475	617.217	1169.120	115.05	124.783
$\Sigma R_c =$			1815.124		

Tableau22:Calcul des paramètres de raccordement au centre variante N°02

Les longueurs de tracé:

La longueur totale des alignements droits mesurée L_{AD} :

$$AD1 = 908.874 - 328.266 = 580.608 \text{ m}$$

$$AD2 = 1115.608 - 328.266 - 617.217 = 170.125 \text{ m}$$

$$AD3 = 1552.395 - 617.217 = 935.142 \text{ m}$$



$$L_{AD} = \sum AD = 1685.875 \text{ m}$$

La longueur totale des arcs de cercles calculées L_C :



$$L_C = \sum R_C = \sum D = 1815.124 \text{ m}$$

La longueur totale de tracé mesurée :

$$L_T = \sum AD + \sum R_C = 1685.875 + 1815.124$$



$$L_T = 3501 \text{ m}$$

Pourcentage des alignements droits :

$$\% \text{alignements droits} = L_{AD} / L_T = 1685.875 / 3501 = 48.15\%$$

Condition vérifié

Pourcentage des courbes :

$$\% \text{Courbes} = L_C / L_T = 1815.124 / 3501 = 51.84\%$$

Condition vérifié

• **Déclivité cumulée:**

N°	Abscisse curviligne	Distance		Altitude (m)	Pourcentage de pente (%)
		Partielle (m)	Cumulée (m)		
1	13+800,00	0,00	0,00	319,62	
2	13+825,00	25,00	25,00	326,00	0,26
3	13+850,00	25,00	50,00	330,25	0,17
4	13+875,00	25,00	75,00	333,02	0,11
5	13+900,00	25,00	100,00	335,23	0,09
6	13+925,00	25,00	125,00	337,02	0,07
7	13+950,00	25,00	150,00	339,44	0,10
8	13+975,00	25,00	175,00	341,73	0,09
9	14+000,00	25,00	200,00	344,19	0,10
10	14+025,00	25,00	225,00	346,18	0,08
11	14+050,00	25,00	250,00	349,53	0,13
12	14+075,00	25,00	275,00	353,62	0,16
13	14+100,00	25,00	300,00	360,07	0,26
14	14+125,00	25,00	325,00	365,74	0,23
15	14+150,00	25,00	350,00	367,46	0,07
16	14+175,00	25,00	375,00	368,18	0,03
17	14+200,00	25,00	400,00	368,19	0,00
18	14+225,00	25,00	425,00	368,17	0,00
19	14+250,00	25,00	450,00	369,17	0,04
20	14+275,00	25,00	475,00	370,73	0,06
21	14+300,00	25,00	500,00	371,36	0,03
22	14+325,00	25,00	525,00	371,30	0,00
23	14+350,00	25,00	550,00	371,44	0,01
24	14+375,00	25,00	575,00	371,95	0,02
25	14+400,00	25,00	600,00	372,28	0,01
26	14+425,00	25,00	625,00	372,22	0,00
27	14+450,00	25,00	650,00	372,64	0,02
28	14+475,00	25,00	675,00	372,90	0,01
29	14+500,00	25,00	700,00	373,02	0,00
30	14+525,00	25,00	725,00	372,80	0,01
31	14+550,00	25,00	750,00	372,34	0,02
32	14+575,00	25,00	775,00	371,83	0,02
33	14+600,00	25,00	800,00	371,26	0,02
34	14+625,00	25,00	825,00	370,47	0,03
35	14+650,00	25,00	850,00	369,87	0,02
36	14+675,00	25,00	875,00	369,83	0,00
37	14+700,00	25,00	900,00	370,10	0,01
38	14+725,00	25,00	925,00	370,55	0,02

39	14+750,00	25,00	950,00	370,42	0,01
40	14+775,00	25,00	975,00	370,15	0,01
41	14+800,00	25,00	1000,00	370,08	0,00
42	14+825,00	25,00	1025,00	370,28	0,01
43	14+850,00	25,00	1050,00	370,74	0,02
44	14+875,00	25,00	1075,00	371,35	0,02
45	14+900,00	25,00	1100,00	372,46	0,04
46	14+925,00	25,00	1125,00	373,20	0,03
47	14+950,00	25,00	1150,00	373,45	0,01
48	14+975,00	25,00	1175,00	373,84	0,02
49	15+000,00	25,00	1200,00	374,64	0,03
50	15+025,00	25,00	1225,00	375,26	0,02
51	15+050,00	25,00	1250,00	375,74	0,02
52	15+075,00	25,00	1275,00	376,12	0,02
53	15+100,00	25,00	1300,00	376,43	0,01
54	15+125,00	25,00	1325,00	377,12	0,03
55	15+150,00	25,00	1350,00	378,65	0,06
56	15+175,00	25,00	1375,00	380,14	0,06
57	15+200,00	25,00	1400,00	381,65	0,06
58	15+225,00	25,00	1425,00	382,90	0,05
59	15+250,00	25,00	1450,00	383,85	0,04
60	15+275,00	25,00	1475,00	384,68	0,03
61	15+300,00	25,00	1500,00	385,52	0,03
62	15+325,00	25,00	1525,00	386,07	0,02
63	15+350,00	25,00	1550,00	386,38	0,01
64	15+375,00	25,00	1575,00	386,80	0,02
65	15+400,00	25,00	1600,00	387,13	0,01
66	15+425,00	25,00	1625,00	387,44	0,01
67	15+450,00	25,00	1650,00	388,13	0,03
68	15+475,00	25,00	1675,00	388,80	0,03
69	15+500,00	25,00	1700,00	389,97	0,05
70	15+525,00	25,00	1725,00	391,18	0,05
71	15+550,00	25,00	1750,00	392,37	0,05
72	15+575,00	25,00	1775,00	393,71	0,05
73	15+600,00	25,00	1800,00	395,17	0,06
74	15+625,00	25,00	1825,00	396,43	0,05
75	15+650,00	25,00	1850,00	397,74	0,05
76	15+675,00	25,00	1875,00	399,19	0,06
77	15+700,00	25,00	1900,00	400,45	0,05
78	15+725,00	25,00	1925,00	401,93	0,06
79	15+750,00	25,00	1950,00	403,57	0,07
80	15+775,00	25,00	1975,00	405,13	0,06
81	15+800,00	25,00	2000,00	406,59	0,06
82	15+825,00	25,00	2025,00	408,50	0,08
83	15+850,00	25,00	2050,00	409,85	0,05

84	15+875,00	25,00	2075,00	411,10	0,05
85	15+900,00	25,00	2100,00	412,23	0,05
86	15+925,00	25,00	2125,00	413,31	0,04
87	15+950,00	25,00	2150,00	414,26	0,04
88	15+975,00	25,00	2175,00	415,18	0,04
89	16+000,00	25,00	2200,00	416,21	0,04
90	16+025,00	25,00	2225,00	417,46	0,05
91	16+050,00	25,00	2250,00	418,58	0,04
92	16+075,00	25,00	2275,00	419,74	0,05
93	16+100,00	25,00	2300,00	420,62	0,04
94	16+125,00	25,00	2325,00	421,60	0,04
95	16+150,00	25,00	2350,00	422,41	0,03
96	16+175,00	25,00	2375,00	423,19	0,03
97	16+200,00	25,00	2400,00	423,90	0,03
98	16+225,00	25,00	2425,00	424,60	0,03
99	16+250,00	25,00	2450,00	424,90	0,01
100	16+275,00	25,00	2475,00	425,31	0,02
101	16+300,00	25,00	2500,00	425,90	0,02
102	16+325,00	25,00	2525,00	426,51	0,02
103	16+350,00	25,00	2550,00	427,24	0,03
104	16+375,00	25,00	2575,00	427,99	0,03
105	16+400,00	25,00	2600,00	428,98	0,04
106	16+425,00	25,00	2625,00	429,90	0,04
107	16+450,00	25,00	2650,00	431,11	0,05
108	16+475,00	25,00	2675,00	431,83	0,03
109	16+500,00	25,00	2700,00	431,90	0,00
110	16+525,00	25,00	2725,00	432,47	0,02
111	16+550,00	25,00	2750,00	433,24	0,03
112	16+575,00	25,00	2775,00	433,98	0,03
113	16+600,00	25,00	2800,00	434,48	0,02
114	16+625,00	25,00	2825,00	435,26	0,03
115	16+650,00	25,00	2850,00	436,30	0,04
116	16+675,00	25,00	2875,00	437,45	0,05
117	16+700,00	25,00	2900,00	438,25	0,03
118	16+725,00	25,00	2925,00	438,80	0,02
119	16+750,00	25,00	2950,00	439,86	0,04
120	16+775,00	25,00	2975,00	440,82	0,04
121	16+800,00	25,00	3000,00	441,95	0,05
122	16+825,00	25,00	3025,00	442,87	0,04
123	16+850,00	25,00	3050,00	442,88	0,00
124	16+875,00	25,00	3075,00	441,06	0,07
125	16+900,00	25,00	3100,00	438,74	0,09
126	16+925,00	25,00	3125,00	437,47	0,05
127	16+950,00	25,00	3150,00	436,98	0,02
128	16+975,00	25,00	3175,00	436,69	0,01

129	17+000,00	25,00	3200,00	436,79	0,00
130	17+025,00	25,00	3225,00	437,37	0,02
131	17+050,00	25,00	3250,00	437,81	0,02
132	17+075,00	25,00	3275,00	438,04	0,01
133	17+100,00	25,00	3300,00	437,65	0,02
134	17+125,00	25,00	3325,00	437,24	0,02
135	17+150,00	25,00	3350,00	438,02	0,03
136	17+175,00	25,00	3375,00	438,66	0,03
137	17+200,00	25,00	3400,00	439,45	0,03
138	17+225,00	25,00	3425,00	440,32	0,03
139	17+250,00	25,00	3450,00	441,76	0,06
140	17+275,00	25,00	3475,00	443,28	0,06
141	17+300,00	25,00	3500,00	445,30	0,08
141	17+301,00	1,00	3501,00	445,41	0,11
				H	153,759
				H/L	0,0439
				H/L %	4,39

➤ **Déclivité cumulée:** $D_c = 4.39\%$  **Terrain vallonné**

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

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



Environnement : E2

Vitesse de référence :Cat 01 etE02

→ Vr = 80 km/h

• **Tableau récapitulatif des paramètres cinématiques :**

dmax=	7,00%
dmin=	2,5%
ft=	0,13
d =	5%
F''=	0,06

• **Calcul des rayons en plan:**

1) Rayon horizontal minimal absolu :

$$RHm = \frac{vr^2}{127(ft+dmax)} = \frac{80^2}{127(0.13+0.07)}$$

$$RHm = 251.97 \text{ m}$$

2) Rayon minimal normal:

$$RHn = \frac{(vr+20)^2}{127(ft+dn)} = \frac{(80+20)^2}{127(0.13+0.05)}$$

$$RHn = 437.44 \text{ m}$$

3) Rayon au dévers minimal :

$$RHd = \frac{vr^2}{127 \times 2 \times dmin} = \frac{80^2}{127 \times 2 \times 0.02}$$

$$RHd = 1007.87$$

4) Rayon minimal non déversé :

$$RHnd = \frac{vr^2}{127(F''-dmin)} = \frac{80^2}{127(0.06-0.025)}$$

$$RHnd = 1439.82 \text{ m}$$

Le calcul des rayons en plan nous donne les résultats suivants

Catégorie	RHm	RHn	RHd	RHnd
Cat1	251.96 m	437.44 m	1007.87 m	1439.82 m

Tableau17:Récapitulatif des rayons en plan

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

RHm	RHn	RHd	RHnd
250 m	450 m	1000 m	1400 m

Tableau18:les rayons en plan selonB40

• Calcul de cubature approchée de la variante N°02:

Tableau III-20 : Tableau de cubature approchée de la variante02

N°	Distance		Z		Hauteur H (m)	R / D	Remblai		Déblai	
	Cumulée (m)	Partielle (m)	Z Projet (m)	Z TN (m)			Surface (m ²)	Volume (m ³)	Surface (m ²)	Volume (m ³)
1	0,00	0,00	341,68	319,619	22,061	R	1106,78	0	0	0
2	25,00	25,00	342,905	325,998	16,907	R	819,2	24074,7	0	0
3	50,00	25,00	344,13	330,248	13,882	R	655,1	18428,74	0	0
4	75,00	25,00	345,355	333,019	12,336	R	506,71	14522,64	0	0
5	100,00	25,00	346,58	335,231	11,349	R	468,8	12193,82	0	0
6	125,00	25,00	347,805	337,021	10,784	R	419,44	11102,92	0	0
7	150,00	25,00	349,03	339,436	9,594	R	356,5	9699,15	0	0
8	175,00	25,00	350,255	341,73	8,525	R	301,02	8218,99	0	0
9	200,00	25,00	351,475	344,185	7,29	R	254,99	6950,16	0	0,01
10	225,00	25,00	352,662	346,177	6,485	R	212,74	5846,61	0	0,01
11	250,00	25,00	353,813	349,533	4,28	R	133,15	4323,57	0	0
12	275,00	25,00	354,926	353,617	1,309	R	38,7	2148,12	2,3	28,79
13	300,00	25,00	356,003	360,072	-4,069	D	0	483,78	141,21	1793,9
14	325,00	25,00	357,043	365,735	-8,692	D	0	0	303,18	5554,86
15	350,00	25,00	358,047	367,463	-9,416	D	0	0	359,47	8283,14
16	375,00	25,00	359,013	368,177	-9,164	D	0	0	348,14	8845,07
17	400,00	25,00	359,943	368,194	-8,251	D	0	0	298,24	8079,74
18	425,00	25,00	360,836	368,167	-7,331	D	0	0	249,26	6843,74
19	450,00	25,00	361,693	369,173	-7,48	D	0	0	260,81	6375,85
20	475,00	25,00	362,512	370,73	-8,218	D	0	0	304,96	7072,22
21	500,00	25,00	363,295	371,356	-8,061	D	0	0	300,82	7572,34
22	525,00	25,00	364,041	371,301	-7,26	D	0	0	264,72	7069,23
23	550,00	25,00	364,75	371,44	-6,69	D	0	0	237,91	6282,88
24	575,00	25,00	365,423	371,951	-6,528	D	0	0	226,3	5802,66
25	600,00	25,00	366,058	372,28	-6,222	D	0	0	211,76	5475,76
26	625,00	25,00	366,67	372,222	-5,552	D	0	0	183,42	4939,83
27	650,00	25,00	367,282	372,636	-5,354	D	0	0	173,06	4456,09
28	675,00	25,00	367,893	372,903	-5,01	D	0	0	161,32	4179,76
29	700,00	25,00	368,505	373,021	-4,516	D	0	0	142,93	3803,1
30	725,00	25,00	369,116	372,799	-3,683	D	0	0	113,81	3209,23
31	750,00	25,00	369,727	372,34	-2,613	D	0	0	78,44	2403,05
32	775,00	25,00	370,339	371,827	-1,488	D	0	0	43,29	1521,62
33	800,00	25,00	370,95	371,262	-0,312	D	0,9	11,23	11,6	686,11
34	825,00	25,00	371,562	370,47	1,092	R	25,79	333,63	0	144,94
35	850,00	25,00	372,173	369,87	2,303	R	58,69	1055,98	0	0
36	875,00	25,00	372,784	369,829	2,955	R	80,14	1735,32	0	0
37	900,00	25,00	373,396	370,098	3,298	R	88,71	2110,57	0	0

38	925,00	25,00	374,007	370,55	3,457	R	96,55	2315,65	0	0
39	950,00	25,00	374,619	370,423	4,196	R	122,99	2744,19	0	0
40	975,00	25,00	375,23	370,151	5,079	R	150,91	3423,79	0	0
41	1000,00	25,00	375,842	370,077	5,765	R	176,33	4090,56	0	0
42	1025,00	25,00	376,453	370,283	6,17	R	189,83	4576,96	0	0
43	1050,00	25,00	377,064	370,742	6,322	R	185,3	4689,1	0	0
44	1075,00	25,00	377,676	371,348	6,328	R	189,01	4678,86	0	0
45	1100,00	25,00	378,287	372,457	5,83	R	174,71	4546,51	0	0
46	1125,00	25,00	378,899	373,2	5,699	R	176,83	4394,28	0	0
47	1150,00	25,00	379,51	373,452	6,058	R	188,89	4571,45	0	0
48	1175,00	25,00	380,121	373,842	6,279	R	198,23	4838,98	0	0
49	1200,00	25,00	380,733	374,639	6,094	R	190,97	4865	0	0
50	1225,00	25,00	381,344	375,259	6,085	R	190,04	4762,62	0	0
51	1250,00	25,00	381,956	375,735	6,221	R	198,4	4855,48	0	0
52	1275,00	25,00	382,567	376,121	6,446	R	202,15	5006,79	0	0
53	1300,00	25,00	383,179	376,429	6,75	R	209,82	5149,62	0	0
54	1325,00	25,00	383,79	377,115	6,675	R	202,76	5157,33	0	0
55	1350,00	25,00	384,401	378,648	5,753	R	174,27	4712,9	0	0
56	1375,00	25,00	385,013	380,135	4,878	R	141,44	3946,4	0	0
57	1400,00	25,00	385,624	381,646	3,978	R	111,47	3161,42	0	0
58	1425,00	25,00	386,236	382,902	3,334	R	91,04	2531,4	0	0
59	1450,00	25,00	386,847	383,845	3,002	R	79,48	2131,58	0	0
60	1475,00	25,00	387,458	384,679	2,779	R	73,34	1910,26	0	0
61	1500,00	25,00	388,07	385,523	2,547	R	65,98	1741,46	0	0
62	1525,00	25,00	388,681	386,066	2,615	R	67,76	1671,7	0	0
63	1550,00	25,00	389,293	386,384	2,909	R	76,56	1803,91	0	0
64	1575,00	25,00	389,904	386,802	3,102	R	81,26	1972,72	0	0
65	1600,00	25,00	390,516	387,134	3,382	R	90,8	2150,77	0	0
66	1625,00	25,00	391,127	387,444	3,683	R	96,18	2337,25	0	0
67	1650,00	25,00	391,74	388,132	3,608	R	95,34	2393,98	0	0
68	1675,00	25,00	392,398	388,802	3,596	R	92,33	2345,79	0	0
69	1700,00	25,00	393,118	389,971	3,147	R	80,48	2160,02	0	0
70	1725,00	25,00	393,9	391,182	2,718	R	68,83	1866,3	0	0
71	1750,00	25,00	394,745	392,365	2,38	R	59,73	1607,02	0	0
72	1775,00	25,00	395,653	393,712	1,941	R	48,05	1347,3	0	0
73	1800,00	25,00	396,623	395,169	1,454	R	33,66	1021,32	0	0
74	1825,00	25,00	397,655	396,429	1,226	R	26,61	753,27	0,1	1,27
75	1850,00	25,00	398,751	397,744	1,007	R	20,92	594,06	0,45	6,87
76	1875,00	25,00	399,875	399,192	0,683	R	14,64	444,5	1,57	25,27
77	1900,00	25,00	401	400,451	0,549	R	13,73	354,69	2,63	52,53
78	1925,00	25,00	402,125	401,933	0,192	R	8,92	283,23	6,97	119,94
79	1950,00	25,00	403,25	403,567	-0,317	D	1,4	129,03	14,99	274,48
80	1975,00	25,00	404,375	405,126	-0,751	D	0	17,47	22,8	472,36
81	2000,00	25,00	405,5	406,593	-1,093	D	0	0	32,49	691,04
82	2025,00	25,00	406,625	408,499	-1,874	D	0	0	55,01	1093,75
83	2050,00	25,00	407,75	409,845	-2,095	D	0	0	61,24	1453,22
84	2075,00	25,00	408,875	411,103	-2,228	D	0	0	67,38	1607,86
85	2100,00	25,00	410	412,228	-2,228	D	0	0	67,58	1687,1

86	2125,00	25,00	411,125	413,31	-2,185	D	0	0	64,14	1646,61
----	---------	-------	---------	--------	--------	---	---	---	-------	---------

87	2150,00	25,00	412,25	414,258	-2,008	D	0	0	58,22	1529,58
88	2175,00	25,00	413,375	415,176	-1,801	D	0	0	54,76	1412,25
89	2200,00	25,00	414,5	416,213	-1,713	D	0	0	52,14	1336,23
90	2225,00	25,00	415,625	417,462	-1,837	D	0	0	56,85	1362,35
91	2250,00	25,00	416,75	418,578	-1,828	D	0	0	54,34	1389,81
92	2275,00	25,00	417,875	419,741	-1,866	D	0	0	55,51	1373,05
93	2300,00	25,00	419	420,624	-1,624	D	0	0	49,44	1311,81
94	2325,00	25,00	420,103	421,595	-1,492	D	0	0	44,02	1168,27
95	2350,00	25,00	421,174	422,407	-1,233	D	0	0	36,99	1012,67
96	2375,00	25,00	422,215	423,19	-0,975	D	0	0	29,46	830,58
97	2400,00	25,00	423,224	423,904	-0,68	D	0	0	18,64	601,18
98	2425,00	25,00	424,202	424,596	-0,394	D	0,01	0,15	12,84	393,52
99	2450,00	25,00	425,149	424,901	0,248	R	4,91	61,59	3,16	200,02
100	2475,00	25,00	426,064	425,313	0,751	R	13,62	231,74	0,64	47,45
101	2500,00	25,00	426,948	425,897	1,051	R	21,56	439,84	0	7,98
102	2525,00	25,00	427,801	426,509	1,292	R	26,78	604,29	0	0
103	2550,00	25,00	428,623	427,238	1,385	R	30,06	710,54	0	0
104	2575,00	25,00	429,413	427,985	1,428	R	29,78	748,06	0	0
105	2600,00	25,00	430,172	428,982	1,19	R	25,22	687,52	0	0
106	2625,00	25,00	430,9	429,901	0,999	R	20,99	577,62	0	0
107	2650,00	25,00	431,597	431,11	0,487	R	14,8	447,38	0	0
108	2675,00	25,00	432,262	431,827	0,435	R	9,83	307,87	0,15	1,82
109	2700,00	25,00	432,897	431,895	1,002	R	21,64	393,37	0	1,82
110	2725,00	25,00	433,499	432,472	1,027	R	20,81	530,69	0	0
111	2750,00	25,00	434,071	433,24	0,831	R	16,04	460,65	0	0
112	2775,00	25,00	434,612	433,978	0,634	R	13,2	365,43	0	0
113	2800,00	25,00	435,121	434,478	0,643	R	11,83	312,86	0	0
114	2825,00	25,00	435,599	435,262	0,337	R	5,07	211,23	0,47	5,86
115	2850,00	25,00	436,045	436,296	-0,251	D	0	63,34	8,96	117,81
116	2875,00	25,00	436,461	437,446	-0,985	D	0	0	28,89	473,04
117	2900,00	25,00	436,845	438,248	-1,403	D	0	0	40,79	870,92
118	2925,00	25,00	437,198	438,801	-1,603	D	0	0	47	1097,31
119	2950,00	25,00	437,52	439,862	-2,342	D	0	0	68,55	1444,39
120	2975,00	25,00	437,81	440,821	-3,011	D	0	0	92,27	2010,33
121	3000,00	25,00	438,069	441,95	-3,881	D	0	0	121,4	2670,9
122	3025,00	25,00	438,297	442,867	-4,57	D	0	0	142,94	3304,25
123	3050,00	25,00	438,494	442,883	-4,389	D	0	0	140,06	3537,46
124	3075,00	25,00	438,659	441,055	-2,396	D	0	0	69,27	2616,6
125	3100,00	25,00	438,793	438,742	0,051	R	2,23	27,85	6,1	942,11
126	3125,00	25,00	438,896	437,471	1,425	R	29,69	398,94	0	76,2
127	3150,00	25,00	438,968	436,982	1,986	R	47,82	968,82	0	0
128	3175,00	25,00	439,008	436,687	2,321	R	57,17	1312,4	0	0
129	3200,00	25,00	439,018	436,793	2,225	R	53,44	1382,7	0	0
130	3225,00	25,00	438,995	437,367	1,628	R	37,48	1136,55	0	0
131	3250,00	25,00	438,942	437,809	1,133	R	23,99	768,41	0	0
132	3275,00	25,00	438,858	438,036	0,822	R	15,85	497,98	0	0
133	3300,00	25,00	438,742	437,653	1,089	R	22,96	485,11	0	0

134	3325,00	25,00	438,617	437,241	1,376	R	31,39	679,33	0,02	0,28
135	3350,00	25,00	438,492	438,019	0,473	R	16,6	599,87	5,86	73,54
136	3375,00	25,00	438,367	438,655	-0,288	D	1,41	225,17	10,34	202,56
137	3400,00	25,00	438,242	439,453	-1,211	D	0	17,61	35,27	570,13
138	3425,00	25,00	438,117	440,315	-2,198	D	0	0	68,44	1296,3
139	3450,00	25,00	437,993	441,758	-3,765	D	0	0	119,33	2347,04
140	3475,00	25,00	437,868	443,275	-5,407	D	0	0	183,13	3780,7
141	3500,00	25,00	437,743	445,3	-7,557	D	0	0	274,38	5718,84
142	3501.00	25.00	437,738	445,407	-7,669	D	0	0	279,64	277,87

258952

166971

- ✓ Longueur Totale du Tracé de la variante 02: **3501.00m**
- ✓ Déblai Total de lavarianteN°02: **166971m³**
- ✓ Remblai Total de lavarianteN°02: **258952m³**

- **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)	3518.48	3501.00	(+)	(+)
Nombre de rayon (U)	3	2	(-)	(+)
Conformité des rayons	Conforme	Conforme	(+)	(+)
Pente et rampe	$P_{\min} = -5.85\%$ $P_{\max} = 0.901\%$	$P_{\min} = 0.00\%$ $P_{\max} = 0.26\%$	(+)	(+)
Pourcentage alignement droit (%)	54.21	48.15	(+)	(+)
Pourcentage courbe (%)	44.79	51.84	(+)	(+)
Déblais(m ³)	195560	166971	(-)	(+)
Remblais (m ³)	265320	258952	(-)	(+)
			5	8

D'après le tableau on constate que :

La variante N°02 est la plus avantageuse.

Chapitre : 04

LES RACCORDEMENTS PROGRESSIVES

IV-1- DEVERS

IV-2- COURBE DE RACCORDEMENT

4-1- 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

4-1-1- 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
- ✓ Paramètres 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.

4-1-2- 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 dévers minimal** :nécessaire à l'écoulement des eaux en courbes est identique à celui préconisé en alignement droit.
- **Le dévers 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 : Dévers en fonction de l'environnement

Devers	Environnement		
	Facile	moyen	Difficile
Devers Minimal			
Cat 1-2	2.5%	2.5%	2.5%
Cat 3-4-5	3%	3%	3%
Devers Maximal			
Cat1-2	7%	7%	7%
Cat3-4	8%	8%	7%
Cat 5	9%	9%	9%

4-1-3- Détermination des dévers aux rayons en plan :

Application à notre projet:

- **1^{er} cas :** Le rayon choisi : $R \geq R_{Hnd}$ \longrightarrow Le dévers associé « **d** » est celui de l'alignement droit.
- **2^{ème} cas :** Le rayon choisi: $R_{Hd} \leq R \leq R_{Hnd}$ \longrightarrow Le dévers associé est le dévers minimal de l'alignement droit.
- **3^{ème} cas:** Si $R_{Hn} \leq R \leq R_{Hd}$ \longrightarrow le dévers associé « **d** » est calculé par interpolation entre le dévers associé à R_{Hn} et celui associé à R_{Hd} .

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

4ème cas : Si $R_{Hm} < R < R_{HN}$ la route est déversée à l'intérieur du virage et « d » est calculé par interpolation linéaire en $1/R$.

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

Application au projet :

Calcul des dévers associés aux rayons:

Donc : $R_1 = R_2 = 1475\text{m}$

$R \geq R_{Hnd}$  Le dévers associé

« d » est celui de l'alignement droit ($d_{(R_1)} d_{(R_2)} = 2.5\%$).

4-2- 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.

4-2-1- 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 :

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).

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 desymétrique.

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 del'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.

4-2-2- Raccordement progressif :

4-2-2-1- 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 de chaussée en alignement droit au dévers de chaussée en arc de cercle. La courbe la plus utilisée est la clothoïde.

4-2-2-1- : Éléments d'une clothoïde :

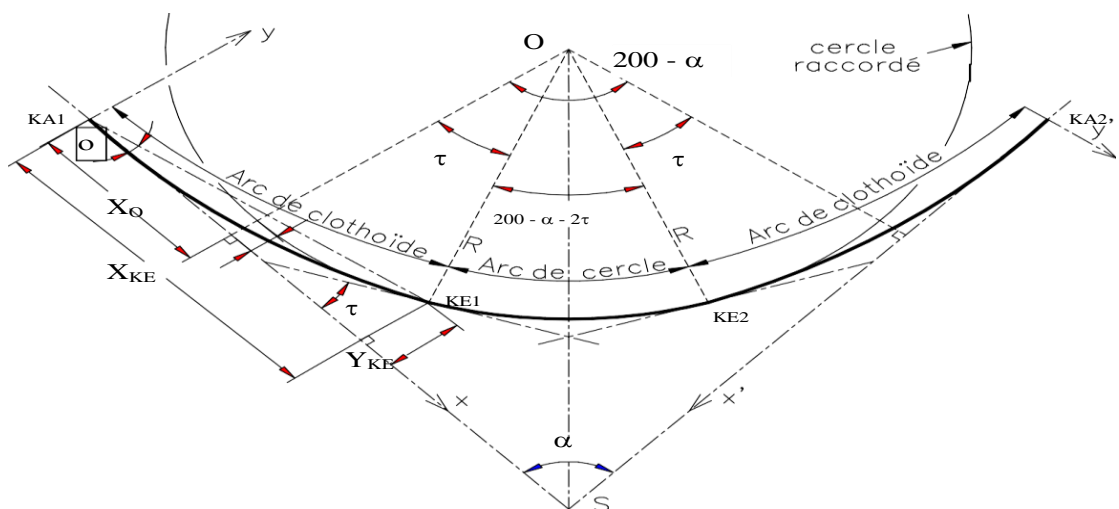


Figure IV-1 : éléments d'un clothoïde.

A. la Clothoïde:

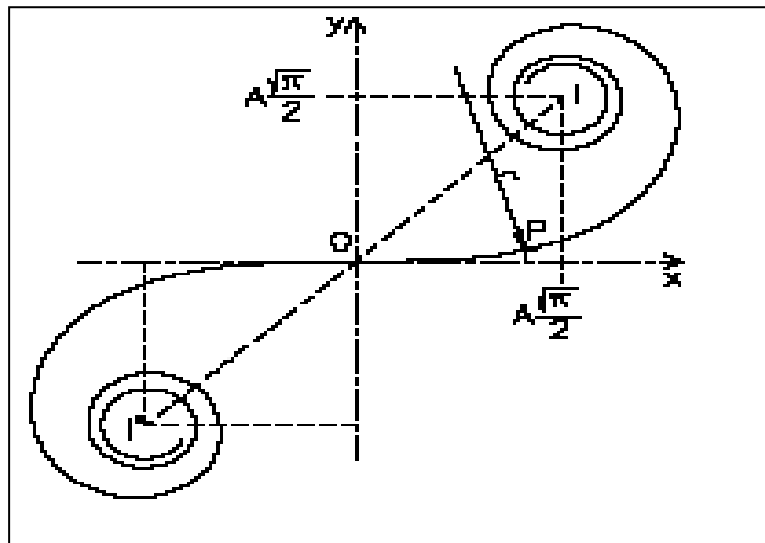


Figure IV-2 : Clothoïde

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

B. Longueur deraccords

La longueur des raccords 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 véhicule

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

B.2- La condition Optique :

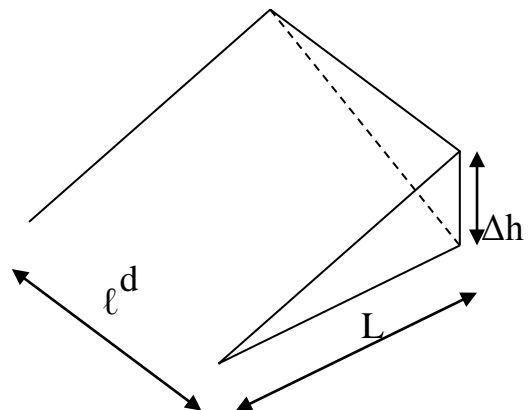
Cette condition a pour objet d'assurer aux usagers une vue satisfaisante de la route et de ses obstacles éventuels, et en particulier de rendre perceptible suffisamment à l'avance la courbure du tracé, de façon à obtenir la sécurité de conduite la plus grande possible.

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

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 enlong

$$L_3 \geq l.\Delta d.Vr$$

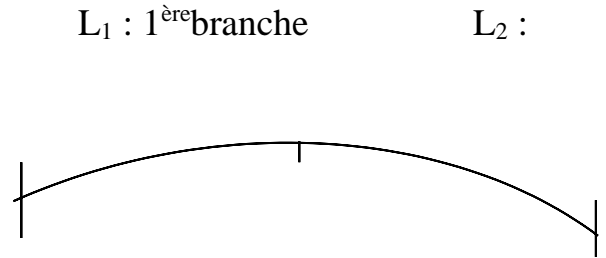


• **Vérification de non chevauchement:**

▪ **1^{er} cas:**

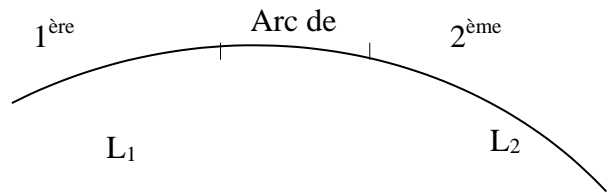
— $\tau = \frac{\beta}{2}$

➡ **Clothoïde sans arc de cercle.**



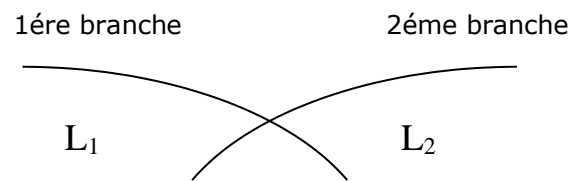
▪ **2^{ème} cas:** $\tau < \frac{\beta}{2}$

➡ **Clothoïde avec arc de cercle.**



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

➡ **Clothoïde impossible**



Application au projet:

- Vitesse de référence : $V_r=80$ km/h ; $d_{\max}=7.00\%$; $d_{\min}=-2.50\%$
- Rayon : $R=1475$ m ; $\Delta d=9.5\%$; $l=7.00$ m ; $\beta/2=13.941$ gr
 $\Delta R = 1$
- **Condition de confort dynamique:**

$$L_1 \geq \frac{V_r^2}{18} \left(\frac{V_r^2}{127R} - \Delta d \right) = L_1 \geq \frac{80^2}{18} \left(\frac{80^2}{127 \cdot 1475} - 0.095 \right)$$

$$L_1 \geq 21.63 \text{ m}$$

- **Condition Optique:**

$$L_2 \geq \sqrt{24 \cdot R \cdot \Delta R} \longrightarrow L_2 \geq \sqrt{(24 \cdot 1475)}$$

$$\longrightarrow L_2 \geq 188.15 \text{ m}$$

Condition gauchissement:

$$L_3 \geq l \cdot \Delta R \cdot V_r \longrightarrow$$

$$\longrightarrow L_3 \geq 7.0 \cdot 0.095 \cdot 80$$

$$L_3 \geq 66.50 \text{ m}$$

$$\longrightarrow L_3 \geq 53.2 \text{ m}$$

$$L_3 \geq 66.50 \text{ m}$$

Longueur de clothoïde:

$$L \geq \max (L_1 ; L_2 ; L_3)$$

$$\longrightarrow L \geq 188.15 \text{ m}$$

- **Paramètre de la clothoïde :**

$$A = \sqrt{R * L} \quad \Rightarrow \quad A = \sqrt{1475 * 188.15} \quad \Rightarrow \quad A = 526.20 \text{ m}$$

$$A/R = 526.20 / 1475 = 0.357 \quad \Rightarrow \quad \text{Condition vérifiée (B40)}$$

1- Angle des alignements droits :

$$\alpha = 200 - \beta = 200 - 27.882 = 172.118 \text{ gr}$$

2-Angle des tangentes:

$$\tau = \frac{L}{2R} = \frac{188.15}{2 * 1475} \quad \Rightarrow \quad \tau = 4 \text{ gr}$$

$$\beta/2 = 27.882 / 2 = 13.941 \text{ gr}$$

$$\tau = 4 \text{ gr} \leq \beta/2 = 13.941 \text{ gr} \quad \text{pas de chevauchement}$$

\Rightarrow il y a une clothoïde.

Angle au centre (partie circulaire) :

$$\gamma = 200 - \alpha - 2\tau = 200 - 172.118 - 2 * 4 = 19.882 \text{ gr}$$

Longueur de la partie circulaire D :

$$D = \pi * R * \gamma / 200 = \pi * 1475 * 19.882 / 200 = 460.65 \text{ m}$$

- **Abscisse de l'extrémité de la clothoïde :**

$$X_{KE} = L - \frac{L^3}{40 * R^4} = 188.15 - \frac{188.15^3}{40 * 1475^4} \quad \Rightarrow \quad X_{KE} = 188.15 \text{ m}$$

=

L

-

- **Ordonnée de l'extrémité de la clothoïde:**

$$Y_{KE} = \frac{L^2}{6 * R} = \frac{188.15^2}{6 * 1475} \quad \Rightarrow \quad Y_{KE} = 4.00$$

Angle polaire :

$$\sigma = \arctg \frac{Y_{KE}}{X_{KE}}$$



$$\arctg \frac{4.00}{188.15}$$

$$\sigma = 1.353$$

• B° Calcul de paramètres de la clothoïde:

Tableau IV-2 : Paramètres de clothoïde

Paramètre de la clothoïde		Virage 1	Virage 2
Rayon	R	1475m	1475m
Longueur de la clothoïde	L	188.15 m	188.15 m
Paramètre de la clothoïde	$A = \sqrt{\quad}$	526.20 m	256.20 m
angle au sommet	α	172.882gr	149.54gr
angle au centre	$\beta = 200 - \alpha$	27.882 gr	50.460 gr
angle des tangentes	$\tau = \frac{L}{2R}$	4 gr	4 gr
angle au centre Partie circulaire	$\gamma = 200 - \alpha - 2\tau$	19.118 gr	42.46gr
Abscisse de l'extrémité de la cloth.	$X_{KE} = L - \frac{L^3}{40^4 R}$	188.15m	188.15 m
Ordonnée de l'extrémité de la cloth.	$Y_{KE} = \frac{L^2}{6L}$	4.00 m	4.00 m
angle Polaire	$\sigma = \arctg \frac{Y_{KE}}{X_{KE}}$	1.353gr	1.353 gr
Longueur de la partie circulaire	$L_{cir} = \frac{\pi R \gamma}{200}$	442.949 m	983.766 m
longueur de la corde KA-KE	$SL = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2}$	188.192m	188.192 m
abscisse du centre	$X_O = X_{KE} - R \sin \tau$	95.53m	95.53 m
ordonnées du centre	$Y_O = Y_{KE} + R \cos \tau$	1476.08 m	1476.08 m
distance KA-centre	$K + \sqrt{X_O^2 + Y_O^2}$	1479.17 m	1479.17 m
Ripage	$\Delta R = \frac{L^2}{24R}$	1.00 m	1.00m
Développée totale	$DT = 2L + D_{cercle}$	836.95 m	836.95 m
Tangente courte	$TK = \frac{Y_{KE}}{\sin \tau}$	64.51 m	64.51 m
Tangente longue	$TL = X_{KE} - \frac{Y_{KE}}{\cos \tau}$	184.142 m	184.142 m

- **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**

$$R = 1475\text{m} \quad L = 188.15\text{m} \quad d(R) = 5\% \quad d_{\min} = 2,50\% \quad \Delta R = 1\%$$

- * **1ère branche de clothoïde :**

1° Devers du bord extérieur;

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

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

2° Devers extérieur

$$d_{ext} = \left\{ \frac{\Delta d}{L} * X \right\} - 2.5 =$$

$$P - (x = 0) \quad \longrightarrow \quad d_{ext} = \left(\frac{9.50}{188.15} \times 0 \right) - 2,5 = -2,5\%$$

$$P - (x = 10 \text{ m}) \quad \longrightarrow \quad d_{ext} = \left(\frac{9.50}{188.15} \times 10 \right) - 2,5 = -1.99 \%$$

✓ **Devers du bord intérieur**

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

$$\frac{6L}{\Delta d} = \frac{6 \times 188.15}{9.5} \quad \longrightarrow \quad \frac{6L}{\Delta d} = 118.83 \text{ m}$$

Donc à partir de cette distance 118.83 \longrightarrow $d_{int} =$
65

Chapitre : 05

PROFIL EN LONG

5-1- DEFINITION

5 -2- LIGNE PROJET

5 -3- COORDINATION DU TRACE EN PLAN ET DU
PROFIL EN LONG

5.1. Définition

* Le profil en long d'une route est une ligne continue obtenue par l'exécution d'une coupe longitudinale fictive, donc il exprime la variation de l'altitude de l'axe routier en fonction de l'abscisse curviligne.

- 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 du tracé et une bonne perception des points singuliers.
 - Le profil en long est toujours composé d'éléments de lignes droites raccordés par des paraboles

5 -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.
- ✓ Eviter 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
- ✓ Eviter d'introduire un point bas du profil en long dans une partie endéblais.
- ✓ 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.

5 -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 pentemax.).

Vrkm/h	40	60	80	100	120	140
I max %	8	7	6	5	4	4

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

- Vr = 80(Km/h)
- Catégorie01  déclivité maximale = **6%**
- Environnement E2

* Application au projet

La vitesse de base qu'on a retenue dans notre projet est 80Km/h, donc la déclivité maximale est de **6%**.

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 raccordements 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.

$$R = \frac{D_1^2}{2 \cdot (h_0 + h_1 + 2 \cdot \sqrt{h_0 \cdot h_1})}$$

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 $d_{(vr)}$

$$RVm = a \cdot d^2$$

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 80 Km/h

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

- Les rayons minimaux normaux sont obtenus par application de mêmes 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:

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

Tableau V-1 : Rayons convexes (Cat1, V80)

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**

$$\frac{Vr^2}{RVm'} = \frac{g}{40}$$

$$RVm' = 0.30 * Vr^2$$

$$RVm = \frac{d1^2}{0.35d1+1.5}$$

$$RVm (vr) = 0.3 * Vr^2 = 0.30*80^2 = \mathbf{1920m}$$

✓ **Rayon minimal normal**

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

$$RVn' = RVm (Vr + 20)$$

$$RVn = RVm (Vr + 20) = 0.30*(80+20) \quad RVn = \mathbf{3000m}$$

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

RAYON	SYMBOLE	VALEUR (m)
Min absolue	RVm	1920
Min normale	RVn	3000
Assurant d	RVd	20 000

Tableau V-2 : Rayons concaves (Cat1, V80)

5-3- 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.
- ✓ Eviter de donner au tracé un aspect trop brisé ou discontinu.

➤ **Calcul du raccordement parabolique;**

L'équation de la parabole est:

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

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

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

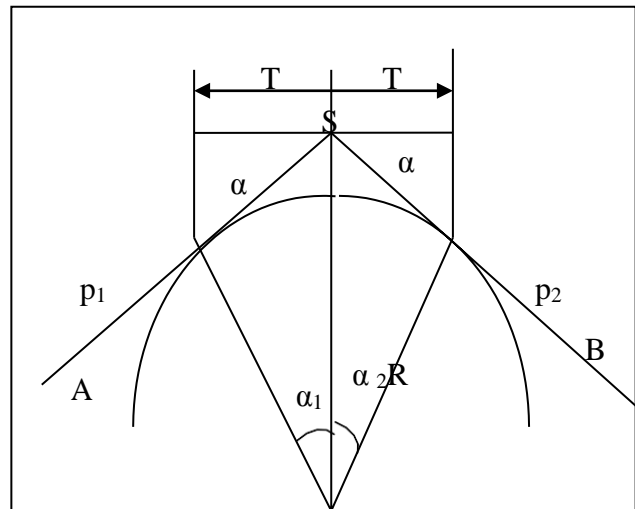
D'où $\alpha_1, \alpha_2 = 0 = p \cdot \cos\alpha_1$

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

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

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

Finalemment : $T = R \left| \frac{\Delta p}{2} \right|$



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

Chapitre : 06

CINÉMATIQUE

6-1- LES PARAMETRES CINEMATIQUES

6-1- LES PARAMETRES CINEMATQUES :

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

6.1-1- 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.

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{Vr^2}{(f_{rl} \mp e)}$$

Avec :

- Vr : vitesse de référence en Km/h.
- e : déclivité.
- f_{rl} : coefficient de frottement longitudinal qui dépend de la vitesse Vr

Vr (Km/h)	40	60	80	100	120	140	
f_{rl}	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	/

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

Pour notre projet on a : $f_{rl} = 0.39$

- **Application : Exemple de calcul**

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

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{Vr^2}{(f_{rl} \mp e)} \Rightarrow d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{(0.39)} = 65.64m$$

✓ **En rampe: e = +3.90%**

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{Vr^2}{(frl \mp e)} \quad \Rightarrow \quad d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{(0.39+0.039)} = \mathbf{59.39m}$$

✓ **Empente : e = -3.01%**

$$d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{Vr^2}{(frl \mp e)} \quad d_0 = \frac{4}{1000} \times \frac{80^2}{(0.39-0.0301)} = \mathbf{71.13m}$$

6.1-2- 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 = 2s** pour des vitesses < 100Km/h
- **t = 1.8 s** pour des vitesses ≥ 100Km/h

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

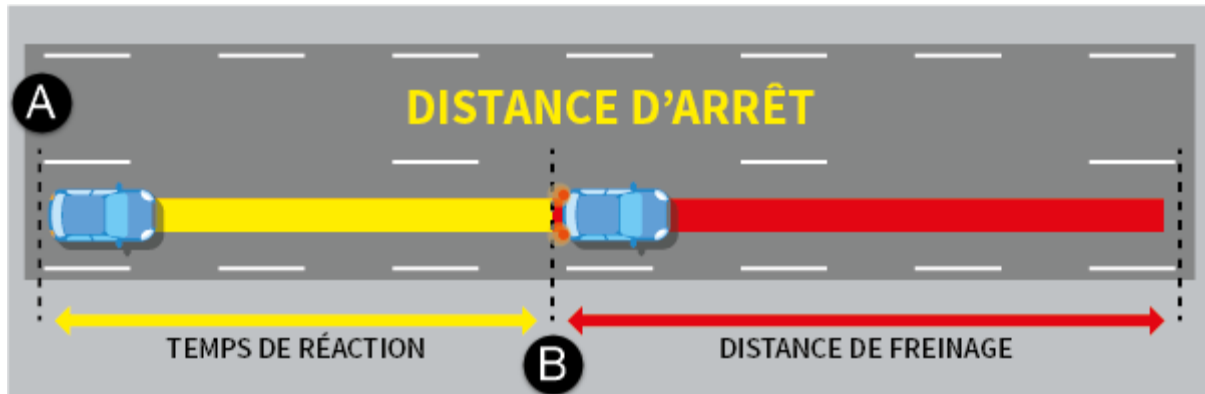
$$d_1 = v \times t \quad \text{Avec :} \quad v : \text{vitesse en m/s} \quad t : \text{temps en seconde}$$

6.1-3- 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 :** $V_r = 80$ Km/h $t = 2$ s

$$\Rightarrow d = d_0 + 0.55 V_r$$

En palier: $d = 66.64 + (0.55 \times 80) = 110.64$ m

En rampe: $d = 59.67 + (0.55 \times 80) = 103.67$ m

En pente: $d = 71.13 + (0.55 \times 80) = 115.13$ 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 $V_r < 100$ 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 : $d = 1.25 \times d_0 + 0.50 \times V_r$

Application : $V_r = 80 \text{ km/h}$ $t = 2 \text{ s}$: $d = 1.25 \times d_0 + 0.55 \times V_r$

En palier: $d = 1.25 \times 66.64 + 0.55 \times 80 = \mathbf{127.30 \text{ m}}$

En rampe: $d = 1.25 \times 59.67 + 0.55 \times 80 = \mathbf{118.59 \text{ m}}$

En pente: $d = 1.25 \times 71.13 + 0.55 \times 80 = \mathbf{132.91 \text{ m}}$

6-1-4- 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 a distance parcourue en 6s.

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

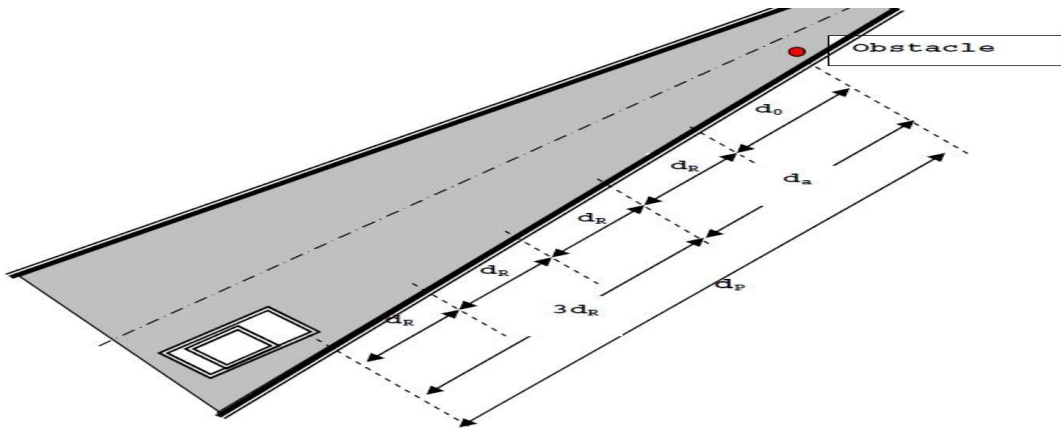


Figure VI-2 : Distance de perception

Application :

En alignement droit:

En palier : $d_p = 110.64 \times \frac{6}{3.6} \times 80 = 243.97\text{m}$

En rampe : $d_p = 103.67 \times \frac{6}{3.6} \times 80 = 237.00\text{m}$

En pente : $d_p = 115.13 \times \frac{6}{3.6} \times 80 = 248.46\text{m}$

En courbe:

En palier : $dp = 127.30 \times \frac{6}{3.6} \times 80 = 260.63m$

En rampe : $dp = 118.59 \times \frac{6}{3.6} \times 80 = 251.92m$

En pente : $dp = 132.91 \times \frac{6}{3.6} \times 80 = 266.24m$

6-1-5- 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 : **$d'2 = d2 + v \times t'+l$**

$d2$: distance parcourue pendant temps de perception et de réaction du premier véhicule.

l : longueur moyenne d'un véhicule.

En général, on prend $t' = 0.75$ s

En pratique, on prend $t = 3$ s

Distance de sécurité sera donc : $d'2 = d' + v \times (t + t') + l$ (t en s et v en m/s)

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

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

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 Ts égale à 1,2 secondes.

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

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

- **1er Cas:**

$E_s = \frac{80}{5} + 1 = 17\text{m}$

- **2ème Cas:**

$E_s = \frac{80}{3} = 26.67 \text{ m}$

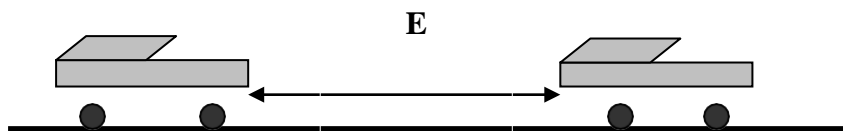


Figure VI-3 : Espacement entre deux véhicules

6.1-6- Manœuvre de dépassement:

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

Vr(km/h) Distance(m)	40	60	80	100	120	140
Dvdm	4v 160	4v 240	4v 320	4.2v 420	4.6v 550	5v 700
Dvdn	6v 240	6v 360	6v 480	6.2v 620	6.6v 790	7v 980
Dmd	70	120	200	300	245	/

Tableaux 31: valeur de dvd et dmd en fonction de la vitesse.

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

➤ **Application :**

Vr = 80Km/h

dvdm = 320m

dvdn = 480m

dmd = 200 m

- **Tableau récapitulatif des paramètres fondamentaux:**

Tableau VI-3 : Paramètres fondamentaux

Paramètres	Symbole	Valeur
Devers minimal (%)	d_{\min}	2,50
Devers maximal (%)	d_{\max}	7,00
Temps de perception réaction (s)	t_1	2.00
Frottement longitudinal	f_L	0,39
Frottement transversal	f_t	0,13
Distance de freinage en alignement droit (m)	d_0	65.64
Distance d'arrêt (m)	d_1	63.64
Distance de freinage en courbe (m)	d'_1	127.00
Distance de visibilité de dépassement minimale (m)	$dvdm$	320.00
Distance de visibilité de dépassement normale (m)	$dvdn$	480.00
Distance de visibilité de manœuvre de dépassement (m)	dmd	200.00
RHm (m) (dévers associe %)	RHm	250.00 (7%)
RHn (m) (dévers associe %)	RHn	450.00 (5%)
RHd (m) (dévers associe %)	RHd	1000,00 (2,5%)
RHnd (m) (dévers associe %)	RHnd	1400,00 (-2,5%)

CHAPITRE : 07

PROFIL EN TRAVERS ET CUBATURES

7 -1- INTRODUCTION

7 .2- PROFIL EN TRAVERS TYPE

7 -3- éléments du profil en travers

7-4- DIMENSIONNEMENT DU CORPS DE CHAUSSEE VII

7-5-PRINCIPE DE LA CONSTITUTION DES CHAUSSEES

7-6-LES PRINCIPALES METHODES DE DIMENSIONNEMENT

7-7-CUBATURES

7.1. Introduction

Le profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe de la route projetée.

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....).

7 .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

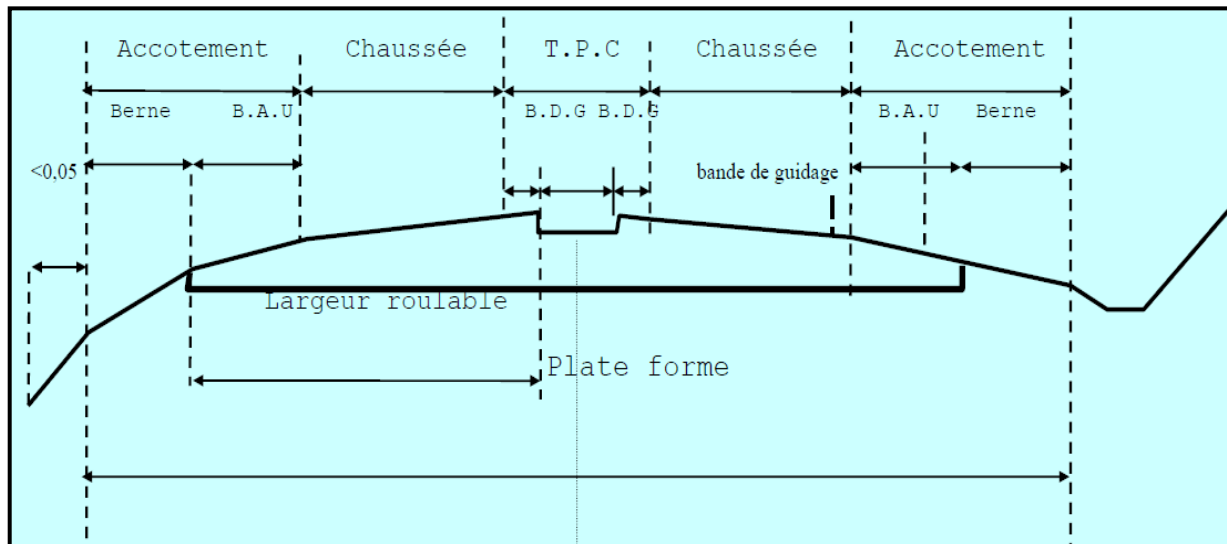
- Un profil en alignement droit en déblai.
- Un profil en alignement droit en remblai.
- Un profil en alignement droit mixte.
- Un profil déversé en remblai.

- Un profil déversé en déblai.
- Un profil mixte déversé.

7.3 éléments du profil en travers

Le profil en travers se constitue des éléments suivants :

Figure VII-1: Les éléments d'une route



La chaussée: désigne la partie de la voie publique aménagée pour la circulation des véhicules en général. La largeur maximale des véhicules étant de 2,50 m, cette largeur constitue un minimum pour celle des voies.

La largeur roulable: Elle comprend les surlargeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt.

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

L'assiette: C'est la surface de la route délimitée par les terrassements.

L'emprise: C'est la surface du terrain naturel affectée à la route et à ses dépendances (talus, Chemins de désenclavement, exutoires, etc....) limitée par 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.

Terre-plein central : Il s'étend entre les limites géométriques intérieures des chaussées. il comprend :

- ▶ Les surlargeurs de chaussée (bande de guidage)
- ▶ Une partie centrale engazonnée, stabilisée ou revêtue

La berme : Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements (barrières de sécurité, signalisations..). Sa largeur qui dépend tout de l'espace nécessaire au fonctionnement du type de barrière de sécurité à mettre en place.

Le fossé : C'est un ouvrage hydraulique destiné à recevoir les eaux de ruissellement provenant de la route et des 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 : **$2 \times (2 \times 3,5) = 14,00\text{m}$**
- 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 : **2.00m.**

Fossé trapézoïdal de dimensions : **0,50m x 0,50m x 0,50m**

7-4- 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 passe d'abord par une bonne connaissance du sol support et un choix judicieux des matériaux à réaliser.

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

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

7 -5-PRINCIPE DE LA CONSTITUTION DES CHAUSSEES :

La chaussée est essentiellement un ouvrage de répartition des charges roulantes sur le terrain de fondation. Pour que le roulage s'effectue rapidement, sûrement et sans usure exagérée 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 sur un jumelage isolé est de 65 KN (6.5 tonnes) soit un essieu standard de 130 KN (13 T).

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

- **Des intempéries:**

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

- **Des efforts tangentiels**

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

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

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

7 -5-1-La chaussée :

7 .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 de façon à permettre la reprise des charges:

1- Couche de surface

Elle composée de la couche de roulement et la couche de liaison et elle est en contact direct 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.

2- Couche de base:

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

3- Couche de fondation:

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

4- 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 porteur (argileux à teneur en eau élevée) : Elle assure une portance suffisante 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 terme apporté par la couche de forme dans le dimensionnement et l'optimisation des structures de chaussées.

7 .5.1-2- Les différentes catégories de chaussée :

Il existe deux catégories de chaussées:

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

Structures de chaussée

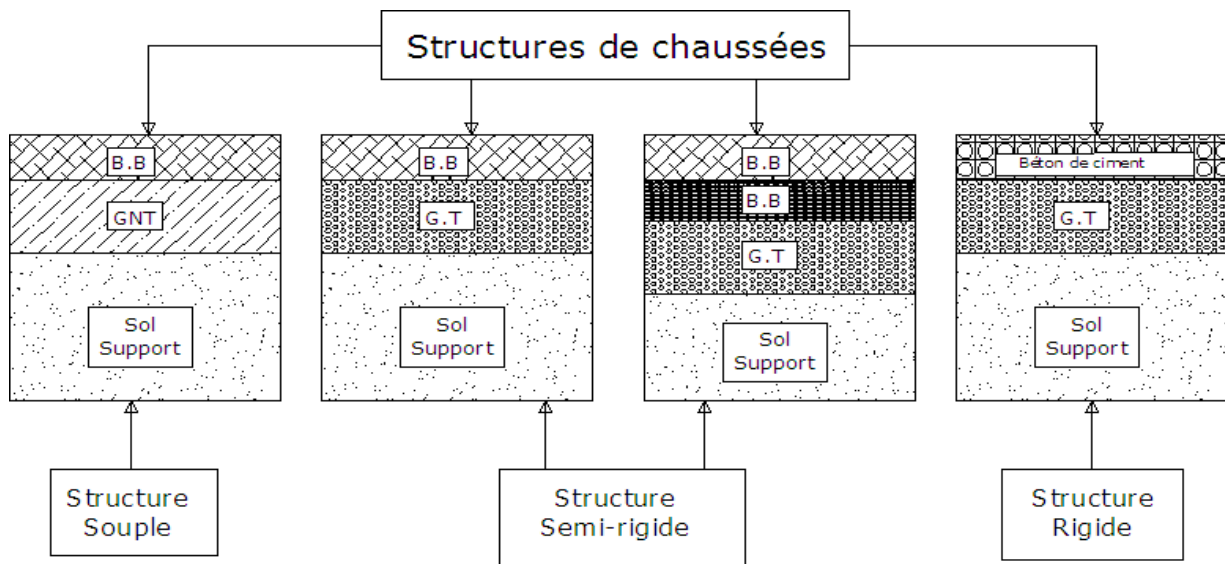


Figure VII-2 : les différentes catégories de chaussée

BB :béton bitumineux ; **GB** : grave bitume.

GT :grave traité ; **G.N.T** : grave nontrait.

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 dimensionnement avec une application au projet.

7-6-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.

7-6-1- 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:

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

Avec:

e: épaisseur équivalente.

I: indice CBR (sol support).

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

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

Log: logarithme décimal.

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante:

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

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 utilises	Coefficient d'équivalence
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment – grave laitier	1.50
Grave bitumen	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

7-6-2- 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 paressai.
- ✓ L'influence des charges et de leur répétition.

7-6-3- 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 institue.

7-6-4- 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 15^{ème} année T_j .
- Les caractéristiques de sol (S_j).

7.6.4.1-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:

Classe de trafic	Trafic poids lourds cumulé sur 20 ans
T ₁	$T < 7.3 \cdot 10^5$
T ₂	$7.3 \cdot 10^5 < T < 2 \cdot 10^6$
T ₃	$2 \cdot 10^6 < T < 7.3 \cdot 10^6$
T ₄	$7.3 \cdot 10^6 < T < 4 \cdot 10^7$
T ₅	$T > 4 \cdot 10^7$

Tableau VII-2 : Classe de trafic.

Le trafic cumulé est donné par la formule

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

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

7.6.4.2- 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 maximale correspondante. Après immersion de quatre jours, le classement sera fait en respectant les seuils suivants :

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

Tableau VII-3: Classe de sol

7-6-5- 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} , I_{CBR}) 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

7-6-6- 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 méthode rationnelle qui se base sur deux approches :

- Approche théorique.
- Approche empirique.

7-6-6-1- La démarche du catalogue :

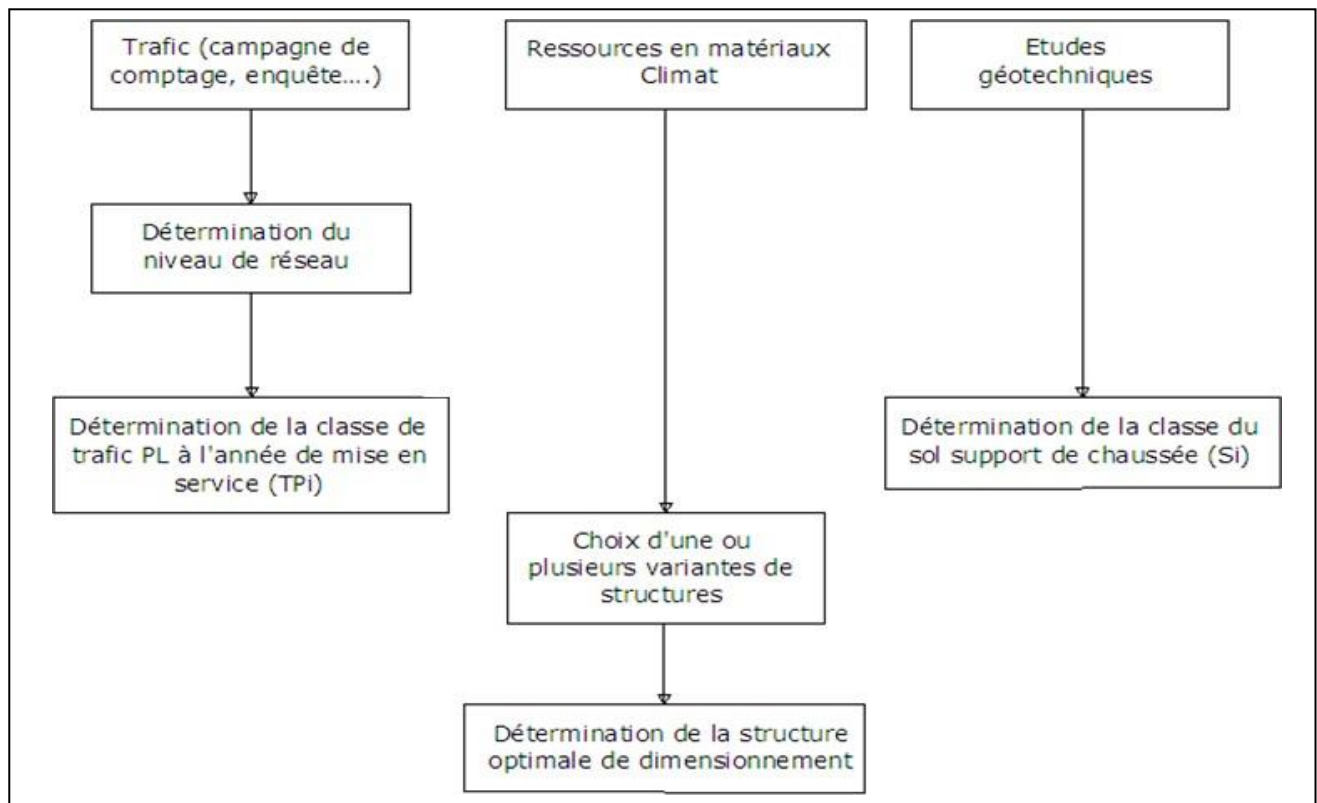


Figure VII-3 : démarche du catalogue

Application au projet:

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

$T_{JMA_{201}} = 7000 \text{ v/j}$ avec un poids lourd de 30%

$$T_0 = (T_{JMA_{201}} \times \%pl) \quad \Rightarrow \quad T_0 = (7000 \times 0,3) = \mathbf{2100 \text{ pl/j/sens.}}$$

$$T_1 = (1 + \tau)^3 \times T_0 \quad \Rightarrow \quad T_1 = (1 + 0.04)^3 \times 2100 = \mathbf{2362 \text{ pl/j/sens}}$$

$$T_n = (1 + \tau)^n \times T_1 \quad \Rightarrow \quad T_n = (1 + 0.04)^{20} \times 2362 = \mathbf{5175 \text{ pl/j/sens}}$$

$$E = \frac{100 + (\sqrt{p})(75 + 50 \log_{10} \frac{N}{10})}{I_{CBR} + 5} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{100 + (\sqrt{6.5})(75 + 50 \log_{10} \frac{5175}{10})}{I_{CBR} + 5}$$

$$\Rightarrow \quad E = 46 \text{ cm}$$

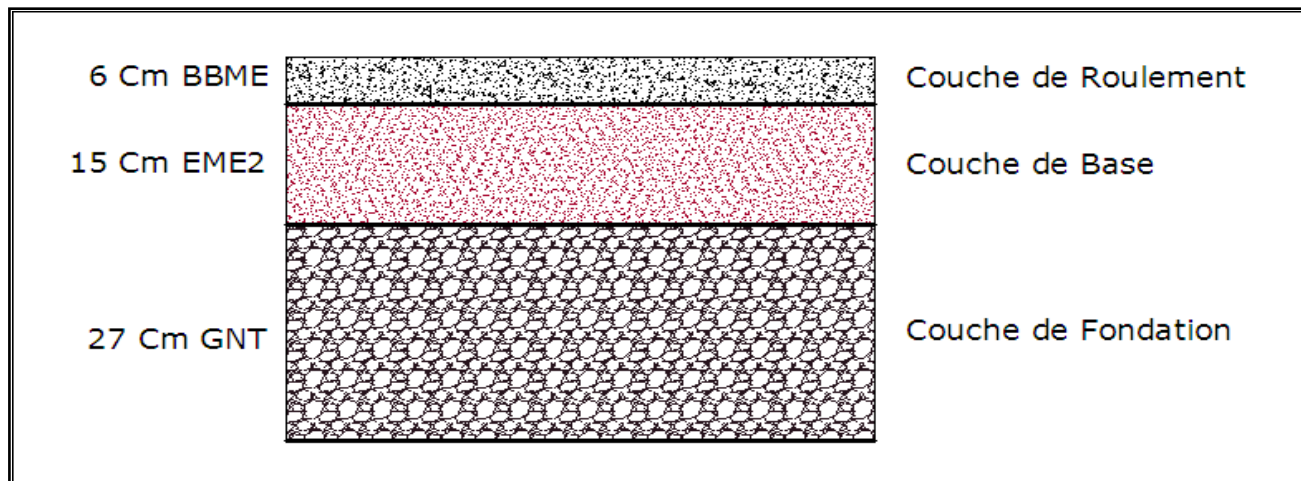
On a: $E_{eq} = a_1 \times e_1 + a_2 \times e_2 + a_3 \times e_3$

Couches	Épaisseur réelle (cm)	Coefficient d'équivalence (a_i)	Épaisseur équivalente (cm)
BBME	6,00	2,00	12,00
EME	15,00	1,20	18.00
Grave (GNT)	25,00	0,75	16.50
TOTAL	46.00		46.5

Tableau VII-4 : Epaisseur du corps de chaussée

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.

7-7- CUBATURE :

7-7-1- 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 enlong.
- ✓ Des profils entravers.
- ✓ Des distances entre ces profils.

7-7-2- 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 une marge 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 et de calculer le volume compris entre deux profils successifs par la formule suivant

$$V = \frac{h}{6} * (S_1 + S_2 + 4S_0)$$

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.

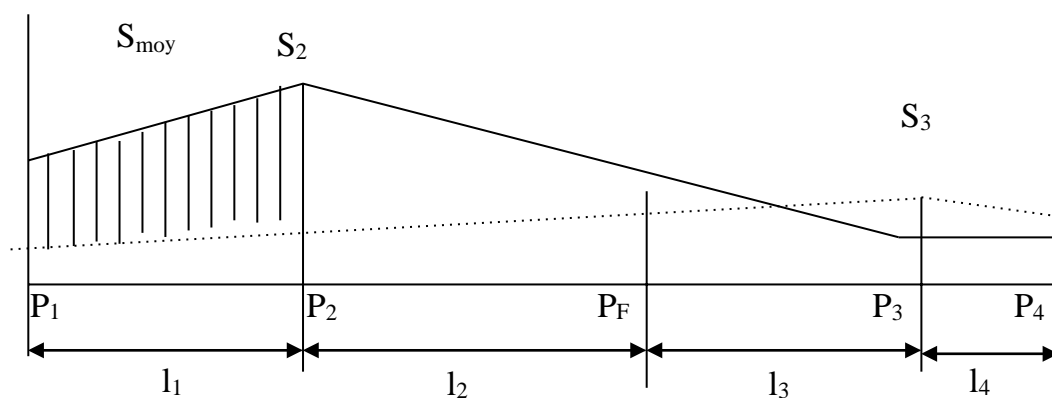


Figure VII-5 : Surfaces de cubature

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

égale à :

$$V_1 = \frac{L_1}{6} * (S_1 + S_2 + 4S_{moy})$$

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

$$\text{D'ou : } V_1 = L_1 * \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right)$$

$$\text{Entre } P_1 \text{ et } P_2 : V_1 = L_1 \times \frac{(S_1 + S_2)}{2}$$

$$\text{Entre } P_2 \text{ et } P_F : V_2 = L_2 \times \frac{(S_2 + 0)}{2}$$

$$\text{Entre } P_F \text{ et } P_3 : V_3 = L_3 \times \frac{(0 + S_3)}{2}$$

Le volume total V :

$$\left(\frac{L_1}{2} \right) \times S_1 + \left(\frac{L_1 + L_2}{2} \right) \times S_2 + \left(\frac{L_2 + L_3}{2} \right) \times 0 + \left(\frac{L_3 + L_4}{2} \right) \times S_3 + \left(\frac{L_4}{2} \right) \times S_4$$

Poure le calcul des coubatures , on a utilisé le logiciel COVADIS

Chapitre : 08

ASSAINISSEMENT

IX-1- INTRODUCTION.

IX -2- OBJECTIF DE L'ASSAINISSEMENT.

IX-3- DEFINITIONS.

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

8-1- 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 plates-formes 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'usager (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 provoquer par les eaux sont engendrés 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.

8 -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 plateforme (danger de diminution de l'importance de celle-ci et effet de gel).

8-3- 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, décentes)

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 les 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 nécessités 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 30 m 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 da lots:**

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

8-4- METHODES THEORIQUE DE CALCUL POUR DIMENSIONNER UN FOSSE :

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/henl/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 8-1 : Coefficient de ruissellement

Type de chaussée	Coefficient 'C'	Valeurs prises
Chaussée revêtue en enrobe	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**

$$P_j = \frac{P_{jmoy}}{\sqrt{C_v^2 + 1}} \times \exp(u \times \sqrt{\ln(C_v^2 + 1)})$$

- **P_{jmoy}**: 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 10ans.
- ✓ Les ponceaux (dalots) seront dimensionnés pour une période de retour 50ans.
- ✓ Les ponts dimensionnées pour une période de retour 100ans.

• **Calcul de fréquence d'averse:**

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

$$P_j(\%) = P_j(\%) \left(\frac{t_c}{24}\right)^b$$

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 de concentration. Dépendant des caractéristiques du bassin drainé, le temps de concentration est estimé respectivement d'après Ventura, Passini, Giadotti, comme suit :

- **La formule de VENTURA:**

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

- **La formule de PASSINI**

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

- **La formule de GIADOTTI**

Lorsque $25 \text{ km}^2 \leq A < 200\text{km}^2$  $t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H}}$

- **T_c** : Temps de concentration(heure).
- **A** : Superficie du bassin versant(km^2).
- **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 :

$$It = \mathbf{I} \left(\frac{t_c}{24} \right) B$$

Avec :

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

$$B = b - 1 = 0.42 - 1 = -0.58$$

$$\mathbf{I} = \frac{pJ}{24}$$

- **Calcul de débit de saturation(Qs)**

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

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

- **K_{st}**: coefficient de rugosité
- **K_{st}**: 30 en terre
- **K_{st}**: 40 en buses métalliques.
- **K_{st}**: 50 en maçonneries.
- **K_{st}** : 70 en bétons (dalots).
- **K_{st}**: 75 en bétons (buses préfabriquées).
- **I** : pente longitudinale de l'ouvrage.
- **R_H**: Rayon hydraulique = (surface mouillée / périmètre mouillée).
- **S** : surface mouillée(m²).

Chapitre : 09

SIGNALISATION

9- LA SIGNALISATION ROUTIERE.

9 -1- INTRODUCTION.

9-2- L'OBJET DE LA SIGNALISATION ROUTIERE.

9-3- CATEGORIES DE SIGNALISATION.

9-4- REGLES A RESPECTER POUR LA
SIGNALISATION.

9-5- TYPES DE SIGNALISATION.

9-6- CARACTERISTIQUES GENERALES DES
MARQUES.

9_LA SIGNALISATION ROUTIERE :

9-1- 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.

9-2- 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.

9-3- 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.

9-4- REGLES A RESPECTER POUR LA SIGNALISATION :

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

Uniformité:

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

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.

Simplicité :

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

Continuité:

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

Cohérence:

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

Concentration et visibilité:

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

Pose correcte:

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

9-5- TYPES DE SIGNALISATION :

9-5-1- 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.

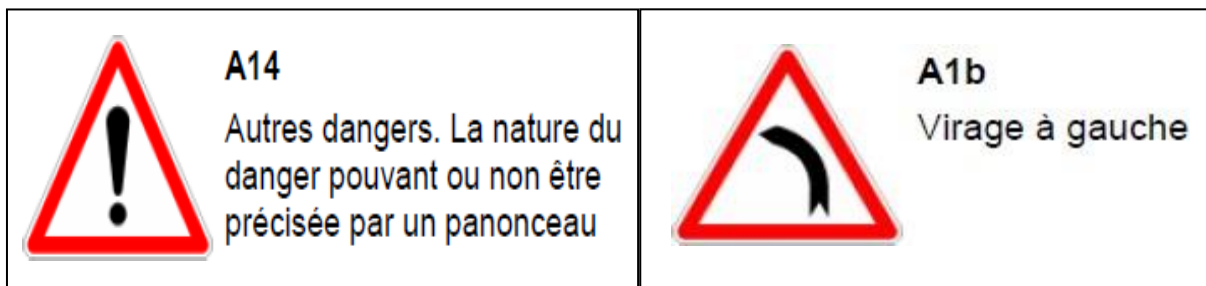


Figure X-1 : Signaux de danger

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.

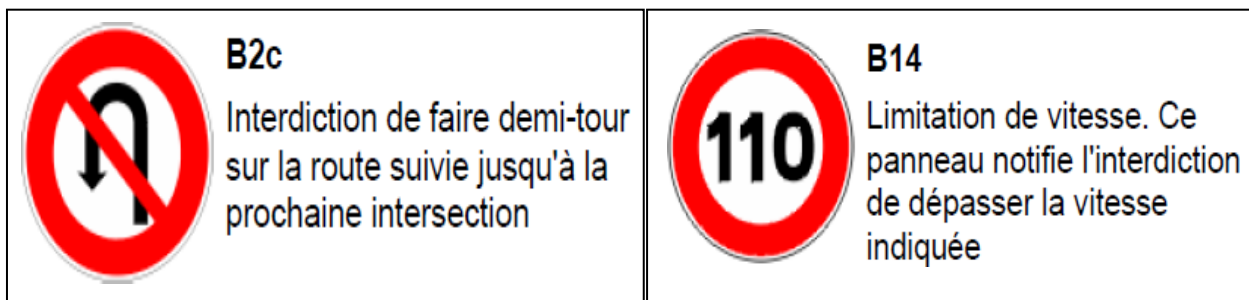


Figure X-2 : Signaux d'Interdiction

♦ **L'obligation:**

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

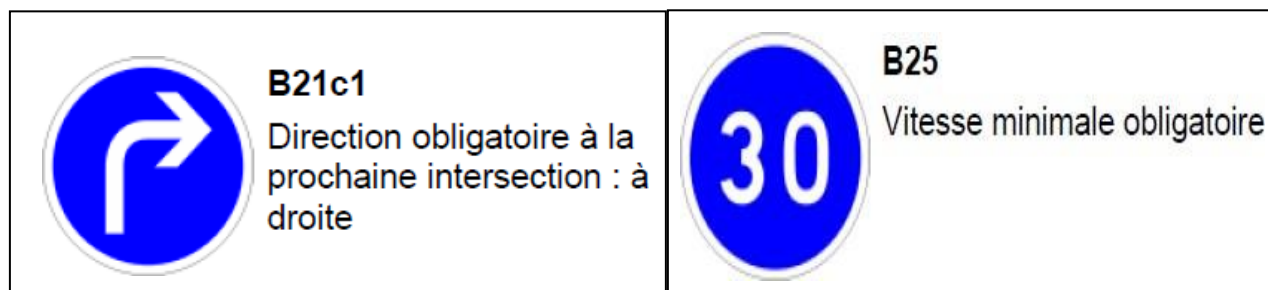


Figure X-3 : Signaux d'Obligation

♦ **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.

2) 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.

9-5-2- 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 du trait 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 périodique de 13 m. leurs caractéristiques sont données par le tableau suivant :

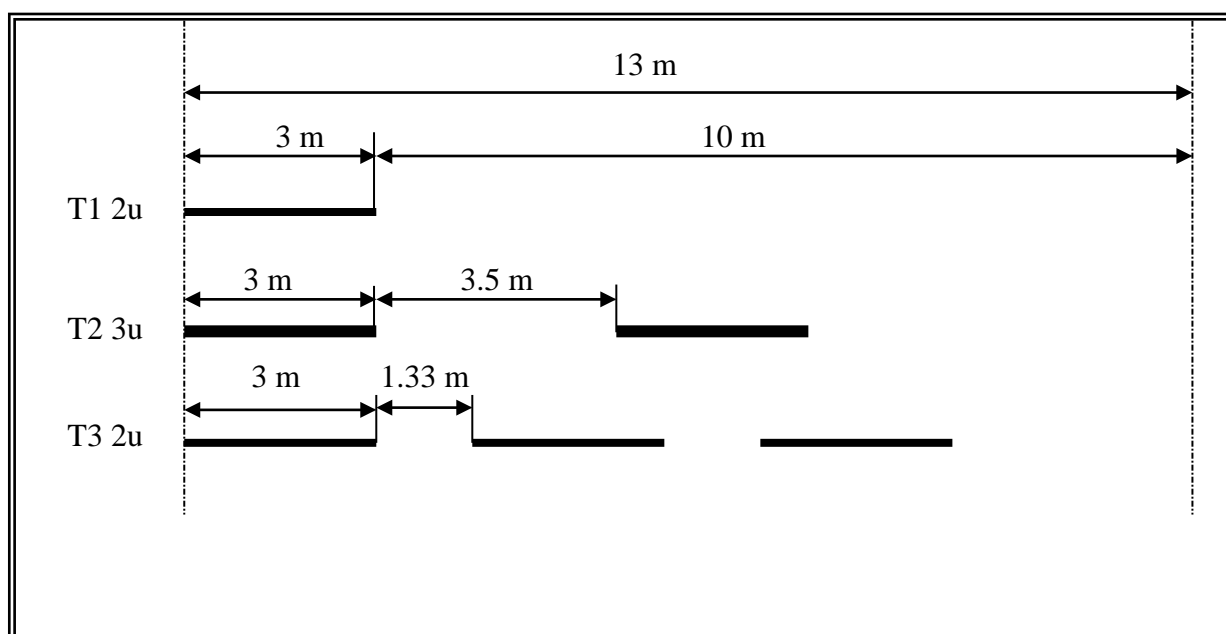


Figure X-4 : Types de modulation de lignes discontinues

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

Tableau X-1: Caractéristiques des lignes discontinu

A_MARQUAGE 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.

B_AUTRES MARQUAGES:

- ◆ **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.

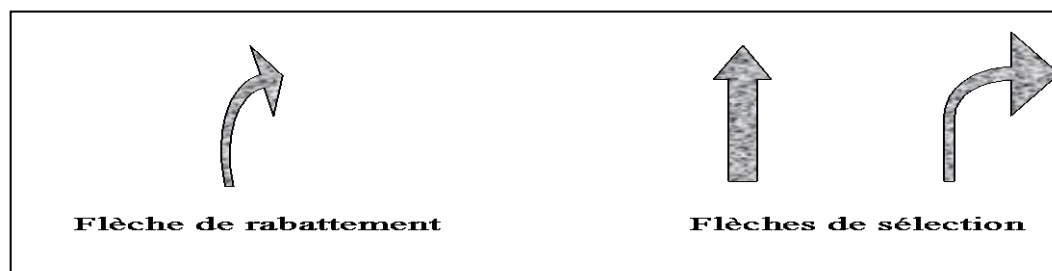


Figure 9-5 : Flèche de Signalisation

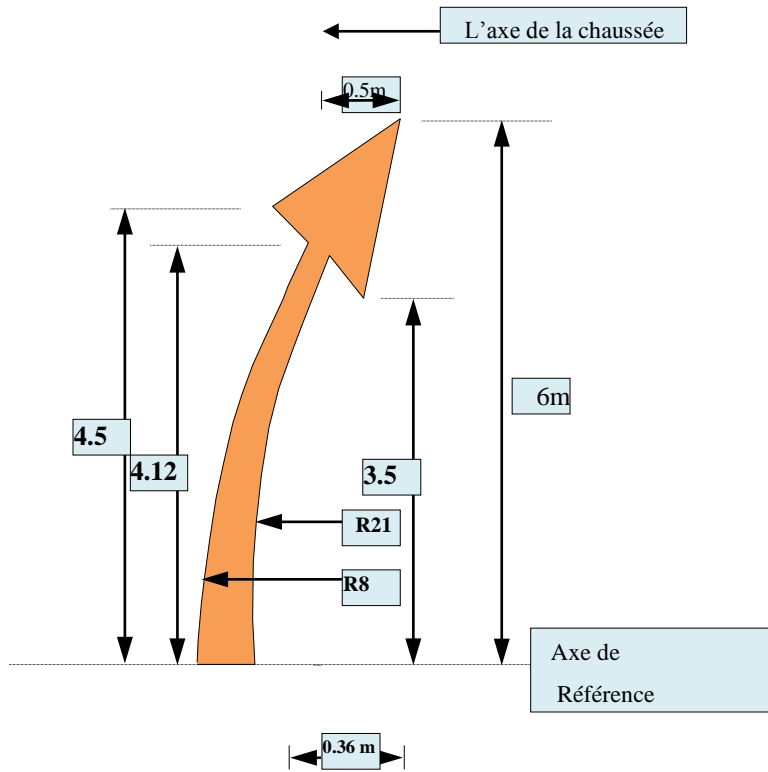


Figure 9-6 : Flèche de Signalisation

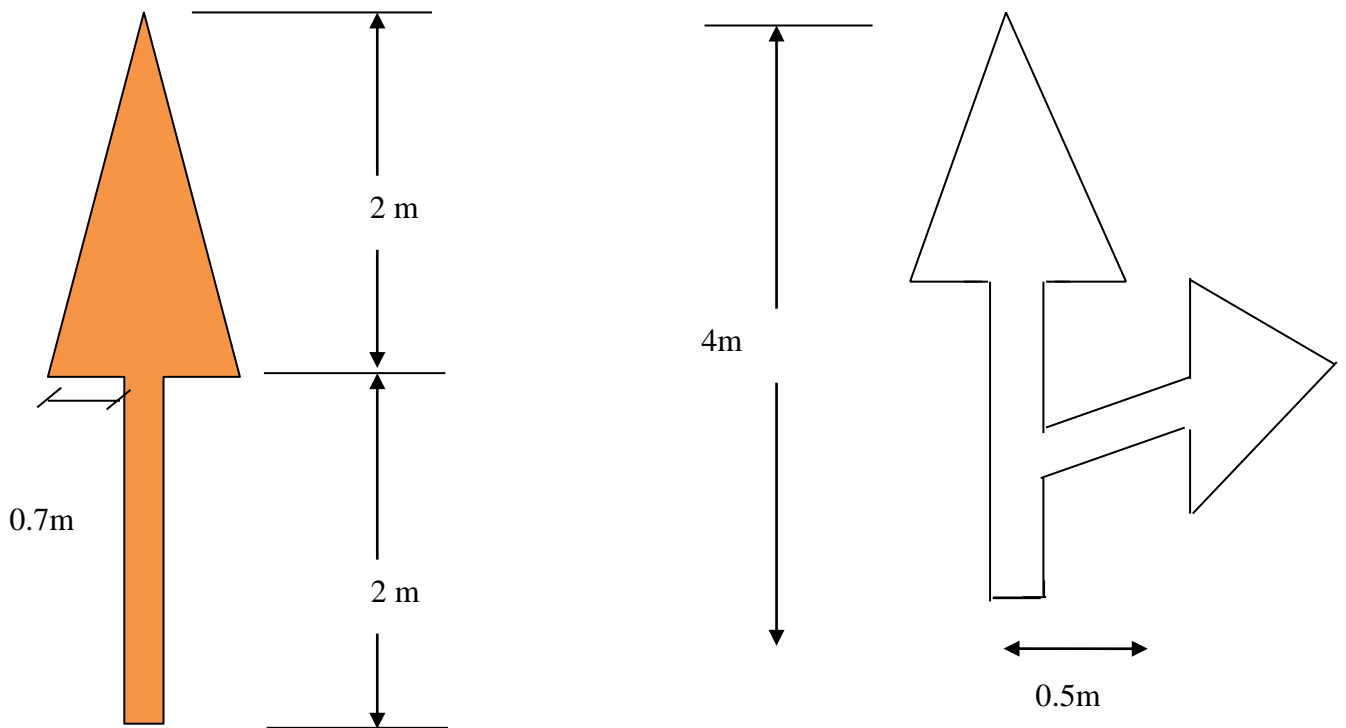


Figure 9-7 : Flèche de Selection

9-6- 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 » différente suivant 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 : 10

IMPACTS L'ENVIRONNEMENT

10-1- INTRODUCTION.

10-2- CONTEXTE ET RAISON D'ETRE DU PROJET

10-3- ANALYSE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX
METHODOLOGIES

10-4- MESURES D'INSERTION ET D'ATTENUATION
PROPOSEES

10-5- CONCLUSION

10-1- INTRODUCTION :

Ce projet est assujéti à l'évaluation des impacts sur l'environnement afin d'assurer son 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 la pénétrante et comporte la description de l'état initial et l'identification des différentes contraintes 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 en long, et le profil en travers type.
- L'analyse des impacts environnementaux : leurs activités, leurs sources, et leurs évaluations.
- Et une conclusion résumant les impacts et des Activités génératrices des impacts appréhendés, les Sources d'impacts et valeur environnementales des éléments du milieu, et évaluation des impacts environnementaux.

10-2- CONTEXTE ET RAISON D'ETRE DU PROJET :

10-2-1- 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, générée 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, la RN11.

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.

10-2-2- la démarche de L'ÉTUDE :

L'étude d'impact sur l'environnement 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.

10-2-3- 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.

9-3- ANALYSE DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX METHODOLOGIES

10-3-1- 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.

10-3-2- 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 débonification;
- l'intensité de l'impact (qui est fonction des deux paramètres précités);
- la durée;
- la mise en œuvre éventuelle de mesures d'atténuation.

10-4- MESURES D'INSERTION ET D'ATTENUATION PROPOSEES :

10-4-1- 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 et habitats 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 récréo- touristiques, de même qu'aux terres en culture durant lestravaux.

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 antibruit).

❖ **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 embrunssalins.

10-4-2- 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.

10-4-3- 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 prévus.

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 telles

que :

- 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 autorisés.

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 : 11

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF (DQE)

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix Unitaire (DA)	Montant (DA)
Installation et repliement de chantier	FT	FT	FT	FT
DEGAGEMENTS				
Débroussaillage, Evacuation de blocs rocheux et nettoyage de l'emprise	HA	13,26	943840	12 515 318,40
TERRE VEGETALE				
Décapage de terre végétale	m ³	26523	250	6 630 750,00
DEBLAIS MIS EN REMBLAI				
Déblais meuble mis en remblai	m ³	117316	850	99 718 770,00
DEBLAIS MIS EN DEPOT				
Déblais meuble mis en dépôt	m ³	78211	550	43 015 940,00
REMBLAIS				
Remblais en provenance d'Emprunt	m ³	149919	900	134 926 920,00
ASSAINISSEMENT, RESEAUX ET PROTECTION HYDRAULIQUE:				
fossés trapézoïdale non revêtu de type A	ml	3000	700	2 100 000,00
Bétonnage de fossé type A	ml	3000	6700	20 100 000,00
Cunette triangulaire dissymétrique en béton armée	ml	1510	5700	8 607 000,00
TUYAUX CIRCULAIRES EN BETON SERIE 135A				
Diamètre 2000mm	ml	52	69935	3 636 620,00
CHAUSSEE:				
Grave non traité (GNT A0/31,5)	m ³	22804	3000	68 412 000,00
Enrobé à module élevé(EME2)	Tonne	27791	7000	194 533 920,00
Couche de roulement en béton bitumineux module élevé (BBME 0/14)	Tonne	10893	7400	80 605 980,00
Couche d'imprégnation	m ²	73499	100	7 349 900,00
Couche d'accrochage	m ²	146998	90	13 229 820,00
DISPOSITIF DE RETENU EN BETON:				
Barriere en béton extrudé de type GBA	ml	7000	6600	46 200 000,00
Barriere en béton extrudé de type DBA	ml	3500	7500	26 250 000,00
SIGNALISATION HORIZONTALE:				
SIGNALISATION HORIZONTALE	ml	28000	590	16 520 000,00
			Montant HT	784 352 938,40
			TVA 19%	149 027 058,30
			Montant TTC	933 379 996,70

Tableau XIII-1 : Devis Quantitatif et Estimatif (DQE)

CHAPITRE : 12

CONCLUSION

12- CONCLUSION :

Le programme de relance économique visant le développement durable du pays accorde une place importante et un grand intérêt au domaine des travaux publics, en prêtant attention à l'amélioration et au développement d'infrastructures de qualité, qui permettent d'offrir les meilleurs services aux usagers de l'autoroute qui répondent à l'offre et à la demande dans le domaine du transport.

Sachant que notre pays souffre énormément des problèmes de circulation, ce programme vient insuffler un nouveau souffle à notre économie, à travers le développement et la réalisation de nombreux projets importants, notamment dans le domaine des travaux publics. L'un de ces projets de développement est la construction d'une route révolutionnaire reliant Khemis Miliana à l'autoroute Est-Ouest, qui est en soi une infrastructure majeure qui contribue au développement de notre économie

Du point de vue de la sécurité routière :

Faciliter la congestion du trafic et réduire autant que possible le taux d'accidents (sens à sens unique ; avec de grands rayons)

Enfin nous précisons que pour notre étude nous avons respecté toutes les normes routières que nous ne pouvons ignorer en évitant les contraintes aux quelles nous sommes confrontés sur le terrain et en tenant compte du confort et de la sécurité des usagers ainsi que de l'économie et de l'environnement. . Ce projet routier nous a permis d'exprimer et d'appliquer les connaissances acquises

BIBLIOGRAPHIE

- ✓ Normes techniques d'aménagement des routes « B40
 - Les cours de routes d'université de Mostaganem (Mr. BOUHAMMOU ,Mr TALIA)
 - Ancienne mémoire de fin d'étude (Encadré par Mr CHERIF Mourad promotions précédentes)
 - EYROLLS topographie.
 - Logiciel COVADIS.
 - Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves.
 - Signalisation routière.