République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المـــدرســـة الوطنيـــة العليـــا للأشغـال العموميـة
فرنســيس جانســون

École Nationale Supérieure des Travaux Publics
Francis Jeanson

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'État
Filière : Travaux Publics
Spécialité : Matériaux & Structures

Thème

Etude en APD d'un tronçon de la pénétrante autoroutière reliant le port de TENES à l'autoroute Est-Ouest, sur 9 km du PK33+000 au PK42+000 avec conception d'un échangeur

Présenté par :

BENOUARETS Abdelhak
AYADA Azzeddine

Encadré par :

Mr DERRADJI Ayachi

Promotion 2022 /2023

© ENSTP-FJ – Garidi – Vieux Kouba


بسم الله الرحمن الرحيم

Remerciement

On remercie avant tout Allah de nous avoir gardés en bonne santé afin de mener à bien ce projet de fin d'étude.

On remercie également nos familles non seulement pour leur encouragement, mais aussi pour leurs sacrifices qu'elles ont faits pour qu'on puisse termine nos études, nous souhaitons rendre hommage à nos parents pour leur soutien moral et leur dévouement tout au long de nos études.

Nous exprimons notre reconnaissance à Mr. DERRADJI Ayachi notre encadreur qui nous a fait profiter de son aide, ses compétences et ses orientations.

On tient aussi à remercier tous nos enseignants sans exception de notre Ecole Nationale Supérieure Des Travaux Publics, et principalement à ceux qu'ont assuré la maintenance de l'espoir en nous tout au long de notre cursus universitaire, Nous remercions par avance les membres du jury, qui nous font l'honneur d'évaluer notre travail.

Nous remerciant aussi tous nos ami (e)s pour leurs aides, leurs patiences, leurs compréhensions et leurs encouragements.

Dédicaces

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde reconnaissance envers mes parents ,ma famille et mes proches , qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours éducatif .Votre amour inconditionnel ,votre encouragement constant et vos sacrifices ont été les fondations solides sur lesquelles j'ai construit mes réussites .

Je souhaite également adresser mes remerciements à mes amis qui ont été présent à chaque étape de cette aventure .Vos rires ,votre soutien mutuel et notre amitié indéfectible ont rendu cette période de ma vie mémorable et plus belle que je n'aurais pu l'imaginer .

Je suis également reconnaissant envers mes enseignants qui ont partagé leurs savoir , leur expérience et leur passion avec moi. Vos conseils précieux, votre dévouement et votre inspiration ont joué un rôle crucial dans mon développement académique et personnel.

Que cette dédicace soit une humble expression de ma gratitude envers tous ceux qui ont fait partie de ce voyage .Votre influence positive, votre soutien indéfectible et votre amour inconditionnel ont été des cadeaux inestimables dans ma vie .

Merci du fond du cœur .

Abdelhak.B

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

Mes chers parents,

Mes frères et mes sœurs,

Toute ma famille,

Tous mes amis.

Azzeddine.A

ملخص:

الغرض من هذا العمل هو دراسة جزء من الطريق السريع الذي يربط ميناء تنس بالطريق السريع شرق غرب على بعد 9 كم من النقطة الكيلومترية 000 + 33 إلى 000 +42 بتصميم محول في النقطة الكيلومترية000 + 37 .

بدأنا هذا المشروع أولاً بحساب حركة المرور من أجل تحديد عدد الممرات . بعد أن انتهينا من تحديد عدد الممرات انتقلنا الى الدراسة الهندسية لتشكيل عمل تخطيط الطريق، المقطع الطولي ، المقطع العرضي ، مع مثال على الحساب اليدوي ، ثم ذهبنا نحو تحديد أبعاد البنية التحتية للطريق ودراسة الصرف الصحي مع احترام الأنظمة المختلفة المتبعة في الجزائر.

وفي النهاية قمنا بحساب تكلفة المشروع

تم تنفيذ الدراسة الكاملة للمشروع باستخدام برامج Autopsite Covadis و Alizé.

الكلمات المفتاحية: الخرسانة الإسفلتية ، مستجمعات المياه ، السرعة الأساسية ، الحفر ، الردم.

Résumé :

L'objet de ce travail consiste à Étudier un tronçon de la pénétrante autoroutière reliant la port de TENES à l'autoroute Est-Ouest sur 9 Km du PK33+000 au PK42+000 avec la conception d'un échangeur au PK 37+000.

On a entamé ce projet en commençant tout d'abord par le calcul du trafic afin de déterminer le nombre de voies et la structure de chaussée de la pénétrante. Après avoir fini avec le trafic nous poursuivant par l'étude géométrique qui consiste à faire un tracé en plan, le profil en long, le profil en travers et les cubatures avec un exemple de calcul manuel, ensuite on s'est orienté vers le dimensionnement du corps de chaussée et l'étude d'assainissement tout en respectant les différents règlements utilisés en Algérie. Et en fin on a calcul devis estimatif et quantitatif.

Toute l'étude du projet a été faite en utilisant les logiciels Covadis, Autopsite et Alizé.

Mots clés : Béton bitumineux, Bassin versant, vitesse de base, déblai, remblai

Abstract :

The purpose of this work is to study a section of the highway that connect the port of TENES to the East-Ouest highway for 9 Km from the KP 33+000 to KP 42+000 with the design of an inter changer in KP 37+000.

We started this project by calculating the traffic to determine the number of lanes of the highway. After that we started the road geometry study which consists in drawing in plan, the longitudinal profile of the road, the cross section and the cubature with an example of manual

calculation, then we oriented ourselves towards the dimensioning of the pavement layers of the road while respecting the different regulation used in Algeria.
The entire project study was done using Covadis Autopist and Alize.
Keywords : Bituminous Concrete, Watershed, Base Speed, excavation, embankment.

ABREVIATIONS

APD : Avant-projet détaillé

BB : béton bitumineux .

PK : point kilométrique.

CW : chemin wilaya.

TJMA : trafic journalière moyen annuelle.

U.V.P : unités de véhicules particuliers.

PL : poids lourds.

TPC : terre pleine centrale.

BDG : bande dérasé gauche.

BDD : bande dérasé droite.

BM : bande moyenne.

BAU : bande d'arrêt d'urgence

GTR : guide de terrassement routier.

GB : grave bitumineux.

GNT : grave non traitées .

BV : bassin versant.

OA : ouvrage d'art

SPT: Essais de pénétration standard.

OH : Ouvrage hydraulique

VB : Vitesse de base

THT : total hors taxes.

TTC : toutes taxes compris.

TVA : taxe sur la valeur ajoutée .

CBR : California - Bearing – Ratio.

LCPC : laboratoire centrale des ponts et chaussées.

ICTAAL : Instruction sur les Condition Techniques d'Aménagement Des Autoroutes de Liaisons.

CTTP : Organisme National de Contrôle Technique des Travaux Publics.

SETRA : service d'études techniques des routes et autoroutes.

Liste des tableaux :

Chapitre III : Etude de trafic

Tableau III.1 Valeurs du coefficient d'équivalence « P »……..11

Tableau III. 2 : Valeurs du coefficient K1……..12

Tableau III. 3 : Valeurs du coefficient K2…….12

Tableau III. 4 : Valeurs de Cth……..12

Tableau III.5.Tableau récapitulatif ……..14

Chapitre IV:Tracé en plan

Tableau.1 : Valeurs minimales des rayons de tracé en plan……18

Tableau IV.2 : Valeurs des rayons choisis pour le tracé en plan…….18

Tableau IV.3 : Les données de l'axe à calculer……..20

Chapitre V : Profil en long

Tableau V.1. Les limites des paramètres de profil en long…….…….25

Tableau V.2. Caractéristiques géométriques de profil en long…….26

Tableau V.3. Les données du PL pour l'axe calculé……27

Chapitre VI :Profil en travers

TableauVI.1.Profil en travers type de projet……..32

Chapitre VIII : Etude géotechnique

Tableau VIII.1. Sondage carotté…….……..41

Tableau VIII.2. Les puits de reconnaissance ……..……41

TableauVIII.3. Sondage carotté pénétrométrique…….42

Tableau VIII.4. Les essais au laboratoire ……42

Tableau VIII.5. Les essais physiques …….……..43

Tableau VIII.6. Les essais mécaniques……43

Tableau VIII.7. Donnés de classification……..45

TableauVIII.8. Condition d'utilisation des matériaux en remblais…….46

Chapitre IX : Dimensionnement de corps de chaussée

Tableau IX.1. Coefficients d'équivalence des matériaux…….……48

Tableau IX.2. tableau récapitulatif…….……..48

Tableau IX. 3. Portance du sol en fonction du CBR……49

Tableau IX. 4. Choix des températures équivalentes……51

Tableau IX.5.Structure choisie……..52

Tableau IX.6.Comparison des résultats…….56

Chapitre X :Assainissement

Tableau X.1. caractéristiques physiques des bassins versants…….…….59

Tableau X.2. valeurs du coefficient C1…….……61

Tableau X.3. valeurs du coefficient C2…….61

Tableau X.4. valeurs du coefficient C3…….61

Tableau X.5. Valeurs de coefficient de Montana…….…….61

Tableau X.6. Les valeurs des intensités des pluies et temps de concentration.……63

Tableau X.7. Les valeurs des débits max…….…….63

Tableau X.8. Dimensionnement des buses……65

Tableau X.9. Vérification des conditions d'autocurage pour les ouvrages hydrauliques circulaires (Buse)…….…….66

Tableau X.10.Dimensionnement des dalots…….67

Tableau X.11.Vérification des conditions d'autocurage…….……..68

Tableau X.12.Les ouvrages hydraulique ……..68

Tableau X.13.Valeurs des coefficients de ruissellement…….…….69

Tableau X.14. Les caractéristiques des sous bassins versants…….…….70

Tableau X.15.Calcul des débits……70

Chapitre XI :Echangeur

Tableau XI.1. Valeurs limites des rayons……77

Tableau XI.2. Conditions d'enchainement des éléments du tracé en plan d'un échangeur…78

Tableau XI.3. Les valeurs limites des paramètres du profil en long (ICTAAL échangeur)…79

Tableau XI.4. Les largeurs des composantes du profil en travers……80

Tableau XI.5. Dévers de la chaussée……80

Tableau XI.5. Principales distances de visibilité……..82

Chapitre XII : Ouvrages d'arts

Tableau XII.1. Emplacement des ouvrages …….83

Liste des figures :

Chapitre I : Les Types de dégradation des chaussées

Figure I.1. Fissures longitudinales……2
Figure I.2. Faïençage……3
Figure I.3. Affaissements ……4
Figure I.4. Ornière……4
Figure I.5. Nid de poule ……5

Chapitre II : Présentation de projet

Figure II.1 : limites administratives de la wilaya ……7
Figure II.2 Relief de la wilaya de Chlef……7
Figure II.3 Localisation de notre projet……9

Chapitre IV : tracé en plan

Figure IV.1 Schématisation d'un segment de tracé en plan……16
Figure IV.2. Eléments de la Clothoïde……19
Figure IV.3. Caractéristiques géométriques de l'élément à calculer 20

Chapitre V : profil en long

Figure V.1. Schéma de l'élément à calculer……..26
Figure VI.2. Schéma illustratif d'un rayon concave……..…..27

Chapitre VI : profil en travers

FigureVI.1. types de profils en travers……29
Figure VI.2. Eléments constitutifs du profil en travers en section courante……30
Figure VI.2.Profil type de notre projet……..31

Chapitre VII :Cubature

Figure VII.1.Profil en long d'un tracé donné……..33

Chapitre VIII : étude géotechnique

Figure VIII.1 Diagramme Proctor simple ……..……39
Figure VIII.2 Classification du matériau selon GTR. ……44

Chapitre IX : dimensionnement du corps de chaussée

Figure IX.1. Classe TPL pour les réseaux principaux……..……49
Figure IX.2. classe portance à long terme du sol support……..……..50
Figure IX.3. Zone climatique……..……..51
Figure IX.4. Durée de vie……..……51
Figure IX.5. Structures proposées par le fascicule 3……..……..52
Figure IX.6. Risque adoptés pour le réseau RP1……..54
Figure IX.7. Valeurs de t……..……54
Figure IX.8. Des Performances mécaniques des matériaux bitumineux (Fascicule 2).....55
Figure IX.9. Résultats de calcul par Alize……55

Chapitre X : assainissement

Figure X.1. Délimitation des bassins versants…….58
Figure X.2.Buse……65
Figure X.3.Dalot……...……66
Figure X.4.Conception d'un fossé……71

Chapitre XI : Echangeur

Figure XI.1.Types d'échangeur……73
Figure XI.2. les type des bretelles…….76
Figure XI.3. La zone de décélération Figure XI.3. La zone de décélération……79
Figure XI.4. Zone de d'accélération……...……..79
Figure XI.5. distance d'arrêt…….....81
Figure XI.6. distance de manœuvre de sortie……81
Figure XI.7. Echangeur de notre projet…….……83

Chapitre XIII : signalisations

Figure XIII.1. Lignes longitudinales…….88
Figure XIII.2. Ligne transversale……..88
Figure XIII.3. Les lignes de délimitation de voies dans le tracé…….……..88
Figure XIII.4. Les lignes de délimitation de voies dans le tracé avec affectation de voies…..89
FigureXIII.5.Les lignes de délimitation de voies dans le tracé sans affectation de voies…….89
Figure XIII.6. même nombre de voies …….89
Figure XIII.7. Nombre de voies inférieur ……89
Figure XIII.8. Schémas de marquage avec hachures……90
Figure XIII.9. Flèches directionnelles…….90
Figure XIII.10. Flèches de rabattement……91
Figure XIII.11.Signaux d'interdiction ou de restriction ……..92
Figure XIII.12.Signalisation de direction…….……93
Figure XIII.13.Panneaux de pré signalisation ……..……93
Figure XIII.14. Paramètres d'implantation des luminaires……..……94

SOMMAIRE

Introduction générale.....1

Chapitre I : Les Types de dégradation des chaussées

I.1. Introduction……..……*2*

I.2. Types de dégradations et leurs causes probables……...2

I.2.*1.*Fissures de fatigue……2

I.2.2.Faïençage……..3

I.2.3.Affaissements……4

I.2.4. Ornière (frayée)……4

I.2.4. Nid de poule…….5

Conclusion…….5

Chapitre II : présentation du projet

II-1. Introduction……6

II-2. Présentation de la wilaya……6

II-3.Description de projet.....8

II-4.Localisation du projet.....9

II-5. Objectif du projet 9

Conclusion 9

Chapitre III : Etude du trafic

III -1. Introduction…….10

III -2. Analyse du trafic ……..…….10

III-2.1. Modèles de présentation du trafic ……...…….10

III-2.1.1. Prolongation de l'évolution passée……11

III-2.1.2. Trafic effectif ……11

III- -2.1.3. Débit de point horaire normal ……11

III- 2.1.4. Débit horaire admissible …….……12

III -2.1.5. Calcul de nombre de voies …….……..…12

III.3. Application sur la pénétrante ……12

III.3.1.Les données du trafic ……12

III -3.2.Calcul de TJMA horizon ……13

III .3.3.Calcul de trafic effectif……13

III -3.4. Débit de pointe horaire normale……13

III.3.5. Débit horaire admissible……13

III.3.6.Nombre de voie……13

III -3.7.Calcul de l'année de saturation ……14

III -4- Récapitulatif……14

Conclusion……14

Chapitre IV : tracé en plan

IV.1. Introduction……15

IV.2. Règles à respecter pour le tracer en plan ……15

IV.3. Choix de la catégorie ……15

IV.4. Les éléments du tracé en plan ……16

IV.4.1. Les Alignements ……16

IV.4.2. Règles concernant la longueur des alignements ……17

IV.4.3. Arcs De Cercle ……17

IV.5. Stabilité En Courbe ……17

IV.5.1. Rayon minimal au dévers (Rnd) ……17

IV.5.2. Les raccordements progressifs ……18

IV.6. Enchainement des éléments de trace en plan ……19

IV-7. Calcul manuel d'axe en plan……20

Chapitre V : profil en long

V.1. Introduction ……24

V.2. Règles à respecter dans le tracé de profil en long ……24

V. 3. Coordination du tracé en plan et profil en long ……24

V.4. Valeurs limites ……25

V.4.1. Déclivité ……25

V.4.1.1. Déclivité minimale ……25

V.4.1.2. Déclivité maximale ……25

V.5. Raccordement en profil en long ……25

V.5.1. Raccordements convexes (angle saillant) ……25

V.5.2. Raccordement concave (angle rentrant) ……26

V.6.*Parametres* fondamentaux ……26

V.7. Détermination pratique de profil en long ……26

V.8. Exemple de calcul manuel de profil en long ……27

Chapitre VI : profil en travers

VI.1. Introduction ……29

VI.2. Différent type de profils en travers ……29

VI.2.1. Le profil en travers type ……29

VI.2.2. Le profil en travers courant ……29

VI.3.Les éléments constitutifs de profil en travers ……30

VI.4. Pente transversale ……31

VI.4.1. En alignement et en courbe non déversée……31

VI.4.2. En courbe déversée ……31

VI.4.3. Changement de dévers ……31

VI.4.3.1. Point de rotation des dévers ……31

VI.5. Profil en travers type du notre projet ……31

Chapitre VII : cubature

VII.1. Introduction ……33

VII.2. Les méthodes de calcul des cubatures ……33

VII.3. Description de la méthode de calcul des cubatures ……33

VII.4.Calcul des cubatures de terrassement ……34

Chapitre VIII : étude géotechnique

VIII.1. Introduction ……..…..35

VIII.2. Etude géotechnique …….……...…..35

VIII.2.1. Objectifs de l'étude géotechnique …….……..…..35

VIII.2.2. Les moyens de reconnaissance …….…..…..35

VIII.2.2.1. L'étude des archives et documents existants ……..…..35

VIII.2.2.2. Les visites de site et les essais « in-situ » ……..35

VIII.2.3. Les essais au laboratoire ……..…..…..36

VIII.2.3.1. Les essais d'identification ……..…..…..36

VIII.2.3.1.1. Masse volumique et teneur en eau ……..36

VIII.2.3.1.2. Analyses granulométriques …….....37

VIII.2.3.1.3. Limites d'Atterberg …….....37

VIII.2.3.2. Les Essais Mécaniques …….…….....38

VIII.2.3.2.1. Essai PROCTOR ……..…….…….....38

VIII.2.3.2.2. Essai C.B.R (California Bearing Ratio) ……..…….…..39

VIII.3. Application sur notre projet……..……..…….....40

VIII.3.1. La reconnaissance « in-situ » ……..……..…….…….....40

VIII.3.1.1. Sondage carotté…….……..……..…….....40

VIII.3.1.2. Les puits de reconnaissance……..…….....41

VIII.3.1.3. Essai pénétration dynamique (sondage pénétrométrique) …….…….....41

VIII.3.1.4. Essai au laboratoire……..…..……..…….....42

VIII.3.1.4.1. Essai physique……..…..……..…….…….....43

VIII.3.1.4.1. Essais mécaniques..……..…..……..…….…….....43

VIII.3.2.Classification des sols……..…..……..…….....44

VIII.3.2.1.Classification GTR ……..…..……..…….....44

VIII.3.3.Condition d'utilisation des matériaux……..…….....45

VIII.3.3.1.En remblais ……..…..……..…….…….....45

VIII.3.3.2.En couche de forme ……..…..……..……..46

VIII.4.Pente des talus ……..…..…….……..…….....46

VIII.5.Conclusion ……..…..……..…….....46

Chapitre IX : dimensionnement du corps de chaussée

IX.1. Introduction ……..…..……..…….....47

IX.2. Les principales méthodes de dimensionnement ……..…..……....47

IX.3. Application au projet ……..…..…….…....47

IX.3.1. Méthode CBR (California – Bearing – Ratio) …….……..…..……....47

IX.3.2. Méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) ….....49

IX.3.3. Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol…….…….....52

IX.3.3.1. Calcule du trafic cumulé en essieux équivalant de 13 tonnes (TCEi) …….....53

IX.3.3.3. Calcul des déformations admissibles sur le sol support …….....53

IX.3.3.4.1. Les données de calcul…….....54

IX.3.3.5. Résultats de calcul par Alize…….....55

IX.3.3.6. Interprétation des résultats…….....56

Conclusion…….....56

Chapitre X : assainissement

X.1. Introduction …….....57

X.2. Objectif de l'assainissement ……..…….....57

X.3.Etapes d'un projet d'assainissement routier ……..…….....57

X.4.Etude hydrologique ……..…….....57

X.4.1. Délimitation des bassins versants ……..…..……...58

X.4.2. Estimation des débits de crue ……..……..…..……...59

X.5.Calcul de débit……..…..……....59

X.5.1.Le débit d'apport…….……..…..…….…...60

X.5.2.Temps de concentration……...60

X.5.3.Coefficient de ruissellement ……...60

X.5.3.L'intensité de pluie ……..……...61

X.6.Application au projet ……..……...62

X.6.1. Pente moyenne du bassin versant ……..…….…...62

X.6.2. Coefficient de ruissellement……..……..62

X.6.3. Estimation du temps de concentration……..……...62

X.6.4. Détermination de l'intensité (I) pour une période de retour de 50 ans……...62

X.6.5.Calcul de débit…….…..……...62

X.6.6.Présentation des résultats……..……...62

X.7.Etude hydraulique……..……..……...64

X.7.1. Calcul des ouvrages hydrauliques-……..……...64

X.7.2. Estimation des débits de saturation des ouvrages……...64

X.8. Dimensionnement des Fossés et Buses et Dalot…….……...64

X.8.1. Dimensionnement des buses……...64

X.8.1.1.Application au projet…….…….……...65

X.8.1.2.Vérification des conditions d'autocurage……..…….……...66

X.8.1.3. Interprétation des résultats …….…….....66

X.8.2. Dimensionnement des dalots …….…….....66

X.8.2.1.Application au projet…….…….....67

X.8.2.1.Vérification…….…….…….....68

X.8.3. Dimensionnement des fossés…….…….....68

X.8.3.1. Application au projet…….…….....69

Chapitre XI : Echangeur

XI.1. Introduction …….……..72

XI.2. Le rôle d'un échangeur …….……...……..72

XI.3. Avantage de l'échangeur …….……..72

XI.4. Inconvénients de l'échangeur …….…….……..72

XI.5. Les différents types d'échangeurs …….……...…..73

XI.5.1. Echangeurs majeurs ……..…..73

XI.5.1.1. Type trèfle complet ……..73

XI.5.1.2. Type bifurcation « Y » ……..74

XI.5.2.1. Type losange ……..74

XI.5.2.2. Type demi –trèfle……..……..74

XI.5.2.3. Trompette……..……..74

XI.6. Conception d'un échangeur……..75

XI.6.1. Eléments de conception d'un échangeur…….……..75

XI.6.2. Condition a respecté……..76

XI.7. Les éléments d'un échangeur…….……..76

XI.7.1. Pont…….……..76

XI.7.2. Carrefour plan…….……..76

XI.7.3. Bretelles……..……..76

XI.7.3.1. Caractéristiques géométriques des bretelles …….…….…..77

XI.7.3.2. Tracé en plan d'une bretelle……..77

XI.7.3.2.1. Valeurs limites des rayons……..77

XI.7.3.2.2. Enchaînement des éléments du tracé en plan……..77

XI.7.3.2.3. Raccordement progressif ……..……..78

XI.7.3.2.4.Raccordement avec l'autoroute……..……..78

XI.7.3.2.5. Zones de décélération et d'accélération…….……..78

XI.7.3.3. Profil en long d'une bretelle…….……..79

XI.7.3.4. Profil en travers d'une bretelle …….…….……..…..79

XI.7.3.4.1. Pente transversale d'une bretelle…….…….……..80

XI.8. Visibilité …….…….……...80

XI.8.1. Visibilité sur l'entrée de l'autoroute…….…….……..81

XI.8.2. Visibilité sur la sortie de l'autoroute…….……..81

XI.8.3. Distance de visibilité sur marquage dvm……..……..81

XI.8.4. Distance de lecture (lc) ……..……..81

XI.9. Application du projet……..……..81

Chapitre XII : Ouvrages D'art

XII.1. Introduction ……..……..83

XII.2. Présentation d'ouvrage ……..……..……..83

XII.3. Gabarit réservé ……..…….83

Chapitre XIII : signalisations et dispositifs

XIII.1. Introduction ……..……..85

XIII.2.Objectifs de la signalisations ……..……..……..85

XIII.3. Catégories de signalisation ……..……..85

XIII.4. Règles à respecter pour la signalisation …….85

XIII.5. Types de signalisation ……..……..85

XIII.5.1. Signalisation horizontale……..…..…..85

XIII.5.1.1. Catégories de marques de chaussée ……..86

XIII.5.2. Signalisation verticale ……..…..86

XIII.5.2.1. Signaux de danger ……..87

XIII.5.2.2. Signaux à simple indication ……..……..87

XIII.5.2.3. Signaux Comportant Une Prescription Absolue ……..…..87

XIII.5.2.4. Signaux de position de danger ……..……..87

XIII.6. Dispositifs de retenue ……..……..87

XIII.6.1.Glissières de sécurité métalliques fixes ……..87

XIII.6.2.Glissières de sécurité métalliques amovibles ……..87

XIII.6.4.Balise de signalisation……..……..88

XIII.7. Application au projet ……..……..…..88

XIII.7.1. Signalisation horizontale……..……...88

XIII.7.1.1. Le marquage du tracé …… ……...88

XIII.7.1.2. Voies de décélération ……..……88

XIII.7.1.3. Voies d'accélération ……..……..……..89

XIII.7.1.4. Autres marques ……..……89

XIII.7.2. Signalisation verticale ……..…….…..91

XIII.8. Eclairage……..…….……..94

XIII.8.1.Introduction ……..…….……..94

XIII.8.2.Classes d'éclairage ……..……..……..94

XIII.8.3.Paramètres d'implantation des luminaires…….……..94

XIII.8.4.Application au projet ……..……..……..94

Chapitre XIV: Impact sur l'environnement

XIV.1. Introduction……..……..…..95

XIV.2. Cadre juridique…….. ……..…..95

XIV.3. Objectifs de l'étude d'impact sur l'environnement….……..…..95

XIV.4. Impact des routes sur l'environnement……..…..95

XIV.4.1. Sur les ressources naturelles…….……..…..95

XIV.4.1.1. Pollution de l'aire……..……..…..95

XIV.4.1.2.La faune……..……..…..95

XIV.4.1.3.La flore……..……...…..96

XIV.4.2.Impact sur le paysage……...…..96

XIV.4.3.Impact sur la vie humaine ……...…..96

XIV.4.3.1.La destruction……..……..……...…..96

XIV.4.3.2.Le bruit……..……...…..96

XIV.5.Conclusion ……..……...…..97

XV. Devis quantitatif et estimatif…….……..……...…..98

Conclusion générale

Introduction générale :

Pour concrétiser les connaissances techniques acquises pendant le cycle de formation, l'Ecole Nationale Supérieure des Travaux Publics propose à ses élèves ingénieurs l'élaboration des projets de fin d'étude pour l'obtention du diplôme ingénieur d'état en travaux publics.

Parmi les domaines de travaux publics, celui d'infrastructure routière qui revêt une importance particulière dans notre pays, c'est un facteur générateur de développement économique, il constitue la base de toute opération de développement.

Au cours de ce travail qui s'étend sur trois mois de stage, l'élève ingénieure est appelé à appliquer les connaissances théorique acquisses et il se met face aux problèmes réels existants concernant l'étude et la réalisation des projets routières.

Le travail qu'on va élaborer consiste à faire une étude en phase APD (avant-projet détaillé) d'un tronçon autoroutière de la pénétrante qui relie le port de TENES à l'autoroute EST-OUEST de PK33+000 au PK42+000 avec conception d'un échangeur au PK37+000.

Chapitre I : Les Types de dégradation des chaussées

I.1. Introduction *:*

Sous l'action des charges de trafic, des conditions climatiques et du vieillissement des matériaux, les chaussées routières se dégradent. Ces dégradations peuvent être de différents ordres et sont la conséquence de problèmes d'origines diverses. La dégradation est définie comme étant le délabrement qui résulte du manque de soin ou de l'action du temps, du trafic et variation de température.

L'évaluation des chaussées repose sur une série de mesures et d'observations visuelles qui permettent d'établir la condition de la structure, de diagnostiquer les causes probables des dégradations apparentes et de cibler les solutions de réhabilitation les plus appropriées.

Dans ce chapitre on va traiter quelques-unes des principales formes de dégradation des chaussées.

I.2. Types de dégradations et leurs causes probables :

I.2.1.Fissures de fatigue :

Les fissures sont considérées comme un des plus grands modes de dégradation des chaussées. Une fissure est une ligne de rupture apparaissant à la surface de la chaussée, aussi elle est définit comme une dégradation qui consiste en de petite fente, dont l'importance est caractérisée par :

- ✓ Surface couverte (m^2).
- ✓ La longueur, la largeur, et la profondeur.
- ✓ La forme.
- ✓ L'espacement entre elles.

a. Fissures longitudinales (en pistes des roues) :

Elles sont des fissures caractérisées par une ligne de rupture apparaissant à la surface de la chaussée sensiblement parallèle à l'axe de la route , situé dans les pistes des roues.

Dans cette famille de fissures nous pouvons citez les fissures longitudinales de joint et les fissures longitudinales de fatigue. Les fissures longitudinales de
fatigue sont les plus souvent uniques et discontinuent à l'origine, puis elles évoluent vers des fissures continues avec quelques fois des ramifications avant de se multiplier dans les passages des roues jusqu'à devenir très serrées (annonce d'un début de faïençage)



Figure I.1. Fissures longitudinales

❖ **Causes probables :**

– Mauvaise construction du joint longitudinal entre deux bandes d'enrobés.
– Mouvement différentiel dans le cas d'élargissement de la chaussée.
– Fatigue de la chaussée due à une structure insuffisante vis-à-vis du trafic ou une portance du sol support insuffisante.
– Les caractéristiques du sol : tassement, retrait du sol argileux à la suite d'une longue période de sécheresse.

b. Fissures longitudinales des rives :

Ce sont des fissures fines parallèles à l'axe de la route et apparaissant le plus souvent en rive.

❖ **Causes probables :**

– Conditions de trafic particulières.
– Assainissement.
– Insuffisance de la portance du sol support.
– Fatigue de la chaussée.

I.2.2.Faïençage :

C'est une fissuration à mailles plus ou moins fines se produisant dans les couches de surface. Les mailles ayant la forme de polygones ou de rectangle dont la plus grande maille inférieure à 3 m. Le faïençage est une traduction d'un phénomène de fatigue intense de la chaussée notamment des couches supérieures en matériaux bitumineux, ou à un manque d'imperméabilité de la couche de surface ou des remontées d'eau dans le corps de la chaussée.



Figure I.2. Faïençage

❖ **Causes probables :**

– Couche de roulement rigide sur une couche de base très déformable.
– Mauvais accrochage de la couche de surface à la couche de base.
– Vieillissement et fatigue de la chaussée.
– Effets thermiques dans la couche de roulement.
– Durcissement et retrait de l'enrobé

I.2.3.Affaissements :

Ce sont des dépressions très prononcées et souvent assez étendues, localisées soit à la partie comprise entre le bord et la bande de roulement de rive (Affaissements de rives) ou à gauche ou dans la bande de roulement de rive (Affaissements hors rives).



Figure I.3. Affaissements

❖ **Causes probables :**

– Sous dimensionnement du corps de chaussée (épaisseurs insuffisantes).
– Tassements différentiels (défaut de portance du sol).
– Zone de déblai argileux ou secteurs marécageux.
– Drainage insuffisant.
– Chaussée non butée en rive.
– Présence d'eau consécutive à la perméabilité des couches supérieures.
– Présence de matériaux inadéquats ou mal compacté.

I.2.4. Ornière (frayée) :

C'est une déformation permanente longitudinale de la chaussée fréquente dans les sentiers des roues des véhicules, pouvant affecter, soit la couche de roulement , soit le corps de chaussée et pouvant s'étendre sur d'assez grandes ou petites longueurs



Figure I.4. Ornière

❖ **Causes probables :**

– Un sous dimensionnement des couches inférieures.
– Un compactage insuffisant lors de la réalisation.
– Instabilité des matériaux de la couche de base ou de la couche de roulement.
– Une perte de portance des couches sous-jacentes du revêtement dû à un mauvais drainage ou l'action du dégel.
– Déformation plastique des enrobés (fluage)

I.2.5. Nid de poule :

Désagrégation localisée du revêtement sur toute son épaisseur formant des trous de forme généralement arrondie, au contour bien défini, de taille et de profondeur variables ,créée par enlèvement des matériaux de chaussée.



Figure I.5. Nid de poule

❖ **Causes probables :**

– Epaisseur insuffisante du revêtement.
– chaussée fortement sollicitée par le trafic lourd.
– Défaut localisé de la couche de roulement ou de base lors de la fabrication ou de la mise en œuvre des matériaux.
– Mauvais drainage ou drainage inexistant.
– Arrachement des matériaux sous l'effet mécanique

Conclusion :

Il est important de noter que ces formes de dégradation peuvent interagir les unes avec les autres et se produire simultanément sur une même chaussée. L'entretien régulier et approprié des chaussée est essentiel pour prévenir et atténuer ces problèmes de dégradation, assurer la sécurité routière et prolonger la durée de vie des routes

II-1. Introduction :

Le principal but de développer le réseau routier de la République Algérienne Démocratique et Populaire est non seulement de répondre aux besoins ressentis actuellement mais aussi d'anticiper les besoins à venir. C'est pourquoi, notre intention est de faire en sorte que l'autoroute qui va être construite ait la configuration idéale qui corresponde de façon adéquate aux transports routiers, qui sont nécessaires au développement économique et social de la région.

La section autoroutière en étude, longue approximativement de 25 km, fait partie intégrante de l'axe de liaison autoroutière entre le Port de Ténès et Tissemsilt sur 220 km, compte tenu des points de passages des sites de Bouzeghaia, d'Ouled Fares, de Chettia et d'Oued Sly.

L'objet de cette liaison est de constituer une alternative de tracé qui soit le plus proche des routes actuelles telles que la RN19, de rapprocher les grandes agglomérations de la région qui attirent les trafics routiers les plus importants et d'assurer une meilleure liaison entre le port de Ténès, Chlef et la wilaya de Tissemssilt.

II-2. Présentation de la wilaya :

II-2.1. Situation géographique :

Chlef est une ville et wilaya de l'Ouest Algérien. Elle se trouve entre les deux grandes villes Algériennes : Alger et Oran, à 210 km à l'Ouest de la capitale et à environ 220 km à l'Est d'Oran.
La ville de Chlef est un carrefour entre les deux grands pôles industriels en Algérie, traversée par la RN4 et la RN19. Elle est considérée comme un véritable comptoir économique reliant l'Ouest au centre du pays. Elle est limitée au Nord par la Méditerranée, au Sud par la Wilaya de TISMSILT, à l'Est par les Wilayas de Tipaza et Ain Defla, à l'Ouest par les Wilayas de Mostaganem et Relizane



Figure II.1 : limites administratives de la wilaya .

II-2.2.Climat :

La wilaya est caractérisée par un climat méditerranéen sub-humide dans la partie Nord et un climat continental au Sud, froid en hiver et chaud en été. Située dans une cuvette séparée de la mer par les monts du Dahra. Malgré son climat sub-humide, Chlef est une des régions les plus chaudes d'Algérie . Pluviométrie moyenne de 420 mm/an. Important massif forestier.

II-2.3. Superficie et relief :

La Wilaya de Chlef occupe une superficie d'environ 4791 km². Elle se caractérise par un relief diversifié, constitué essentiellement, des montagnes de Dahra sur le côté Nord, et des montagnes d'El Ouancharis (Ouarsenis) sur le côté Sud, ainsi que de la plaine de Chlef au centre.
Elle compte 120 km de côte bordé de belles plages, qui sont malheureusement inexploitées. de Dechria à Oued Goussine. D'infrastructures vitales pour promouvoir le tourisme dans la région, et pour créer de nouveaux emplois.

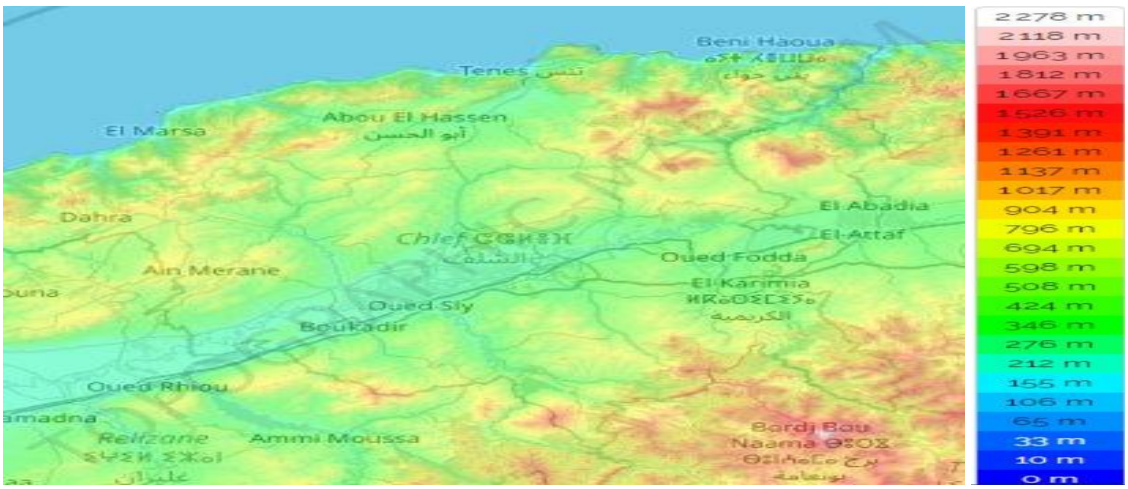


Figure II.2. Relief de la wilaya de Chlef

II-2.4.Population :

Selon les estimations de 2004, la Wilaya de Chlef a déjà dépassé un million d'habitants. Elle se classe au sixième rang au niveau national après : Alger, Oran, Sétif, Tizi Ouzou et Batna, à savoir que la ville de Chlef dépasse les 200 mille habitants.

II-2.5. Infrastructure de base :

A- Réseau routier :
- Routes Nationales: 304 Km.
- Chemins de Wilaya: 560 KM.
- Chemins communaux: 1875,8 KM.

B-Réseau ferroviaire: la longueur totale de la ligne est de 67,8 Km.
C-Réseau aéroportuaire : 01 aéroport.
D- Réseaux portuaire :
La wilaya compte trois ports:
- Port de marchandises de Ténès
- Port de pêche de Marsa et Bnihawa.
- Port de pêche et de plaisance de Sidi abderahmane

II-3.Description de projet :

La pénétrante de Tenes fait partie des projets de pénétrantes autoroutières devant relier l'autoroute Est-Ouest à plusieurs villes portuaires. Cette section autoroutière débute à l'Est de Bouzeghaia, à proximité de la CW101, et se déploie vers le Sud jusqu'à la liaison à l'Autoroute Est-Ouest à Oued Sly. La géométrie de son tracé a été fortement influencée par la contrainte d'un important cours d'eau, l'Oued Ouahrane, qui s'écoule tout près de l'autoroute notamment sur les premiers 13,5 km. Il est de plus traversé par l'autoroute à plusieurs endroits de son parcours par des viaducs. Tout près de la fin du tracé, le fleuve est de nouveau intersecté, mais cette fois-ci par un pont de près de 270 m de long. Cette autoroute à :

- Une longueur de 220 km traversant le nord de la wilaya de Chlef
- Un profil en travers 2×3 voies

Le premier lot de 22km a été attribué au groupement algéro-portugais composé de Teixeira Duarte , l'ETRHB Haddad et GTPH Boufradji en août 2014 pour un montant de 20 milliards de DZD et un délai de 24 mois .

Les travaux de terrassement ont été lancés en décembre 2014 .

Notre projet consiste à étudier un tronçon autoroutier sur la pénétrante qui relie le port de TENES à l'autoroute EST OUEST. Le début de notre étude commence à PK 33+00, jusqu'à PK 42+00.

II-4.Localisation du projet :



Figure II.3. Localisation de notre projet

II-5. Objectif du projet :

Les objectifs principaux destinés au projet sont :

- ✓ Accélérer le développement économique des wilayas de Chlef et Tesemsilet.
- ✓ Désenclaver la région de Chlef par la mise en place d'un meilleur accès.
- ✓ Répondre à la demande de trafic et aux besoins en matière de transport et décongestionner les routes de la région du projet
- ✓ Permettre aux marchandises arrivant par le port de Tenes d'accéder plus facilement au reste de l'Algérie
- ✓ Créer et valoriser les richesses locales
- ✓ Augmenter le gain de temps pour les usagers
- ✓ Contribuer à un aménagement équilibré et rationnel du territoire
- ✓ Créer un nouvel espace socio-économique rentable et attractif pour l'investissement, que ce soit au niveau commercial, industriel ou touristique
- ✓ créer un emploi important pendant la phase des travaux.

Conclusion :

Le projet a pour but de concevoir en phase APD (avant-projet détaillé) un tronçon d'une pénétrante autoroutière située au PK 33+000 jusqu'au PK42+000 reliant le port de TENES à l'autoroute EST-OUEST avec la conception d'un échangeur au PK 37+000.

III -1. Introduction :

L'étude de trafic est une étape primordiale dans toute réflexion relative à un projet routier. Cette étude permettra de déterminer la virulence du trafic et son agressivité, et aussi le type d'aménagement à réaliser.
Pour résoudre la plupart des problèmes d'aménagement ou d'exploitation routière, il est insuffisant de connaître la circulation en un point donnée sur une route existante, il est souvent nécessaire de connaître les différents courants de circulation, leurs formations, leurs aboutissements, en d'autres thermes de connaître l'origine et la destination des différents véhicules.

III -2. Analyse du trafic :

Afin de déterminer en un point et en un instant donné le volume et la nature du trafic, il est nécessaire de procéder à un comptage qui nécessite une logistique et une organisation appropriée.
Pour obtenir le trafic, on peut recourir à divers procédés qui sont :

- La statique générale.
- Le comptage sur route (manuel et automatique).
- Une enquête de circulation.

Afin d'évaluer le trafic que nous devons savoir quels types de trafic :

- ✓ Trafic normal
- ✓ Trafic induit
- ✓ Trafic dévié
- ✓ Trafic local
- ✓ Trafic de transit
- ✓ Le trafic d'échange

III-2.1. Modèles de présentation du trafic :

La première étape de ce type d'étude est le recensement de l'existant. Ce recensement permettra de hiérarchiser 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 diverses méthodes utilisées pour estimer le trafic dans le futur sont :

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

La méthode choisie est la méthode « prolongation de l'évolution passée »au vu de sa simplicité ainsi qu'elle intègre l'ensemble des variables économiques de la région.

III-2.1.1. Prolongation de l'évolution passée :

La méthode consiste à extrapoler globalement au cours des années à venir, l'évolution des trafics observés dans le passé. On établit en général un modèle de croissance du type exponentiel.

Le trafic T_n à l'année n sera :

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

Où :
- T_0 : est le trafic à l'arrivée pour l'origine.
- τ : est le taux de croissance (τ =4%)
- n : nombre d'année à partir de l'année d'origine

III-2.1.2. Trafic effectif :

C'est le trafic traduit en unités des véhicules particuliers (U.V.P) en fonction de 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 :

$$Teff = [(1 - Z) + PZ].Tn$$

Teff : trafic effectif à l'horizon en (U.V.P/j).

Z : pourcentage de poids lourds (%).

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

(Le tableau ci-dessous est extrait du manuel du projet selon les Norme B30).

Environnement	E1	E2	E3
Route à bonne caractéristiques	2-3	4-6	8-12
Route étroite	3-6	6-12	16-24

Tableau III.1 Valeurs du coefficient d'équivalence « P »

III- -2.1.3. Débit de point horaire normal :

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

$$Q = (1/n)\ Teff$$

Avec :

Q : débit de pointe horaire normal en (uvp/h).

n : coefficient de pointe= 0.12 (en général) référence (manuel de projet des routes)

III- 2.1.4. Débit horaire admissible :

Le débit horaire maximal accepté par voie est donné par la formule :

Qadm (uvp/h) = K1.K2. Cth

K_1 : coefficient lié à l'environnement.

K_2 : coefficient de réduction de capacité.

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

Environnement	E1	E2	E3
K_1	0,75	0,85	0,90 à 0,95

Tableau III. 2 : Valeurs du coefficient K1.

	Catégorie de la route				
Environnement	1	2	3	4	5
E1: facile	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
E2 : moyen	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98
E3 : difficile	0,91	0,95	0,97	0,98	0,98

Tableau III. 3 : Valeurs du coefficient K2.

Route à 2 voies de 3.5 m	1500 à 2000 uvp/h
Route à 3 voies de 3.5 m	2400 à 3200 uvp/h
Route à chaussées séparées	1500 à 1800uvp/h

Tableau III. 4 : Valeurs de Cth.

III -2.1.5. Calcul de nombre de voies :

- **Cas d'une chaussée bidirectionnelle :**
  On compare Q à Q_{adm} et on prend le profil permettant d'avoir : $Q_{adm} \geq Q$
- **Cas d'une chaussée unidirectionnelle** :
  Le nombre de voie par chaussée est le nombre le plus proche du « N » avec :
  N = (SxQ)/Qadm
  Tel que :
  S : coefficient de dissymétrie.
  Qadm : débit admissible par voie.

III.3. Application sur la pénétrante :

III.3.1.Les données du trafic :

D'après les données de comptages:

- trafic actualisé en 2019 est : **TJMA2019=9209V/j/sens**
- Le pourcentage des poids lourds : **Z=24 %**
- Taux de croissance annuelle de trafic **τ=4%**

- L'année de référence : **2019**
- L'année de mise en service : **2025**
- La durée de vie : **20ans**
- Vitesse de base : **130Km/h**

III -3.2.Calcul de TJMA horizon :

Nombre d'année est : n=2025-2019 = 6ans

- ✓ $TJMA_{2025} = TJMA_{2019}(1 + 0.04)^6 = 9209(1 + 0.04)^6 = 11652{,}32$ v/j/sens
- ✓ **$TJMA_{2025}$ =11653 v/j/sens**
- ✓ $TJMA_{2045} = TJMA_{2025}(1 + 0.04)^{20} = 11652(1 + 0.04)^{20} = 25530{,}96$ v/j/sens
- ✓ **$TJMA_{2045}$=25531 v/j/sens**

III .3.3.Calcul de trafic effectif :

P=2 (d'après le tableau de coefficient d'équivalence).

$T_{eff\ 2025} = [(1 - Z) + PZ].\ T_n$
$T_{eff\ 2025} = [(1 - 0.24) + 2\times0.24] \times 11653 = 14449{,}72$
$Teff_{2025}$= 14450 uvp/j
$T_{eff\ 2045} = [(1 - 0.24) + 2\times0.24] \times 25531 = 31658{,}44$
$Teff_{2045}$=31659 uvp/j

III -3.4. Débit de pointe horaire normale :

$Q_n = 0.12.\ Teff$
$Q_{2025} = 0.12\times$**14450**$= 1734$
Q_{2025} = 1734 uvp/h
$Q_{2045} = 0.12\times31659 = 3799{,}08$
Q_{2045} = 3799uvp/h

III.3.5. Débit horaire admissible :

Environnement de projet est E1 avec : K1 = 0.75 et k2 = 1 et on prend Cth = 1800

$Q_{adm} = k1 \times k2 \times C_{th}$
$Q_{adm} = 0.75\times1\times1800 = 1350$
Q_{adm} = 1350 uvp/h

III.3.6.Nombre de voie :

Pour ce cas c'est une pénétrante donc une chaussée unidirectionnelle

$$N=S.\frac{Q}{Qadm} = 1 \times \frac{3799}{1350} = 2{,}81$$

Donc le nombre de voie **N= 3 voies par sens**

III -3.7.Calcul de l'année de saturation :

$$Q_{sat}=(1+\tau)^{n}.\ Q_{adm}$$
$$Q_{sat}=3xQ_{adm}= 3x\ 1350 =4050\ uvp/h$$
$$Q_{2025}= 1734uvp/h$$
$$Q_{2025}=(2/3)\ x\ 1734$$
$$Q_{2025}= 1156\ uvp/h/sens$$

$$n=\frac{ln(\frac{Qsat}{Q2025})}{ln(1+\tau)} = \frac{ln(\frac{4050}{1156})}{ln(1+0.04)} = 32\ ans$$

C'est-à-dire que l'année de saturation = **2057**

III -4- Récapitulatif :

TJMA2025(v/j/sens)	TJMA2045(v/j/sens)	Teff 2045(uvp/j)	Q2045 (uvp/h)	Qadm (uvp/h)	N° des Voies par sens
11653	25531	31659	3799	1350	3

Tableau III.5.Tableau récapitulatif

Conclusion :

Donc, d'après le calcul de la capacité de la pénétrante, on concluants que son profil en travers est de 2×3 voie.

IV.1. Introduction :

Dans sa définition, le tracé en plan est la projection verticale de la route sur un plan horizontale, ce plan est en générale une carte topographique ou un plan de situation où une carte du relief du terrain représentée par des courbes de niveau. Il doit assurer aux usagers de l'autoroute un trajet confortable et une bonne qualité de service dont le niveau est cependant fonction des difficultés du site.

Les règles de dimensionnement du tracé en plan visent à garantir de bonnes conditions de sécurité et de confort adaptées à chaque catégorie d'autoroute.

Le tracé en plan comporte :

- ❖ Des alignements droits.
- ❖ Des arcs de cercle.
- ❖ Des arcs de courbe à courbure progressive : essentiellement des arcs de clothoïde.

IV.2. Règles à respecter pour le tracer en plan:

Les normes exigées et utilisées dans notre projet sont résumées dans **l'ICTAAL 2000 (I**nstructions sur les **C**onditions **T**echniques d'**A**ménagement des **A**utoroutes de **L**iaison**)**, il faut respecter ces normes dans la conception ou dans la réalisation. Dans ce qui suit, on va citer certaines exigences qui nous semblent pertinentes.

- ✓ Toutes les courbes horizontales dont le rayon est inférieur à R_{hnd} (rayon horizontale non déversé) devront être introduites avec des raccordements progressifs.
- ✓ L'adaptation du tracé en plan au terrain naturel afin d'éviter les grands terrassements.
- ✓ Eviter de passer sur des terrains agricoles et des zones forestières.
- ✓ Le raccordement du nouveau tracé au réseau routier existant.
- ✓ Eviter au maximum les propriétés privées.
- ✓ Eviter le franchissement des oueds afin d'éviter le maximum d'ouvrages d'arts et cela pour des raisons économiques, si le franchissement est obligatoire essayer d'éviter les ouvrages biais.
- ✓ Eviter les sites qui sont sujets à des problèmes géologiques.
- ✓ Respecter la cote des plus hautes eaux.

IV.3. Choix de la catégorie :

D'après l'analyse et le recueil des donnés de notre projet, on a un terrain plat donc notre projet est classée en catégorie **L1**. Selon le document ICTALL la vitesse de base maximale autorisée pour la catégorie (**L_1**) est **V_B = 130 km/h**.

IV.4. Les éléments du tracé en plan :

En première approximation, le tracé de l'axe de route est composé d'une succession de lignes droites raccordées par des cercles, mais la pratique des grandes vitesses et l'existence des petits rayons a imposé l'emploi d'un élément supplémentaire pour le raccordement progressif entre les précédents qui est la clothoïde.
Le tracé en plan d'une route est caractérisé par une vitesse de base à partir de laquelle on peut déterminer les caractéristiques géométriques de la route.
Un tracé en plan moderne est constitué de trois éléments :

- ✓ Des droites (alignements).
- ✓ Des arcs de cercle.
- ✓ Des courbes de raccordement progressives.

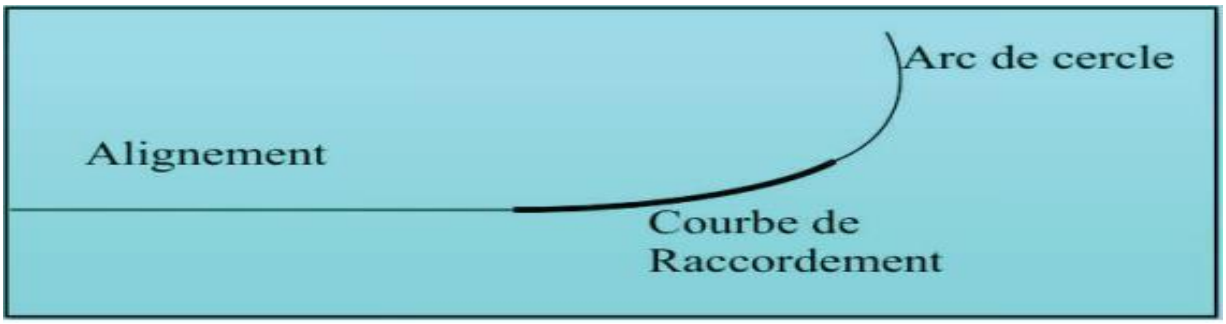


Figure IV.1 Schématisation d'un segment de tracé en plan.

IV.4.1. Les Alignements :

Bien qu'en principe la droite soit l'élément géométrique le plus simple, son emploi dans le tracé des routes modernes est restreint.
La cause en est qu'il présente des inconvénients, notamment :

✓ De nuit, éblouissement prolongé des phares.
✓ Difficultés de conduite et monotonie qui peuvent engendrer des accidents ou un malaise chez le conducteur.
✓ Mauvaise adaptation de la route au paysage. On recherche aujourd'hui une certaine harmonie entre la route et son environnement, ce que ne peut pas offrir une construction ou une coupure rigide. En particulier, conditions optiques très défavorables si l'alignement se trouve sur un long parcours en remblai ou en déblai.
✓Appréciation difficile des distances entre véhicules éloignés.
Il existe toutefois des cas exceptionnels, où l'emploi d'alignements se justifie pleinement, par exemple :
✓En plaine, où des sinuosités ne seraient absolument pas motivées.
✓Dans les vallées étroites et rectilignes; où des courbes imposeraient des ouvrages d'art.
✓Le long de constructions existantes (voies ferrées, lisières de forêt, cours d'eau, canaux).
✓Dans un secteur constitué de grandes parcelles rectangulaires.

✓Pour donner une possibilité de dépassement à une route à deux voies.
✓En zone urbaine, où existent des passages imposés, des bâtiments, des plans d'alignement.
La longueur des alignements dépend de :
✓La vitesse VB , plus précisément de la durée du parcours rectiligne.
✓Des sinuosités précédant et suivant l'alignement.
✓Du rayon de courbure de ces sinuosités.

IV.4.2. Règles concernant la longueur des alignements :

La longueur des alignements dépend de :

- ✓ La vitesse de base, plus précisément de la durée du parcours rectiligne.
- ✓ Des sinuosités précédant et suivant l'alignement.
- ✓ Du rayon de courbure de ces sinuosités

IV.4.3. Arcs De Cercle :

Trois éléments interviennent pour limiter les courbures :
✓ Stabilité, sous la sollicitation centrifuge des véhicules circulant à grande vitesse.
✓ Visibilité en courbe.
✓ Inscription des véhicules longs dans les courbes de rayon faible.
Pour cela on essaie de choisir des rayons les plus grands possibles pour éviter de descendre en dessous du rayon minimum préconisé.

IV.5. Stabilité En Courbe :

✓ Dans un virage R un véhicule subit l'effet de la force centrifuge qui tend à provoquer une instabilité du système, afin de réduire l'effet de la force centrifuge on incline la chaussée transversalement vers l'intérieur du virage (éviter le phénomène de dérapage) d'une pente dite devers exprimée par sa tangente.
✓ L'équilibre des forces agissant sur le véhicule nous amène à la conclusion suivante :

IV.5.1. Rayon minimal au dévers (R_{nd}) :

C'est le rayon au dévers minimal, au-delà duquel les chaussées sont déversées vers l'intérieur du virage et telle que l'accélération centrifuge résiduelle à la vitesse V_B serait équivalente à celle subie par le véhicule circulant à la même vitesse en alignement droit.
✓ Il est recommandé de remplacer les longs alignements droits par de grands rayons.
✓ Rayons supérieurs ou égaux à 1.5 R_{nd} est préférable dans le cas où cela n'induit pas à plus de dépense, afin de faciliter le respect des règles de visibilité et offrir le confort au conducteur.

Catégorie	L1	L2
Rayon minimal (Rm)	600	400
Rayon minimal non déversé(Rnd)	1000	650

Tableau IV.1. Valeurs minimales des rayons de tracé en plan

Voici dans le tableau ci-dessous les rayons choisis pour le tracé en plan :

	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
Rayon(m)	1500	1000	3000	2500	2000	1700	900	800

Tableau IV.2. Valeurs des rayons choisis pour le tracé en plan.

IV.5.2. Les raccordements progressifs :

Les courbes de rayon inférieur à **1,5 Rnd** ne peuvent être raccordées avec les alignements que progressivement par des raccordements progressifs(clothoïdes).
La **Clothoïde** est une spirale, dont le rayon de courbure décroît d'une façon continue dès l'origine où il est infini jusqu'au point asymptotique où il est nul.
La courbure de la **Clothoïde,** est linéaire par rapport à la longueur de l'arc.
Parcourue à vitesse constante, la **Clothoïde** maintient constante la variation de l'accélération transversale, ce qui est très avantageux pour le confort des usagers.

Il faut d'après l'ICTAAL2000 que la longueur de clothoïde soit au moins égale à la plus grande de ces deux valeurs : {14|Δδ| et R/9} ;
Où : R (en m) le rayon de courbure.
Δδ (en %): la différence des pentes transversales des éléments du tracé raccordés.
Tel que : |Δδ|=|δ1 – δ0|,
δ1 : représente la pente transversale initiale.
δ0 : le divers de la courbe.

IV.5.2.1. Expression mathématique de la Clothoïde :

Courbure K linéairement proportionnelle à la longueur curviligne

$K = C.\ L : K = \frac{1}{R} \Rightarrow L.R = \frac{1}{C} \Rightarrow \frac{1}{R} = C.L$

On pose**:**

$\frac{1}{C} = A^2 \Rightarrow \boldsymbol{L.R = A^2}$

IV.5.2.2 Eléments de la Clothoïde :

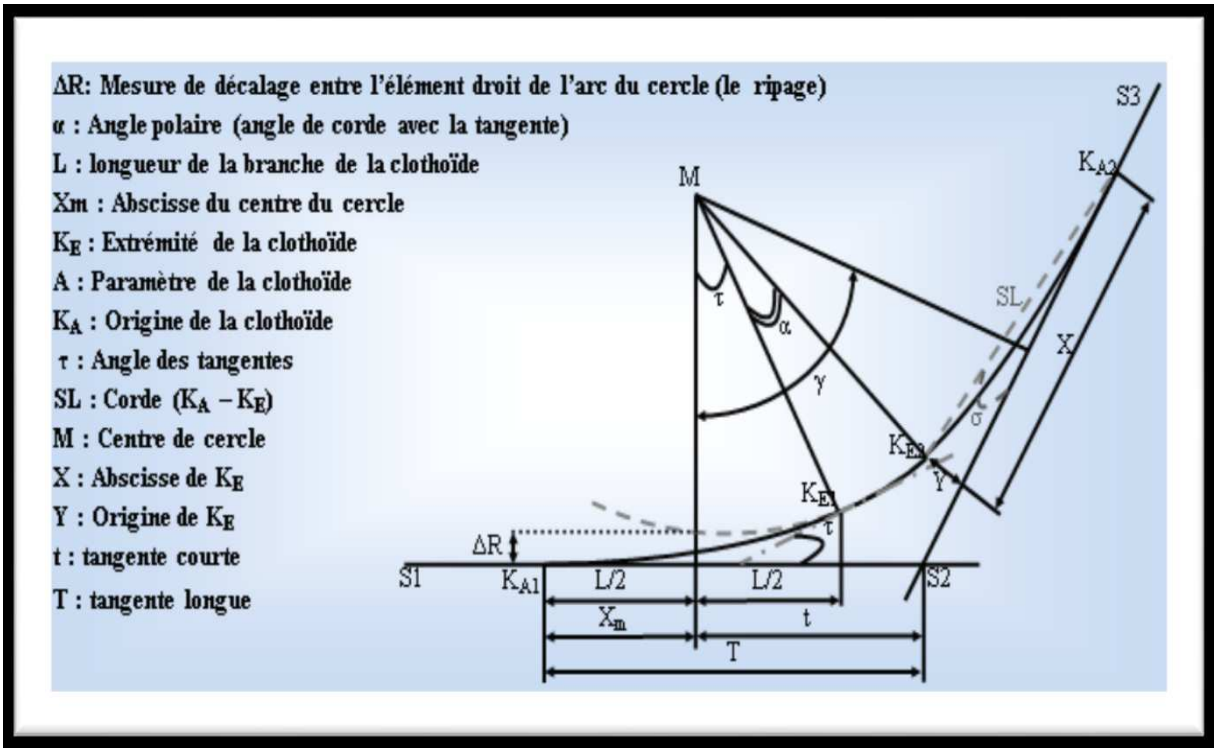


Figure IV.2. Eléments de la Clothoïde

IV.6. Enchainement des éléments de trace en plan :

D'après l'ICTAAL2000 :
Il est conseillé de remplacer les longs alignements droits par des rayons supérieurs ou égaux à 1,5 Rnd, en respectant toujours les conditions de confort et les règles de visibilité.
Comme elles doivent respecter les règles d'enchaînement du tracé en plan ci-après :

✓ Deux courbes successives doivent satisfaire à la condition « R1 ≤ 1,5 R2 » , où R1 est le rayon de la première courbe rencontrée et « R2<1,5Rnd » celui de la seconde.
✓ Cette recommandation est impérative dans une section à risque, comme après une longue descente, à l'approche d'un échangeur, d'une aire ou dans une zone à verglas fréquent.
✓ Séparer deux courbes successives par un alignement droit d'au moins 200 m, si ce n'est pas le cas on utilise l'un des raccordements suivants :

- Courbe en C, courbe à sommet, ou la courbe ovale pour deux courbes de même sens.
- Courbe en S pour les courbes de sens contraire.

IV-7. Calcul manuel d'axe en plan :

Pour illustrer notre travail de calcul d'axe, il nous semble qu'il est intéressant de détailler au moins un calcul d'une liaison de notre axe. La liaison que l'on a choisie se situe au début de notre tracé.

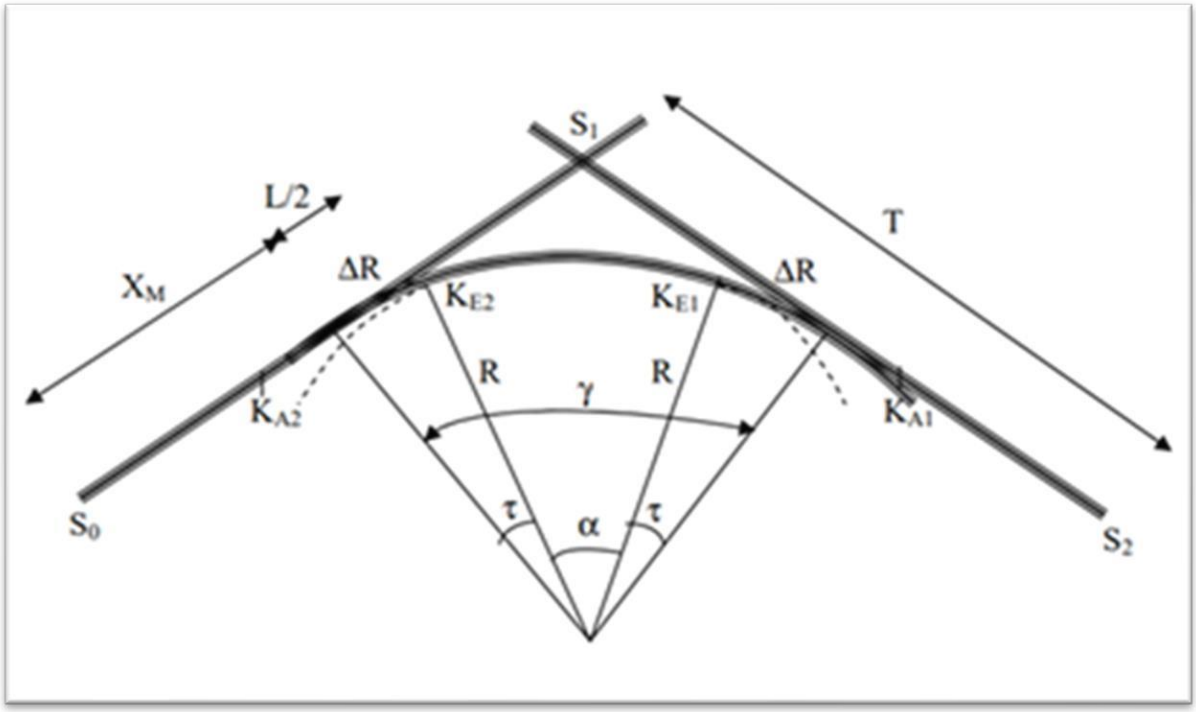


Figure IV.3. Caractéristiques géométriques de l'élément à calculer

Les coordonnées des sommets et le rayon utilisé sont comme suit :

Point	X	Y
A	347791.116	4013512.581
B	347645.588	4013346.558
C	347377.883	4012838.652
D	347172.794	4012036.929

Tableau IV.3. Les données de l'axe à calculer

Rayon = 1000 m < Rhnd=1500m et VB = 130 km/h (Raccordement avec Clothoïde).

IV.7.1. Calcul des gisements :

Le gisement d'une direction est l'angle fait par cette direction avec le nord géographique dans le sens des aiguilles d'une montre.

ΔX_{A}^{B} = XB - XA = 347645.588 – 347791.116 = **-151.528 m**

ΔY_{A}^{B} = YB – YA = 4013346.588 – 4013512.581 = **-166.023 m**

G_{A}^{B} = 200 + arctg ($\frac{|\Delta x|}{|\Delta y|}$) = 200+ arctg ($\frac{|-151.528|}{|-166.023|}$) = 247.096 gr

$$\mathbf{G_{A}^{B} = 247.096\ gr}$$

ΔX_{A}^{D}= XD – XA = 347172.794 – 347791.116 = **- 618.322 m**
ΔY_{A}^{D}= YD –YA = 4012036.929 - 4013512.581 = **-1475.652 m**

G_{A}^{D} = 200 + arctg ($\frac{|\Delta x|}{|\Delta y|}$) = 200+ arctg ($\frac{|-618.322|}{|-1475.652|}$) = 225.260 gr

$$\mathbf{G_{A}^{B} = 225.260\ gr}$$

ΔX_{C}^{D}= XD – XC = 347172.794 – 347377.883 = **- 205.039 m**
ΔY_{C}^{D}= YD –YC = 4012036.929 - 4012838.652 = **-801.723 m**

G_{C}^{D} = 200+ arctg ($\frac{|\Delta x|}{|\Delta y|}$) = 200+ arctg ($\frac{|-205.039|}{|-801.723|}$) = 215.939 gr

$$\mathbf{G_{C}^{D} = 215.939\ gr}$$

α1 = $|G_{A}^{B} - G_{A}^{D}|$ = 48.836 grd
α2 = $|G_{C}^{D} - G_{A}^{B}|$ = 58.157 grd
α3 = 200 - (α1 + α2)=93.007 grd
γ = 200 - α3=106.993 grd

IV.7.2. Calcul des distances :

$\overline{A-D}$= $\sqrt{(XD-XA)^2 + (YD-YA)^2}$ = **1599.959 m**
$\overline{A-S}$= $\frac{\overline{A-D}\ .\sin\boldsymbol{\alpha 2}}{sin\boldsymbol{\alpha 3}}$ = **1274.310 m**

IV.7.3. Calcul du point Sommet :

β = arctg ($\frac{|\Delta X_{A}^{B}|}{|\Delta Y_{A}^{B}|}$) = 47.096 gr

$X_S = X_A + \overline{A-S} \times \sin(\beta)$ =348650.1629m
$Y_S = Y_A + \overline{A-S} \times \cos(\beta)$ =4014453.806m

IV.7.4. Calcul des points Tangents :

L=112m.

$\Delta R = \frac{L^2}{24R} = \frac{112^2}{24.1000} = 0.5227$

$Xm = \frac{L}{2} = \frac{112}{2} = 56$ m

$T = Xm + t = Xm + (R+\Delta R).tg\frac{\gamma}{2}$

$T = 56 + (1000+0.5227).tg\frac{106.993}{2}$ = **1172.936 m**

$X_{ka1} = Xs - T(\sin(\beta)) = 347859.455m$

$Y_{ka1} = Ys - T(\cos(\beta)) = 4013587.457m$

$\theta = \text{arctg}\left(\frac{|\Delta X_{C}^{D}|}{|\Delta Y_{C}^{D}|}\right) = 15.939grd$

$X_{ka2} = Xs + T(\sin(\theta)) = 348940.7715m$

$Y_{ka2} = Ys - T(\cos(\theta)) = 4013317.441m.$

$K = \text{arctg}\left(\frac{|\Delta Y_{A}^{B}|}{|\Delta X_{A}^{B}|}\right) = 52.903gr$

IV.7.4. Calcule de longueur de raccordement progressif :

$Ls \geq MAX(L_1 ; L_2)$ Tel que : $L_1 = 14|\Delta\delta| = 14|\delta_1 - \delta_0|$ et $L_2 = \frac{R}{9}$

Avec : δ_0 : Représente la pente transversale initiale $\Longrightarrow \delta_0 = -2.5\%$
δ_1 : Représente le dévers de la courbe $\Longrightarrow \delta_1 = 2.5\%$

$Ls \geq MAX(14 \times |2.5 + 2.5| ; \frac{1000}{9}) \implies Ls \geq MAX(70 ; 111,11)$

Donc on prend Ls=112m

Le paramètre $A = \sqrt{Ls \times R} = \sqrt{112 \times 1000} = 334.66$

$\frac{R}{9} \leq A \leq R \Longrightarrow$ Donc : 111.11m ≤ 334.66 m ≤1000 m ✓ **vérifié**

IV.7.5. Calcul de la corde SL :

$SL = \sqrt{X_{KE}^2 + Y_{KE}^2}$

Avec :
X_{KE} : La longueur de clothoïde, L = 112 m
Y_{KE} : La hauteur par rapport à l'axe : $\frac{L^2}{6R}$ = 2.09 m

$SL=\sqrt{112^2 + 2.09^2}$ = 112.019 m

IV.7.5. Calcul de l'angle polaire σ :

$\sigma = \text{arctg}(\frac{|Y_{KE}|}{|X_{KE}|})$ = 1.18gr

G_1=k- σ = 52.903-1.18 = 51.723 grd

a_1= SL×cos(G_1) = 77.03m b_1= SL×sin(G_1) = 81.32m

$X_{ke1}=X_{ka1}+a_1$ = 347936.485 m $Y_{ke1}=Y_{ka1}+b_1$ = 4013668.777m

$\rho = \text{arctg}(\frac{|\Delta Y_C^D|}{|\Delta X_C^D|})$ = 84.06gr

G_2= ρ - σ =82.88grd

a_2=SL×cos (G_2) = 29.762m b_2=SL×sin (G_2) = 107.992m

$X_{ke2} = X_{ka2}+a_2$ = 348970.5335m $Y_{ke2} = Y_{ka2}+b_2$ = 4013425.433m

IV.7.6. Calcul des longueurs :

$\tau = \text{arctg}(\frac{L}{2R})$ = 3.561 grd

α = γ-2×τ =106.993 - 2×3.561 = 99.871 grd

La longueur de la Clothoïde est $L = \frac{A^2}{R}$ = 112 m
La longueur de la courbe en Rayon est: $b = \pi \times R \times \frac{\alpha}{200}$ = 1568.77m

Vérification du calcul effectué :

D'après le calcul manuel donc on trouve presque les mêmes résultats trouvés par le logiciel COVADIS. Les résultats de calcul automatique à l'aide de logiciel sont joints en annexe.

V.1. Introduction :

Par définition le profil en long est une coupe verticale représentée sur un plan à une certaine échelle passant par l'axe de la route.
Il s'agit généralement d'une séquence des lignes droites (rampes et pentes) reliées par des courbes circulaires, donc il représente la variation d'altitude de l'axe de la route.
Le but principal du profil en long est d'assurer la continuité dans l'espace de la route du conducteur afin de lui permettre de prévoir l'évolution du tracé

V.2. Règles à respecter dans le tracé de profil en long :

Dans ce paragraphe, on citera des règles à respecter (sauf dans des cas exceptionnels) lors de la conception du profil en long.
L'élaboration du profil en long s'appuiera sur les règles suivantes :
✓ Respecter les valeurs des paramètres géométriques préconisés par les règlements en vigueur.
✓ Eviter les angles rentrants en déblai, car il faut éviter la stagnation des eaux et assurer leur écoulement.
✓ Un profil en long en léger remblai est préférable à un profil en long en léger déblai (défaut d'évacuation des eaux et d'isolation de la route du paysage)
✓ Recherche un équilibre entre le volume des remblais et les volumes des déblais.
✓ Eviter une hauteur excessive en remblai.
✓ Pour assurer un bon écoulement des eaux. On placera les zones des devers nuls dans une pente de 0.5% du profil en long
✓ Remplacer deux cercles voisins de même sens par un cercle unique.
✓ Assurer une bonne coordination entre le tracé en plan et le profil en long, la combinaison des alignements et des courbes en profil en long doit obéir à des certaines règles notamment.

V. 3. Coordination du tracé en plan et profil en long :

Il faut signaler toutefois et des maintenant qu'il ne faut pas séparer l'étude de profil en long de celle du tracé en plan. On devra s'assurer que les inflexions en plan et en profil en long se combinent sans porter des perturbations sur la sécurité ou le confort des usagers.
Et pour assurer ces derniers objectifs on respecte les conditions suivantes :
✓ Associer un profil en long concave, même légèrement, à un rayon en plan impliquant un dégagement latéral important.
✓ Faire coïncider les courbes horizontales et verticales, puis respecter la condition:
Rvertical > 6 Rhorizontal pour éviter un défaut d'inflexion.

V.4. Valeurs limites :

Selon **L'ICTAAL** :

Catégorie	L1	L2
Déclivité maximale	**5%**	**6%**
Rayon en angle saillant(m)	**12500**	**6000**
Rayon en angle rentrant(m)	**4200**	**3000**

Tableau V.1. Les limites des paramètres de profil en long.

V.4.1. Déclivité :

Notre projet est de catégorie L1 selon l'ICTAAL alors :

V.4.1.1. Déclivité minimale :

Les tronçons de route absolument horizontaux, dits « en palier » sont si possibles à éviter, pour la raison de l'écoulement des eaux pluviales. La pente transversale seule de la chaussée ne suffit pas, il faut encore que l'eau accumulé latéralement s'évacue longitudinalement avec facilité par des faussées ou des canalisations ayant une pente suffisante.
Déclivité minimum : $\mathbf{i_{min} = 0.5\%}$**. (sauf pour des cas exceptionnels)**

V.4.1.2. Déclivité maximale :

La déclivité maximale dépend de :

- Condition d'adhérence entre pneus et chaussée.
- Vitesse minimum de PL.
- Condition économique.

Toute fois dans les sinuosités (dans une courbe en plan), il est nécessaire de réduire la déclivité maximum.
Déclivité maximum : $\mathbf{i_{max} = 5\%}$**.**

V.5. Raccordement en profil en long :

Pour des raisons de confort dynamique et de confort visuel notamment, les paramètres géométriques du profil en long doivent respecter les deux types de raccordements :

V.5.1. Raccordements convexes (angle saillant) :

Les rayons minimaux admissibles des raccordements paraboliques en angle saillant sont déterminés à partir de la connaissance de la position de l'œil humain et des obstacles d'une part, des distances d'arrêt et de visibilité d'autre part.
La conception doit satisfaire aux conditions suivantes :

✓**Condition de confort :**

Elle consiste à limiter l'accélération verticale à laquelle le véhicule sera soumis lorsque le profil en long comporte une forte courbure convexe.

✓**Condition de visibilité :**

Elle intervient seulement dans les raccordements des points hauts comme conditions supplémentaires à celle de confort.
Rayon minimal en angle saillant : **12500 m**.

V.5.2. Raccordement concave (angle rentrant) :

Dans un raccordement concave, les conditions de confort et de visibilité de jour ne sont pas déterminantes, par contre on a un problème de visibilité de nuit pour les routes non éclairées.

Rayon minimal en angle rentrant : **4200 m**.

V.6.Parametres fondamentaux :

Les caractéristiques géométriques du profil en long selon l'ICTAAL L1 sont :

Paramètres	Symboles	Valeurs
Déclivité maximale	**Imax**	**5%**
angle saillant	**Rvm**	**12500**
angle rentrant	**R'vm**	**4200**

Tableau V.2. Caractéristiques géométriques de profil en long.

V.7. Détermination pratique de profil en long :

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

$$X^2 + Y^2 - 2RY = 0$$

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

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

- ✓ Donnée les coordonnées (abscisse, altitude) des points A et D.
- ✓ Donnée La pente P1 de la droite (AS).
- ✓ Donnée la pente P2 de la droite (DS).
- ✓ Donnée le rayon R

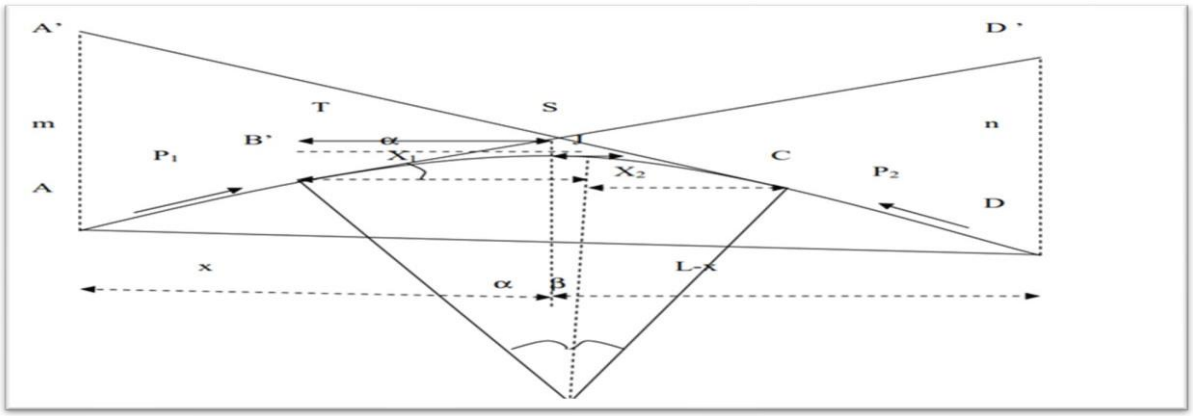


Figure V.1. Schéma de l'élément à calculer

V.8. Exemple de calcul manuel de profil en long :

Cas d'un rayon concave :

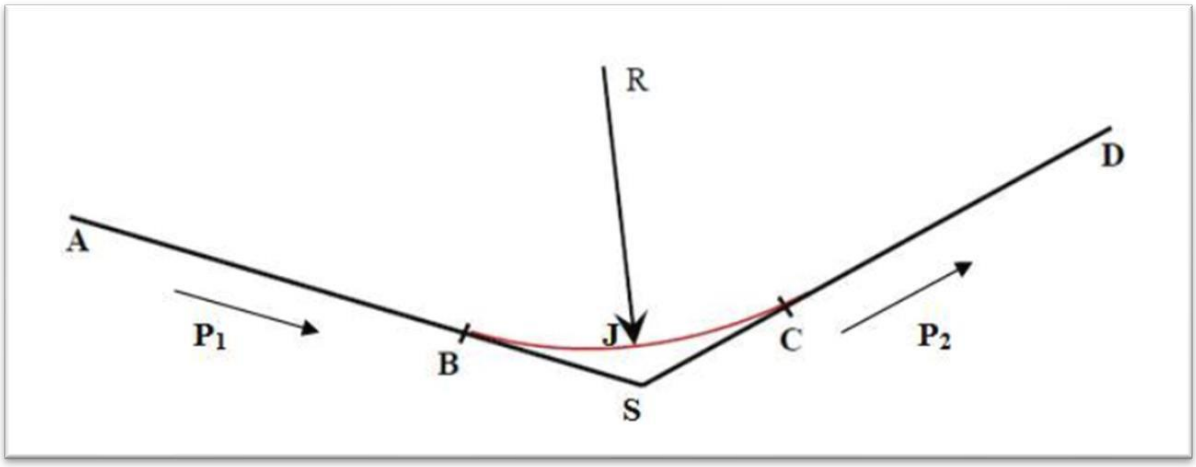


Figure VI.2. Schéma illustratif d'un rayon concave

Point	Abscisse S(m)	Altitude Z (m)
A	**724.840**	**132.910**
S	**6961.401**	**101.727**
D	**7185.509**	**102.847**

Tableau V.3. Les données du PL pour l'axe calculé

Avec **R= 8000 m**

- **Calcul des pentes :**

$P1 = \frac{\Delta ZAS}{\Delta XAS} = \frac{ZS-ZA}{XS-XA} = -0.5\%$

$P2 = \frac{\Delta ZSD}{\Delta XSD} = \frac{ZD-ZS}{XD-XS} = 0.5\%$

- **Calcul des tangentes :**

$T = \frac{R}{2} \times |P1 + P2| = 40m$

- **Calcul de la flèche BX :**

$BX = \frac{T^2}{2R} = 0.1m$

- **Calcul des coordonnées des points de tangentes :**

PointB :
$X_B = X_S - T = 6961.401 - 40 =$ **6921.401**m
$Z_B = Z_S - (T \times P_1) = 101.727 - (40 \times 0.005) =$ **101.527m**

PointC:
$X_C = X_S + T = 6961.401 + 40 =$ **7001.401 m**
$Z_C = Z_S + (T \times P_2) = 101.727 + (40 \times 0.005) =$ **101.927m**

❖ **Calcul de la longueur de raccordement :**

L = 2 × T = **80 m**

❖ **Calcul des cordonnées du point J :**

$X_{J/A}$ = R × P_1 = **40m**

$Z_{J/A} = X_{J/A} \times P1 - \frac{X_{J/A}^2}{2R}$ = **0.1m**

$X_J = X_B + X_{J/A}$ = 6921.401 – 40 = **6881.401 m**

$Z_J = Z_B - Z_{J/A}$ = 101.527 – 0.1 = **101.427m**

❖ **Vérification du calcul effectué :**

D'après le calcul manuel donc on trouve presque les mêmes résultats trouvés par le logiciel COVADIS, le listing d'axe en long se trouve dans l'ANNEXE .

VI.1. Introduction :

En conception routière, le profil en travers est défini par une coupe perpendiculaire à l'axe de la route sur un plan vertical.
un projets routier ne comporte pas un seul profil en travers mais un grand nombre de ces, 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.…)

VI.2. Différent type de profils en travers :

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

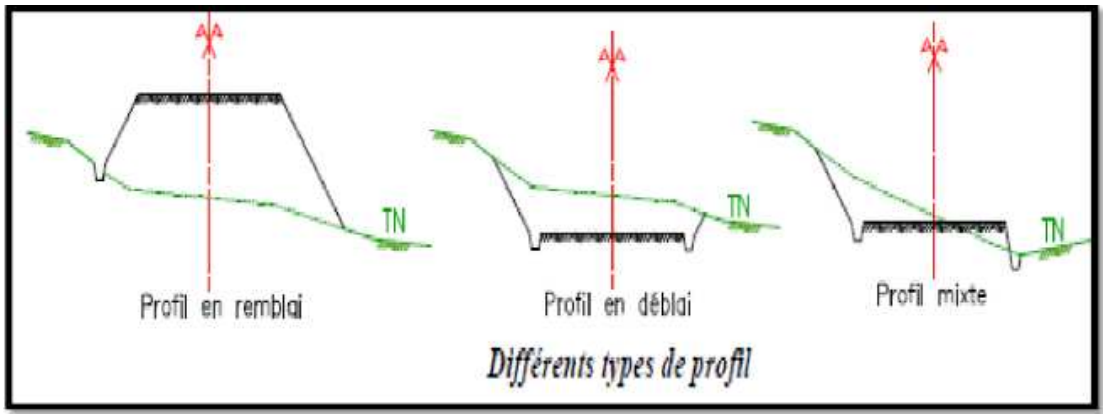
VI.2.1. Le profil en travers type :

Le profil en travers type est une pièce de base dessinée dans les projets de nouvelles routes ou d'aménagement de routes existantes.
Il contient tous les éléments constructifs de la future route, dans toutes les situations (remblais, déblais).
L'application du profil en travers type sur le profil correspondant du terrain en respectant la côte du projet permet le calcul de l'avant mètre des terrassements.

VI.2.2. Le profil en travers courant :

Le profil en travers courant est une pièce de base dessinée dans les projets à une distance régulière (10, 15, 20,25m…) qui servent à calculer les cubatures.

Selon le terrain naturel il existe trois types de profil en travers : les profils en déblais, en remblais et ou bien les profils mixtes.



FigureVI.1. types de profils en travers.

VI.3.Les éléments constitutifs de profil en travers :

Le profil en travers est constitué des éléments suivants :

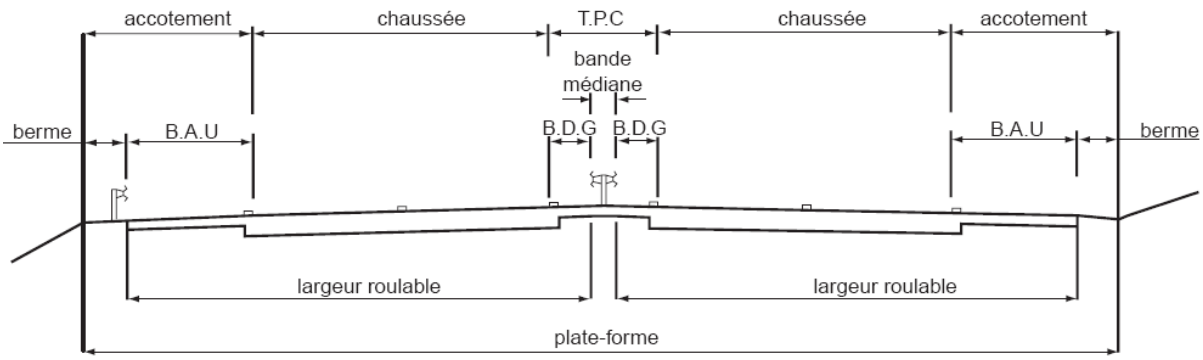


Figure VI.2. Eléments constitutifs du profil en travers en section courante

- **La chaussée :**
  Géométriquement c'est la surface aménagée d'une route sur la quelle circulent normalement les véhicules (chaque chaussée comporte de 2 à 4 voies de circulation larges de 3,50 m)
- **La largeur roulable :**
  Elle comprend les sur largeurs de chaussée, la chaussée et bande d'arrêt.
- **La plateforme :**
  C'est la surface de la route qui comprend la ou les chaussée les accotements et les terre-pleins s'il en existe .
- **Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U) :** Partie de l'accotement, dégagée de tout obstacle et revêtu aménagée pour permettre l'arrêt d'urgence hors chaussée, l'intervention des services de secours, d'entretien et d'exploitation.
- **Bande dérasée gauche (B.D.G) :** Bande dérasée gauche d'une chaussée unidirectionnelle, elle est destinée à permettre de légers écarts de trajectoire et à éviter un effet de paroi lié aux barrières de sécurité. Elle contribue dans les courbes à gauche au respect des règles de visibilité. Elle est dégagée de tout obstacle, revêtue et se raccorde à la chaussée sans dénivellation. Sa largeur est de 1,00 m.
- **Bande médiane :** Partie non roulable du terre-plein central comprise entre les deux bandes dérasées gauche, elle sert à séparer physiquement les deux sens de circulation, à implanter certains équipements (barrières de sécurité, supports de signalisation, ouvrages de collecte et d'évacuation des eaux).
- **Berme :** partie latérale non roulable de l'accotement, bordant une B.A.U, et généralement engazonnée. Elle participe aux dégagements visuels et supporte des équipements : barrières de sécurité, signalisation vertical , … etc .
- **Terre-plein central (T.P.C) :** Bande séparant deux chaussées situées sur une même plateforme . Il est composé d'une bande médiane et deux B.D.G .

VI.4. Pente transversale :

Les courbes de rayon inférieur à R_{nd} sont déversées vers l'intérieur de la courbe.

VI.4.1. En alignement et en courbe non déversée :

La pente transversale d'une chaussée est de 2,5% vers l'extérieur.
La pente d'une B.A.U (ou d'une B.D.D), est identique à celle de la chaussée adjacente, mais au-delà de la sur largeur de chaussée portant le marquage de rive, elle peut être portée à 4% pour des raisons techniques.
Les pentes des B.D.G et du versant en toit d'un T.P.C revêtu sont identiques à celle de la chaussée adjacente. La berme extérieure présente une pente transversale de 8 %.

VI.4.2. En courbe déversée :

La pente transversale d'une chaussée varie linéairement en fonction de 1/R, entre 2,5 % pour R_{nd} et 7 % pour R_m.
La pente de la B.A.U (ou la B.D.D) intérieure à la courbe est la même que celle de la chaussée adjacente. La pente de la B.A.U extérieure (ou la B.D.D) reste la même qu'en alignement droit tant que le dévers ne dépasse pas 4 % ; au-delà, elle est de sens opposé au dévers et égale à1,5%, hormis là sur largeur de chaussée qui conserve la même pente que la chaussée.

VI.4.3. Changement de dévers :

La variation du dévers est habituellement linéaire le long du raccordement progressif.

VI.4.3.1. Point de rotation des dévers :

Lorsque le T.P.C est revêtu, le point de rotation des dévers se situe habituellement sur l'axe de la plate-forme sinon le point de rotation des dévers de chaque chaussée se situe sur le bord gauche de la chaussée.

VI.5. Profil en travers type du notre projet :

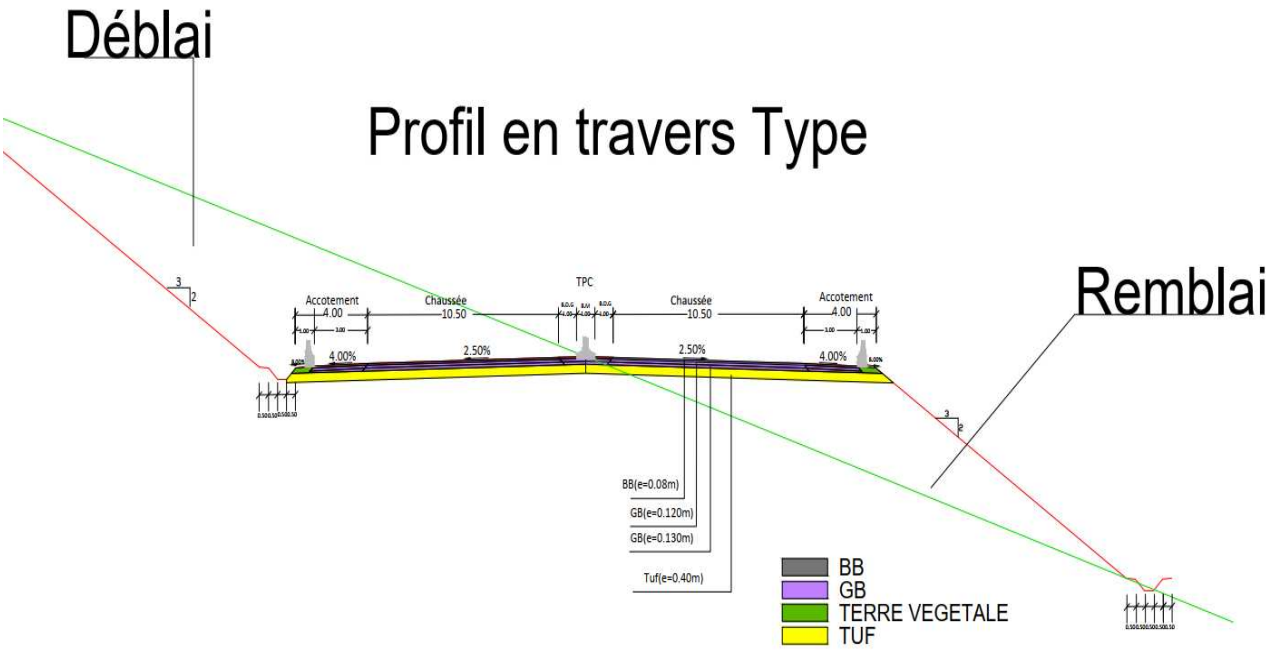


Figure VI.3.Profil type de notre projet

Description	Largeur (m)	Nombre	Largeur totale(m)
Voie de circulation 2x3	3.5	6	21
Terre-plein central (T.P.C)	3	1	3
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	1	2	2
Bande médiane (B.M)	1	1	1
Accotement	4	2	8
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	3	2	6
La berme	1	2	2
La largeur totale de la plate-forme 32 m.			
Dévers en section droite			
Chaussée	2,5 % vers l'extérieur		
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	Identique à celle de la chaussée.		
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	4% vers l'extérieur		
Berme extérieure	8% vers l'extérieur		
Dévers en courbe			
Chaussée	7 % (maximum)		
Bande dérasée de gauche (B.D.G)	Identique à celle de la chaussée		
Bande d'arrêt d'urgence (B.A.U)	Identique à celle de la chaussée		

TableauVI.1.Profil en travers type de projet

VII.1. Introduction :

La cubature des terrassements consiste à calculer les volumes de terre à enlever (déblais) et les Volumes à apporter (remblais) afin de minimiser le coût des terrassements et donner à la route une Allure uniforme et homogène pour recevoir un corps de chaussée qui permettra aux véhicules de Circuler en toute sécurité.

Les éléments qui permettent cette évolution sont :

- Les profils en long
- Les profils en travers
- Les distances entre les profils.

Les profils en long et les profils en travers doivent comporter un certain nombre de points suffisamment proches pour que les lignes qui joignent ces points soit différents le moins possible de la ligne du terrain qu'il représente.

VII.2. Les méthodes de calcul des cubatures :

Pour calculer un volume, il y a plusieurs méthodes parmi lesquelles il y a celle de la moyenne des aires que nous utilisons et qui est une méthode très simple mais elle présente un inconvénient c'est de donner des résultats avec une marge d'erreur, donc pour être proche des résultats exacts on doit majorer les résultats trouvés par le coefficient de **10 %** et ceci dans le but d'être en sécurité.

VII.3. Description de la méthode de calcul des cubatures :

En utilisant la formule qui calcul le volume compris entre deux profils successifs :

$$\mathbf{V=\frac{h}{6}\times(S1+S2+4S0)}$$

Où :
H : hauteur entre deux profils.
S0 : surface limitée à mi- distances des profils.
S1 : surface de profil en travers P1.
S2 : surface de profil en travers P2.

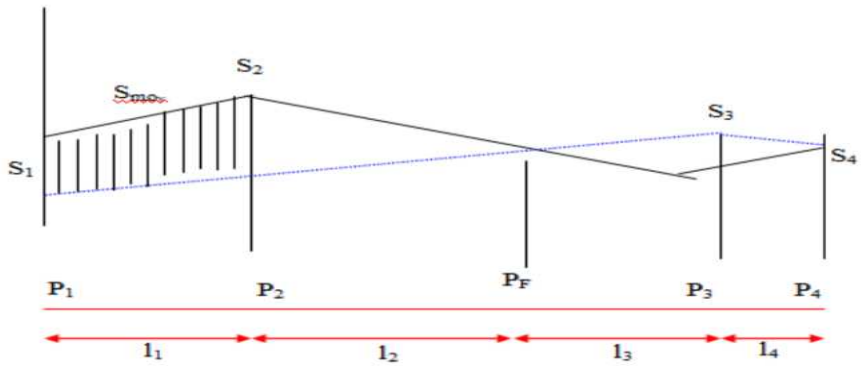


Figure VII.1 profil en long d'un tracé donné

Le volume compris entre les deux profils en travers P_1 et P_2 de section S_1 et S_2 sera égale à :

$$\mathbf{V= \frac{L1}{6} \times (S1+S2+4\,Smoy)}$$

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

$$\mathbf{Smoy= \frac{S1+S2}{2}}$$

Ceci donne : $\mathbf{V1= \frac{L1}{2} \times (S1+S2)}$

Donc les volumes seront :

- Entre P1 et P2 : $\mathbf{V1= \frac{L1}{2} \times (S1+S2)}$
- Entre P2 et PF : $\mathbf{V1= \frac{L2}{2} \times (S2+0)}$
- Entre PF et P3 : $\mathbf{V3 = \frac{L3}{2} \times (S+0)}$
- Entre P3 et P4 : $\mathbf{V4 = \frac{L4}{2} \times (S3+ S4)}$

Le volume total V : V=V1+V2+V3+ V4

$$\mathbf{V= \frac{L1}{2} \times (S1+S2) + \frac{L2}{2} \times (S2+0) + \frac{L3}{2} \times (S+0) + \frac{L3}{2} \times (S+0) + \frac{L4}{2} \times (S3+ S4)}$$

VII.4.Calcul des cubatures de terrassement :

Pour notre projet, le calcul des cubatures a été effectué à l'aide du logiciel « COVADIS » qui nous donne :

- ✓ Volume total de déblai : 152004 m3
- ✓ Volume total de remblai : 564354,4 m3

VIII.1. Introduction :

La géotechnique routière est une science qui étudie les propriétés physiques et mécaniques des roches et des sols qui vont servir d'assise pour la structure de chaussée. Elle étudie les problèmes d'équilibre et de formation des masses de terre de différentes natures soumises à l'effet des efforts extérieurs et intérieurs.

Les résultats du programme de reconnaissance géotechnique établi des sondages carottés, des puits de reconnaissance, des essais au pénétromètre dynamique et d'essais de laboratoire ont été la référence principale pour réaliser les considérations géotechniques et les dispositions constructives présentées pour les terrassements.

VIII.2. Etude géotechnique :

VIII.2.1. Objectifs de l'étude géotechnique :

- ✓ Identification des caractéristiques et comportement des matériaux
- ✓ Identification les risques géotechniques majeurs du site
- ✓ Identification des sources d'emprunt des matériaux et les capacités des gisements
- ✓ Dimensionnement des différentes couches de chaussée

VIII.2.2. Les moyens de reconnaissance :

Les moyens d'une reconnaissance géotechnique sont :

- ✓ L'étude des archives et documents existants (carte géologique, levée topographique...).
- ✓ Les visites de site et les essais in situ.
- ✓ Les essais au laboratoire.

VIII.2.2.1. L'étude des archives et documents existants :

Les études antérieures effectuées au voisinage du tracé sont source précieuse d'informations préliminaires sur la nature des terrains traversés. Les cartes géologiques et géotechniques de la région, lorsqu'elles existent, peuvent aussi apporter des indications assez sommaires mais tout aussi précieuses pour avoir une première idée de la nature géologique et géotechnique des formations existantes.

VIII.2.2.2. Les visites de site et les essais « in-situ » :

Les visites sur site permettent de vérifier et de préciser les informations déjà recueillies sur les documents précédemment cités. Cependant, la connaissance précise des caractéristiques des sols en présence nécessite des investigations « in-situ » permettant :

- ✓ Soit la mesure de certaines caractéristiques en place.
- ✓ Soit le prélèvement d'échantillons pour les besoins d'essais de laboratoire.

Dans la plupart des cas, ces deux éléments sont combinés.

On distingue :

❖ **Les puits de reconnaissance :**

Le creusement s'effectue mécaniquement (pelle hydraulique) ou manuellement, ils permettent d'avoir une idée sur les coupes du terrain à quelques mètres de profondeur.

❖ **Les sondages carottés :**

Permet d'obtenir un échantillon continu de sol prélevé à l'aide d'un carottier, le forage se fait soit par battage (carottier poinçonneur) soit par rotation (carottier rotatif).
Les échantillons (carottes) sont présentés dans des caisses précisant leur identité et la profondeur à laquelle ils ont été prélevés.
Ces sondages permettent d'effectuer un certain nombre d'essais in situ et au laboratoire.

❖ **Essai pressiomètre Menard :**

C'est un essai de chargement effectué in situ consiste à faire descendre dans un forage une sonde cylindrique gonflable a une profondeur donnée et mesurer les variations de volume de sol au contact de la sonde en fonction de la pression radiale appliquée, trois grandeurs sont déduites de cet essai :

- Le module pressiométrique « E » qui définit le comportement pseudo- élastique du sol
- La pression limite « Pl » qui caractérise la résistance à la rupture
- Pression de fluage « Pf » qui définit la limite entre le comportement pseudo- élastique et le comportement plastique

❖ **Essai pénétromètre dynamique :**

L'essai de pénétration dynamique consiste à enfoncer dans le sol, par battage de manière continue, un train de tiges muni, en partie inférieure, d'une pointe débordante et à noter le nombre de coups nécessaires pour faire pénétrer dans le sol la pointe d'une hauteur h de 10 cm.
Cet essai permet de mesurer la résistance dynamique de pointe à la pénétration qd,
les résultats sont donnés sous forme d'un pénétrogramme.

VIII.2.3. Les essais au laboratoire :

Certains essais géotechniques nécessitent un appareillage spécifique et des conditions de travail qui ne peuvent être satisfaites in situ tels que la température ou la durée de l'essai. Sans parler de la disposition du matériel requis et qui, dans un laboratoire, est mieux manié et reste préservé des agressions du climat ou d'un quelconque risque de dégradation possible sur chantier.

VIII.2.3.1. Les essais d'identification :

VIII.2.3.1.1. Masse volumique et teneur en eau :

- **Teneur en eau :**

Exprime pour un volume de sol donné, le rapport du poids de l'eau au poids du sol sec, soit $\omega = W_w/W_s$

- **Masse volumique(γ) :**

Est la masse d'un volume unité de sol : **γ=W/V.**
On calcule aussi la masse volumique sèche : $\gamma_d = W_s/V$

Principe de l'essai :

On utilise le principe de la poussée d'Archimède .En effet, on mesure le volume d'eau déplacé hors de l'introduction d'un certain poids de sol sec, la connaissance du poids des grains solides et de leur volume permet de calculer le poids volumique des grains solides.

But de l'essai :

Le but de cet essai de Calcul de la Masse volumique et teneur en eau est de déterminé expérimental au laboratoire de certains caractéristique physique des sols.

Domaine d'utilisation :

L'essai Calcul de la Masse volumique et teneur en eau utilisé pour classer les différents types de sols.

VIII.3.3.1.2. Analyses granulométriques :

Les résultats de l'analyse granulométrique sont donnés sous la forme d'une courbe dite courbe granulométrique et construite emportant sur un graphique, cette analyse se fait en générale par un tamisage.

Principe d'essai :

L'essai Analyses granulométriques consiste à fractionner au moyen d'une série de tamis et passoires reposants sur un fond de tamis un matériau en plusieurs classes de tailles décroissantes

But de l'essai :

Cet essai nous permet d'identifier des sols, les classer et même également les nommer

Domaine d'application : Classification des sols, étude des matériaux de construction

VIII.3.3.1.3. Limites d'Atterberg :

- Limite de plasticité (Wp) :

Caractérisant le passage du sol de l'état solide à l'état plastique.
Elle varie de **0%** à **100%,** mais elle demeure généralement inférieure à **40%**.

- Limite de liquidité (WL) :

Caractérisant le passage du sol de l'état plastique à l'état liquide

$WL = \omega\ (N/25)^{0.121}$

ω : teneur en eau au moment de l'essai donnant n coups
N: nombre de coups

- L'indice de plasticité (Ip) : IP = WL – WP

Principe de l'essai :

La détermination de W_L et W_P nous donnent une idée approximative des propriétés du matériau étudie, elle permette de le classé grâce à l'abaque de plasticité de Casagrande.

But de l'essai :

Cet essai permet de prévoir le comportement des sols pendant les opérations de terrassement, en particulier sous l'action de la teneur en eau, il se fait uniquement sur les éléments fins du sol (caractériser les sols fins).

Domaine d'application :

l'essai s'applique aux sols fins pendant les opérations de terrassement dans le domaine des travaux publics (assises de chaussées y compris les couches de forme)

VIII.2.3.2. Les Essais Mécaniques :

VIII.2.3.2.1. Essai PROCTOR :

Les remblais posent à l'ingénieur routier un certain nombre de problèmes, d'où on peut citer :

- La stabilité des talus
- La résistance des talus à l'érosion.
- Le tassement.
- le compactage.

Le « compactage » est le procédé le plus économique toujours utilisé dans la construction des remblais pour améliorer la densité sèche du sol (γ_d).

Le « compactage » est une réduction pratiquement instantanée du volume du sol dû à la réduction des vides d'air. Il ne y'a aucune expulsion d'eau ce qui différencie le compactage de la consolidation.

L'étude du compactage s'effectue à l'aide d'un damage normalisé connu sous le nom de « l'**essai Proctor** ».

But de l'essai Proctor :

L'essai Proctor a pour but de déterminer pour un compactage d'intensité donnée, la teneur en eau à laquelle doit être compacté un sol pour obtenir la densité sèche maximum. La teneur en eau ainsi déterminée est appelée « teneur en eau **optimum Proctor** ».

Principe de l'essai Proctor :

L'essai Proctor consiste à compacter dans un moule standard, à l'aide d'une dame standard et selon un processus bien déterminé, un échantillon du sol à étudier et à déterminer le teneur en eau du sol et sa densité sèche après le compactage.

L'essai Proctor est répété plusieurs fois de suite sur des échantillons portés à des teneurs en eau croissantes (2%, 4% ,6% ,8% ,10%,12% ,14%,16%)On détermine ainsi plusieurs points de la courbe représentative des densités sèches en fonction des teneurs en eau. On trace alors la courbe en interpolant entre les points expérimentaux. Elle représente un maximum dont l'abscisse est « la teneur en eau **optimum Proctor** », et l'ordonnée « la densité sèche maximum **Proctor** ».

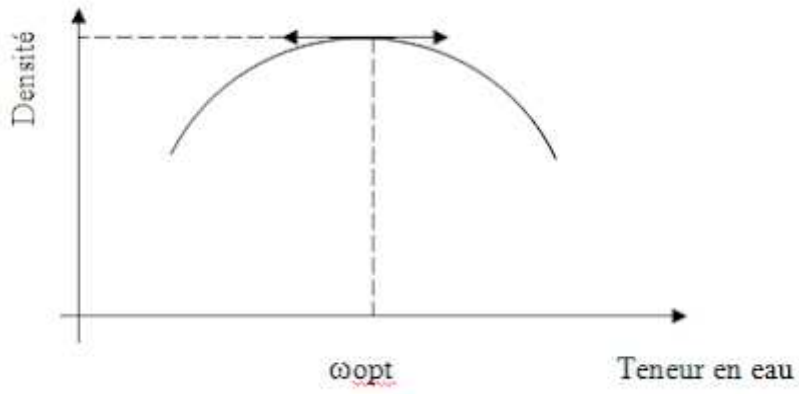


Figure VIII.1.Diagramme Proctor simple

L'essai Proctor s'effectue généralement pour deux compactages d'intensités différentes :

-Essai Proctor normal :

le compactage n'est que moyennement poussé. Il est généralement utilisé pour les études de remblais en terre (barrages et digues).
Il s'effectue en trois couches avec « la dame Proctor normal », l'énergie de compactage est de :
- 55 coups de dame par couche dans le moule C.B.R.
- 25 coups par couche dans le moule Proctor normal.

-Essai Proctor modifié :

le compactage est beaucoup plus intense ,il correspond en principe au compactage maximum que l'on peut obtenir sur chantier avec les rouleaux à pieds de mouton ou les rouleaux à pneus lourds modernes. C'est ordinairement par l'essai Proctor modifié que l'on détermine les caractéristiques de compactage (teneur en eau optimal, densité sèche maximal) des matériaux destinés à constituer la fondation ou le corps de chaussée des routes et des pistes d'aérodromes.
Le compactage dans ce cas-là s'effectue en cinq couches successives avec « la dame Proctor modifié » l'énergie de compactage est de :
-55 coups de dame par couche dans le moule C.B.R.
-25 coups par couche dans le moule Proctor.

Domaine d'utilisation : cet essai est utilisé pour les études de remblai en terre, en particulier pour les sols de fondations (route, piste d'aérodromes).

VIII.2.3.2.2. Essai C.B.R (California Bearing Ratio) :

On réalise en général trois essais : **« CBR standard »**, **« CBR immédiat »**, **« CBR imbibé »**. On s'intéresse actuellement au **« CBR imbibé »**.

Principe de l'essai :

on compacte avec une dame standard dans un moule standard, l'échantillon de sol recueilli sur le site, selon un processus bien déterminé, à la teneur en eau optimum **(Proctor modifié)** avec trois **(3)** énergies de compactage **25 c/c** ; **55 c/c** ; **10 c/c** et imbibé pendant quatre **(4)** jours.
Les passants sur le tamis inférieur à **20 mm** dans le moule CBR.

But de l'essai :

L'essai a pour but de déterminer pour un compactage d'intensité donnée la teneur en eau optimum correspondant, elle permet d'évaluer la portance du sol en estimant sa résistance au poinçonnement.

Domaine d'utilisation :

Cet essai est utilisé pour dimensionnement des structures des chaussées et orientation les travaux de terrassements.

VIII.3. Application sur notre projet :

VIII.3.1. La reconnaissance « in-situ » :

VIII.3.1.1. Sondage carotté :

Sondage	PK	Sondage	PK
S128	33+000	S 130	35+190
S129	33+120	S 131	35+375
S2-33/02-1	33+560	S2-35/01-1	35+470
S2-33/02-2	33+574	S2-35/01-2	35+512
S2-33/03-1	33+679	S2-35/01-3	35+537
S2-33/03-2	33+712	S2-35/01-4	35+579
S2-33/03-3	33+746	S2-35/01-5	35+604
S2-33/03-4	33+779	S2 36/01-1	36+526
S2-33/03-5	33+812	S2 36/01-2	36+559
S2-34/01-1	34+263	S2 37/01-1	37+435
S2-34/01-2	34+295	S2 37/01-1	37+458
S2-34/01-3	34+329	S2 37/01-3	37+480
S2-34/01-4	34+362	S2 40/01-1	40+025
S2-34/02-1	34+843	S2 40/01-2	40+013
S2-34/02-2	34+884	S2 40/01-3	40+000

S2-34/02-3	34+909	S2 40/02-1	40+933
S2-34/02-4	34+952	S2 40/02-2	40+931
		S2 40/02-3	40+928

Tableau VIII.1. Sondage carotté

❖ **VIII.4.1.2. Les puits de reconnaissance :**

Puit	PK	Profondeur(m)	épaisseur de Terre végétale (m)	Description
P130	32+900	4	0.5	Argile limoneuse
P131	34+025	4	0,4	Argile limoneuse sableuse
P132	34+600	4	0,4	Argile limoneuse sableuse
P133	35+180	4	0.3	Sable limoneux argileux
P134	36+200	4	0,3	Limon argileux
P135	37+000	4	0,65	Sable limoneux
P136	38+025	4	0,3	Limon argileux faiblement sableux
P137	38+575	4	0,5	Limon argileux faiblement sableux
P138	39+100	4	0,5	Limon argileux sableux
P139	39+670	4	0,55	Limon argileux sableux
P140	40+200	4	0,3	Argile limoneuse faiblement sableuse
P141	40+700	3,5	0,35	Limon argileux sableux
P142	41+175	3,5	0,45	Limon argileux faiblement sableux
P143	41+500	3,5	0,5	Limon argileux faiblement sableux
P144	41+790	3,5	0,5	Limon argileux sableux

Tableau VIII.2. Les puits de reconaissance

VIII.3.1.3. Essai pénétration dynamique (sondage pénétrométrique) :

Les essais au pénétromètre dynamique, ont été réalisés dans les zones des remblais.
Leurs résultats ont fourni des informations sur l'épaisseur des dépôts de couverture et des matériaux de l'horizon d'altération et sur les caractéristiques de résistance à la pénétration des matériaux, permettant d'évaluer les conditions d'assise des remblais.
Sur la section en étude, 12 sondages pénétrométrique ont été effectués le long du tracé: DPSH118 à DPSH128, poussés jusqu'à 10 m de profondeur.

Nº d'essais	Localisation (Pk)	Prof. (m)
DPSH118	34+000	10
DPSH119	34+585	10
DPSH120	34+800	10
DPSH121	36+195	10
DPSH122	37+010	10
DPSH123	38+030	10
DPSH124	38+590	10
DPSH125	39+105	10
DPSH126	39+680	10
DPSH127	40+200	10
DPSH128	40+705	10

Tableau VIII.3. Sondage carotté pénétrométrique

Interprétation

D'après l'analyse des résultats des essais in situ, on constate :

- La profondeur moyenne des forages réalisés a été de 30 mètres ;
-Le sol est généralement un limon argileux

VIII.3.1.4. Essai au laboratoire :

Les essais au laboratoire prévus sont résumés dans le tableau suivant :

Essai	description	Norme
Essais physique	Analyse granulométrique (tamisage à sec et par sédimentation)	(NF P 94-056) et (NF P 94-057)
	Teneur en eau	(NF P 94-050)
	Limites d'Atterberg	NFP 94-051
	Essai au bleu de méthylène VBS	NFP 9-068
Essais mécanique	Essai œdométrique	NFP 94-091
	Essai de cisaillement	NFP 94-071-1
	Essai Proctor modifié	NF P 94-093
	Essai CBR imbibé	NF P 94-078

Tableau VIII.4. Les essais au laboratoire

VIII. 3.1.4.1. Essai physique :

PK	Profondeur(m)	Granulométrie (%)			Limite d'Atterberg			VBS	Teneur en eau W(%)
		Dmax	<2mm	<0,08mm	WL	WP	IP		
34+025	2.2-2.6	<50mm	93	68	42	22	22	2.33	14.34
34+600	2.4-3	<50mm	100	74	28	15	13	1.7	16.48
35+180	2.2-2.8	<50mm	91	42	26	13	13	1.33	14.49
36+200	1.6-2.2	<50mm	99	96	35	16	19	1.73	18.8
37+000	1.1-1.8	<50mm	96	42	26	13	13	1.66	13.89
38+025	1.4-2.2	<50mm	99	92	31	15	16	1.7	9.04
38+575	1.1-1.8	<50mm	100	89	46	22	24	5	12.17
39+100	1.2-1.9	<50mm	100	76	36	18	18	3.33	4.92
39+670	1.7-2.4	<50mm	100	65	35	17	18	2.66	12.98
40+200	1.2-2.0	<50mm	99	90	45	20	25	3.33	19.03
40+700	1.7-2.3	<50mm	94	68	32	16	16	2.33	16.79
41+175	1.6-2.4	<50mm	100	88	39	19	20	2.66	14.44
41+500	1.4-2.2	<50mm	94	86	35	18	17	4.11	15.68
41+790	1.8-2.5	<50mm	100	59	47	24	23	3.33	15.49

Tableau VIII.5. Les essais physiques

VIII.3.1.4.1. Essais mécaniques :

PK	Prof(m)	Proctor modifiée		CBR	Cisaillement rectiligne		Odomètre		
		ɣopt (t/m3)	Wopt (%)		Cu (bar)	ϕu(°)	σc (bar)	Cc(%)	Cg(%)
34+025	2.2-2.6	1.6	10.5				3.08	14.01	20.5
34+600	2.4-3	1.84	14.8						
35+180	2.2-2.8	1.79	14						

36+200	**1.6-2.2**	**1.77**	**17.1**						
37+000	**1.1-1.8**	**1.97**	**10.8**	**7.5**	**0.86**	**23**	**2.7**	**11.01**	**1.4**
38+025	**1.4-2.2**	**1.90**	**11.5**						
38+575	**1.1-1.8**	**1.76**	**10.7**						
39+100	**1.2-1.9**	**1.74**	**15.3**		**0.94**	**22**	**2.52**	**7.67**	**0.88**
39+670	**1.7-2.4**	**1.76**	**14.1**	**9.4**					
40+200	**1.2-2.0**	**1.88**	**14.4**		**1.02**	**13.69**	**2.81**	**10.01**	**1.17**
40+700	**1.7-2.3**	**1.74**	**15.9**						
41+175	**1.6-2.4**	**1.73**	**17.1**	**5**	**1.17**	**18.03**	**2.31**	**12.01**	**1.41**
41+500	**1.4-2.2**	**1.71**	**18.02**						
41+790	**1.8-2.5**	**1.82**	**16.3**		**0.38**	**25**	**2.77**	**7.34**	**1.7**

Tableau VIII.6. Les essais mécaniques

VIII.3.2.Classification des sols :

VIII.3.2.1.Classification GTR :

Selon le Guide des terrassements routiers (GTR – SETRA/LCPC- Fascicules I et II), les paramètres retenus pour la classification des sols se rangent en deux (2) catégories :

- Paramètres de nature, Ce sont la granularité et l'argilosité ;
- Paramètres d'état :

• État humide (h) ;
• État très humide (th) ;
• État humide moyenne (m) ;
• État sec (s) ;
• État très sec (ts).

Les résultats des essais granulométriques montrent une prédominance de fines avec un tamisât à 80 µm > 35 %

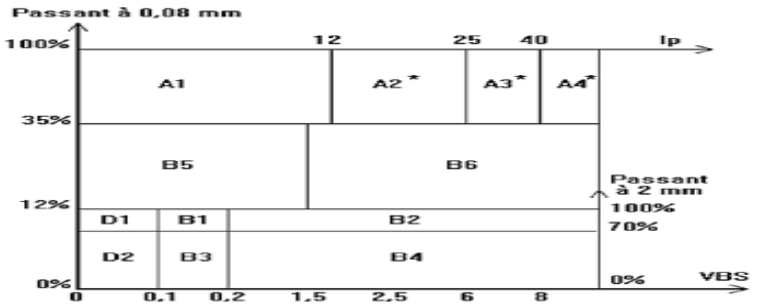


Figure VIII.3. Classification du matériau selon GTR

Exemple de classification :

Puits	Prof (m)	Wn (%)	Analyse granulométrique		Limites d'Atterberg				Proctor modifié	
			2mm	0.08mm	WL	WP	Ip	Ic	γd (t/m3)	Wopt (%)
P131 (PK34+025)	2.4-3	16.48	100	74	28	15	13	0.88	1.84	14.8

Tableau VIII.7. Donnés de classification

- **1er niveau**

Dmax>50mm
et tamisât à 80µm=74% >35 % ⎫ ⇒ **sols de classe A (sols fins)**

- **2eme niveau : granularité et argilosité**

VBS= 1.7
$I_P \leq 2,5$ ⎫ ⇒ Sous classe **A_1** (limon peu plastique ,loess,silits alluvionnaires,sable fin Peu polués)

- **Classement selon l'état hydrique :**

Wn=16.48
Wopt=14.8 ⎫ ⇒ **Etat hydrique humide (h)**

$1.10W_{OPN} < W_n < 1.25W_{OPN}$ ⎭

Alors le sol est de classe **A_1h**

Les résultats de classification de tous les puits sont résumés comme suivant :
Tous les sols analysés prélevés des puits de reconnaissance et des sondages carottés, appartiennent à la classe A (sols fins),
Ces sols appartiennent aux sous classes suivantes **:**
A2th, A1h, A1m, A1s, A2h, A2m, A2s correspondant aux limon peu plastique , sable fins peu pollués, sables fins argileux, limons, argiles et marnes peu plastiques….

VIII.3.3.Condition d'utilisation des matériaux :

VIII.3.3.1.En remblais :

Sur la base de classification GTR par les résultats des sondages carottés et des puits de reconnaissance, l'analyse a été effectuée pour étudier la possibilité de réutilisation des sols à déblayer en remblais. Cette possibilité d'utilisation en remblais peut être changée selon la situation météorologique et les états hydrauliques des matériaux lors travaux d'exécution.

Classe GTR	Possibilités de réutilisation
A2th	Sols normalement inutilisables en l'états
A1h	Ces sols sont difficiles à mettre en œuvre en raison de leur portance faible , la sensibilité à l'eau de ces sols implique de les traiter le plus souvent en associant chaux ou liant hydraulique
A1m	Ces sols s'emploient facilement mais sont très sensibles aux conditions météorologiques qui peuvent très rapidement interrompre le chantier à cause d'un excès de teneur en eau ou au contraire conduire à un matériau sec difficile à compacter.
A1s	Ces sols sont difficiles à compacter , il faut au moins éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grande hauteur un changement de leur état hydrique est nécessaire
A2h	La sensibilité à l'eau des sols de cette classe implique de les traiter le plus souvent en associant chaux ou liant hydraulique étant donné l'importance de la fraction argileuse.
A2m	Ces sols ne posant pas de problème de réutilisation en remblai sauf par pluie fort ou moyenne
A2s	La teneur en eau faible de ces sols oblige à un compactage intense. Il faut au moins éviter de réduire encore leur teneur en eau et pour des remblais de grand hauteur un changement de leur hydrique est nécessaire

TableauVIII.8. Condition d'utilisation des matériaux en remblais

VIII.3.3.2.En couche de forme :

La substitution se fait par une couche de forme choisis selon des critères techniquo-économique, pour notre projet on a utilisé le Tuf en provenance des gîtes Thaalba et Boufradji 2 situés à Chlef comme matériau de couche de forme à condition d'éliminer les éléments grossiers (fraction > 63mm). Cependant, il est recommandé de les humidifier et de les mettre en œuvre en couche moyennes (30 à 50 cm) .

VIII.4.Pente des talus :

En général, la pente de talus adoptée sera de 3H/2V avec des banquettes chaque 6 m de hauteur pour assurer la stabilité et ce qui permettra d'atténuer le problème de l'érosion superficielle et de ravinement des talus que ce type de matériaux présents couramment.

VIII.5.Conclusion :

D'après les résultats de l'investigation géotechnique on peut constater que :

- ✓ la grande partie de notre sol est constitué des limons, sables fins, argile.
- ✓ les sols rencontrés sont de classe (A_1h, A_2th, A_1m, A_1s, A_2h, A_2m, A_2s) selon GTR.
- ✓ Les matériaux qui peuvent être réutilisés pour la réalisation des couches de remblais sont les sols de classe : A_1h, A_1m, A_1s, A_2h, A_2m, A_2s en prêtant attention aux conditions de mise en remblai .

Concernant les matériaux réutilisables, le taux de réutilisation est fait par la décision du projeteur selon l'observation des visites du site, les résultats des sondages et essais géotechniques.

IX.1. Introduction :

Le dimensionnement de la chaussée consiste à trouver le type de structure et les épaisseurs de chaque couche en s'appuyant sur trois familles de paramètres qui sont les suivants:

- ✓ Le trafic est l'importance de la circulation et surtout l'intensité du trafic en poids lourds
- ✓ La portance du sol support désignée par son indice C.B.R
- ✓ La durée de service.

IX.2. Les principales méthodes de dimensionnement :

- ❖ **Méthode CBR (California – Bearing – Ratio)**
- ❖ **Méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP)**

IX.3. Application au projet :

IX.3.1. Méthode CBR (California – Bearing – Ratio) :

Pour notre projet nous avons :

- ✓ $TJMA_{2045}$ = **25531 v/j.**
- ✓ PL= **24%.**
- ✓ I_{CBR} = **5%**
- ✓ Chaussée unidirectionnelle à **3** voies : **80%** du trafic PL sur la voie lente de droite.
- ✓ N(PL) **=25531 × 0,24 × 0.8 = 4902** PL/j/sens/voie la plus chargé.

❖ **Calcul de l'épaisseur équivalente :**

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

- ➢ **e:** épaisseur équivalente.
- ➢ **P :** Charge par roue P = 6.5 t (essieu 13 (t)).
- ➢ **N :** Trafic poids lourd par jour sur la voie la plus chargée à l'année horizon.
- ➢ **Log :** Logarithme décimal.

A.N :

$$e = \frac{100+(\sqrt{6.5})(75+50\times\log\left(\frac{4902}{10}\right))}{5+5} = 63.41$$

e=64 cm

L'épaisseur équivalente est donnée par la relation suivante :

$e_{éq}$=Σ ei (réel)×ai

ei : épaisseurs réelles des couches.

ai :coefficients d'équivalences sont tirées du tableau des équivalences matériaux ci-après :

Matériaux utilisées	coefficients d'équivalence ai
Béton bitumineux ou enrobe dense	2.00
Grave ciment-Grave laitier	1.50
Sable ciment	1.00 à 1.20
Grave concasse ou Gravier	1.00
Tuf	0.6 à 0.7
Grave roulée – grave sableuse TVO	0.75
Sable	0.50
Grave bitume	1.60 à 1.70

Tableau IX.1. Coefficients d'équivalence.

On a proposé les matériaux avec son coefficient équivalent pour chaque couche :

- Couche de roulement en béton bitumineux (BB). **a1 = 2.**
- Couche de base en grave bitume (GB). **a2 = 1.6.**
- Couche de fondation en grave non traitée (GNT). **a3 = 1.**

Pour le calcul on fixe deux épaisseurs et on calcule la 3eme, généralement on adopte les épaisseurs suivantes des mises en œuvre des matériaux les plus courants :

BB : 5-8cm **GB** : 10-20 cm **GNT**: 15-30cm **TUF**: 30 cm et plus

Pour notre cas on prend : e1(BB)= 8 cm ; e2(GB)= 15 cm. e3(GNT)= ?

A.N :

$$\mathbf{e3=\frac{etot-(a1\times e1+a2\times e2)}{a3}=\frac{64-(2\times 8+1.6\times 15)}{1}=24\ cm}$$

alors **e3 = 24 cm**

Récapitulatif :

Nom de la couche	Epaisseur réel (cm)	Coefficient d'équivalence
Couche de roulement BB	**8**	**2**
Couche de base GB	**15**	**1.6**
Couche de fondation GNT	**24**	**1**
Totale	**47**	**/**

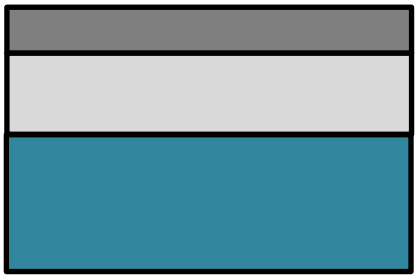
Tableau IX.2. tableau récapitulatif.

Notre structure comporte : **8BB + 15GB +24GNT**

8cm BB

15cm GB

24cm GNT



IX.3.2. Méthode de catalogue de dimensionnement des chaussées neuves (CTTP) :

❖ Choix du niveau de réseau :

- La route principale présentant intérêt économique et stratégique.
- TJMA$_{2019}$= 9209 V/J >1500v/j ⇒ **RP1**

Donc on est dans le réseau principal de niveau 1 (RP1).

❖ Détermination de la classe de trafic :

Taux de d'accroissement : 4 %
TJMA$_{2025}$ =11652v/j/sens.
La répartition de poids lourds de la chaussée unidirectionnelle a 3 vois est de 80 %
AN :
TPL$_{2019}$ = 9209 x 0.24 x 0.8 = 1768,128 PL/j/sens
TPL$_{2025}$= 11652 x 0.24 x 0.8 = **2237,184 PL/j/sens**
TPL$_{2045}$ = 25531 x 0.24 x 0.8 = 4901,952 PL/j/sens

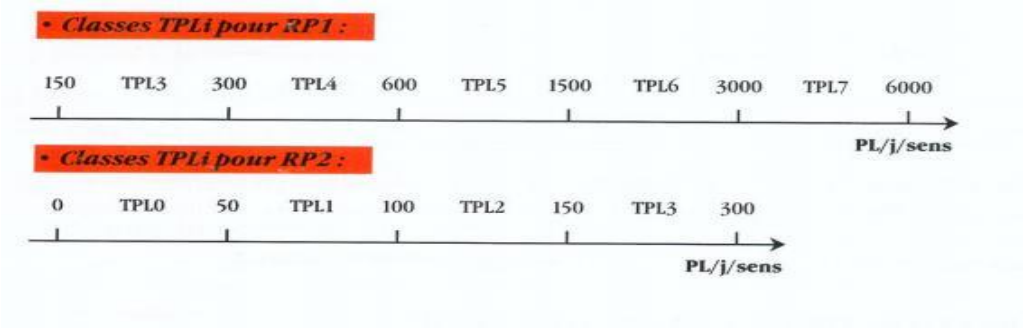


Figure IX.1. Classe TPL pour les réseaux principaux

On a **TPL$_{2025}$=2237,184 PL/j/sens** donc d'après le classement donné par le catalogue des structures notre trafic est classé en **TPL6.**

❖ Détermination de la classe de portance du sol support :

Pour le dimensionnement des structures, on distingue 5 classes de sols support à savoir : S4, S3, S2, S1, S0.

On a un **CBR = 5** donc d'après le tableau (fascicule 1-Catalogue Algérien de dimensionnement des chaussée) on a une classe de portance de **S3**.

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

Tableau IX. 3. Portance du sol en fonction du CBR

❖ **La portance des sols terrassés :**

Le module est en déduit à partir de la relation suivante :

$$E(MPa)=5.CBR$$

Donc le sol support du projet se caractérise par un module **E= 5 × 5 = 25 MPA**

❖ **Sur classement des sols supports de chaussées :**

Lorsque des cas de sols de faible portance (S4 et S3 en RP1) sont rencontrés, le recours à une couche de forme devient nécessaire pour permettre la réalisation des couches de chaussées dans des conditions acceptables.

La couche de forme a pour but d'améliorer la portance du sol support, le (CTTP) a fait des recherches sur la variation du CBR selon les différentes épaisseurs de CF, le mode de sa mise en place (nombre de couches) et la nature du matériau utilisé (les plus répandu en Algérie) pour la réalisation de la CF.

Classe de portance de sol terrassé (Si)	Matériau de couche de forme	Epaisseur de matériau de couche de forme	Classe de portance de sol-support visée (Sj)
< S4	Matériaux non traités (*)	50 cm (en 2 couches)	S3
S4	//	35 cm	S3
S4	//	60 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	40 cm (en 2 couches)	S2
S3	//	70 cm (en 2 couches)	S1

(*) Matériaux non traités : Grave non traitée (G.N.T.), matériaux locaux (T.V.O, tufs, etc...).
Pour l'utilisation des matériaux locaux, il est recommandé de faire une étude spécifique au laboratoire

Les sols recensés ont un indice CBR de **5** dans la majorité des cas, de classe de portance est donc **S3,** notre sol doit être surclassé (S3 ⇒ S2), on adopte une couche de forme de **40 cm de TUFF** (En vue de sa disponibilité et son coût) réalisée en deux couches de 20 cm.
La structure possible de notre ouvrage d'après le catalogue (d'après le fascicule 1).
MTB (matériaux traités au bitume) : **GB/GB ; GB/GNT.**

❖ **La portance de sols supports retenues :**

NB : le calcul de dimensionnement (Alizé) a été fait en considérant la valeur limite inférieure de chaque classe.

Classes de portance (Si)	S4	S3	S2	S1	S0
Modules (MPa)	15	25	50	125	200

Figure IX.2. classe portance à long terme du sol support.

Donc les caractéristiques mécaniques nécessaires pour la modélisation (Alizé) sont :
- Le module de Young : E = 50 Mpa.
- Le coefficient de poisson : ϑ= 0.35.

❖ **Détermination des données climatiques :**

- **La zone climatique :**

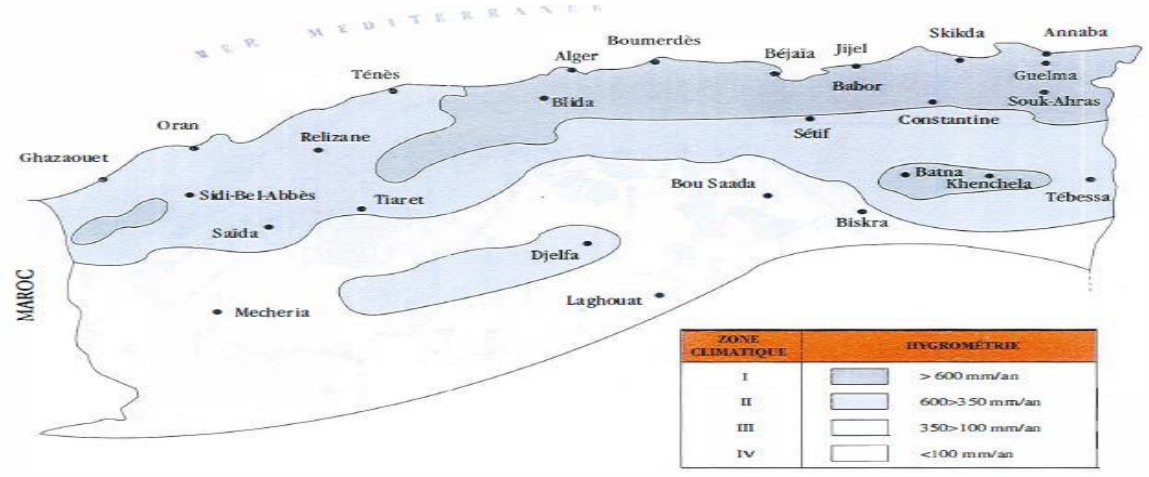


Figure IX.3. Zone climatique

D'après la carte climatique de l'Algérie notre projet s'inscrit dans la zone climatique : II

- **La température équivalente :**

Les valeurs de températures équivalentes retenues pour le calcul du dimensionnement données dans le tableau suivant :

Zone climatique	**I et II**	**III**	**IV**
Température équivalente θ_{eq} (°C)	20	25	30

Tableau IX. 4. Choix des températures équivalentes

❖ **Durée de vie :**

Niveau de réseau principal (RPi)	Matériaux types	Structures types	Durée de vie (années)
RP1	MTB (matériaux traités au bitume)	GB/GB, GB/GNT, GB/TUF,GB/SG	20
	MTLH (matériaux traités aux liants hydrauliques)	GL/GL	20
		BCg	25
RP2	MNT (matériaux non traités)	GNT/GNT, TUF/TUF, SG/SG, AG/AG	15
	MTB (matériaux traités au bitume)	SB/SG	15

GB : grave bitume, GL : grave laitier, BCg : béton de ciment goujonné, SB : sable bitume, GNT : grave non traitée, SG : sable gypseux, AG : arène granitique, Tuf : encroûtement calcaire.

Figure IX.4. Durée de vie

❖ Choix de dimensionnement :

Nous sommes dans le réseau principal **(RP1)** la **zone climatique 2**, durée de vie de **20 ans**, taux d'accroissement de **(4%)**, portance de sol **(S2)** et une classe du trafic **(TPL6).**
D'après le catalogue algérien (fascicule 3) on a les structures suivantes :



Figure IX.5. Structures proposées par le fascicule 3

On a choisi la structure suivante : **8BB + 12GB + 13GB + 40TUF(CF)(20cm+20cm)**

Couches	Épaisseurs (cm)	Type d'interface
BB (couche de roulement)	**8**	**Collée**
GB (couche de base)	**12**	**Collée**
GB (couche de fondation)	**13**	**Collée**
Tuf (couche de forme)	**40**	**Collée**

Tableau IX.5.Structure choisie

IX.4.3. Vérification en fatigue des structures et de la déformation du sol :

Il faudra vérifier que ε_z et ε_t calculées à l'aide d'**Alize III**, sont inférieures aux valeurs admissibles qui est donnée par relation empirique déduit à partir d'une étude statique de comportement des chaussées Algériennes c'est-à-dire respectivement a $\varepsilon_{t,\,adm}$ et $\varepsilon_{z,\,adm}$.

$\varepsilon_z < \varepsilon_{z.adm}$ et $\varepsilon_t < \varepsilon_{t.adm}$

ε_t : la déformation de traction par flexion à la base des couches bitumineuses.

ε_z : la déformation verticale sur le sol support.

IX.4.3.1. Calcule du trafic cumulé en essieux équivalant de 13 tonnes (TCEi) :

Le coefficient d'agressivité structurelle moyenne (CAM) d'un poids lourd est de 0,6 d'après la norme algérienne.

$$\mathbf{TCE}i = TPL\mathbf{i} \times \mathbf{C}A\mathbf{M} \times \frac{(1+i)^n-1}{i} \times \mathbf{365}$$

Avec :
i : taux d'accroissement
n : durée de vie
TPL : trafic poids lourds a l'année de mise en service

AN :

$$\mathbf{TCE}i = \mathbf{2237{,}184 \times 0.6 \times}\frac{(1+0.04)^{20}-1}{0.04} \times \mathbf{365}$$

$$\Rightarrow \mathbf{TCE = 14.59 \times 10^6 \text{ essieux 13 tonnes}}$$

IX.4.3.2. Calcul de trafic poids lourd cumulé :

$$\mathbf{TCI}\ i = TPL \times \frac{(1+i)^n-1}{i} \times \mathbf{365}$$

AN :

$$\mathbf{TCI}\ i = \mathbf{2237{,}184} \times \frac{(1+0.04)^{20}-1}{0.04} \times \mathbf{365}$$

$$\Rightarrow \mathbf{TCI = 24{,}31 \times 10^6\ PL}$$

IX.4.3.3. Calcul des déformations admissibles sur le sol support :

$$\varepsilon_{\mathbf{Z.adm}} = \mathbf{22.10^{-3}}.(\mathbf{TCE_i})^{-0.235}$$

$$\varepsilon_{\mathbf{Z.adm}} = \mathbf{22.10^{-3}}.(\mathbf{14.59 \times 10^6})^{-0.235} = \mathbf{4.56 \times 10^{-4}}$$

$$\varepsilon_{\mathbf{Z.adm}} = \mathbf{456}\ \boldsymbol{\mu def}$$

IX.4.3.4. Calcul de la déformation admissible de traction (ξt, adm) :

$$\varepsilon_{t,} = (\ 1\mathbf{0°C}, \mathbf{25Hz}).\ \mathbf{Kne}.\ \mathbf{K\emptyset}.\ \mathbf{Kc}.\ \mathbf{Kr}$$

Avec :
- $\varepsilon_6(\mathbf{10°C}, \mathbf{25Hz})$: déformation limite qui correspond à $\mathbf{10^6}$ cycles. (Essai de fatigue à 10°C et 25Hz). Pour un grave bitume $\boldsymbol{\varepsilon_6 = 100.10^{-6}}$.
- **kne** : facteur lié au nombre cumule d'essieux équivalents supporte par la chaussée.
- **kθ** : facteur lié à la température.
- **kr** : facteur lié au risque et aux dispersions.
- **kc** : facteur lié au calage des résultats du modèle de calcul avec le comportement absorbé sur la chaussée (kc=1.3) Avec :

$Kne = (\mathbf{TCE}i\ \mathbf{10^6})\ b\ Kr = \mathbf{10}^{-\mathbf{tb\delta}}\ k\theta = \sqrt{(\mathbf{10°}C)/E(\theta eq)}$

- b : pente de la droite de fatigue
- E (10°C) : module complexe de matériau bitumineux à 10°C.
- E (θeq) : module de complexe du matériau bitumineux à la température équivalente qui est fonction de la zone climatique considérée.
- δ La dispersion $\delta = \sqrt{SN2 + (c\ b\ Sh)\ 2}$
- SN : dispersion sur la loi de fatigue.
- Sh : dispersion sur les épaisseurs.
- c : coefficient égal à 0.02.
- t : fractile de la loi normale qui est en fonction du risque adopté(r%).

IX.4.3.4.1. Les données de calcul :

-Le risque : le risque **r%** est déterminé en fonction de classe de trafic (TPLi).
On a : TPL6

	Classe de trafic (TPLi) (PL/J/sens)	TPL3	TPL4	TPL5	TPL6	TPL7
Risque (%)	GB/GB, GB/GNT...	20	15	10	5	2
	GL/GL	15	10	5	2	2
	BCg/GC	12	10	5	2	2

Figure IX.6. Risque adoptés pour le réseau RP1.

Donc : **r%= 5%.**

-Le fractile de la loi normale en fonction de r% :

r%	2	3	5	7	10	12	15
t	-2,054	-1,881	-1,645	-1,520	-1,282	-1,175	1,036
r%	20	23	25	30	35	40	50
t	-0,842	-0,739	-0,674	-0,524	-0,385	-0,253	0

Figure IX.7. Valeurs de t.

t =fct(r%) =fct(5%)= **-1,645**

-Performances mécaniques des matériaux bitumineux :

Les performances mécaniques relatives aux différents types de matériaux sont données dans le tableau suivant:

Matériau (MTB)	E (30°C,10Hz) (Mpa)	E(25°, 10Hz) (Mpa)	E(20°, 10Hz) (Mpa)	E(10°,10Hz) (Mpa)	ε_6(10°, 25Hz) (10^{-6})	-1/b	SN	Sh (cm)	υ	kc Calage
BB	2500	3500	4000	-	-	-	-	-	0,35	-
GB	3500	5500	7000	12500	100	6,84	0,45	3	0,35	1,3
SB	1500	-	-	3000	245	7,63	0,68	2,5	0,45	1,3

Figure IX.8. Des Performances mécaniques des matériaux bitumineux (Fascicule 2)

Donc : E (20°, 10Hz) =**7000MPA et -1/b = 6,84 ⇒ b= -0,146**

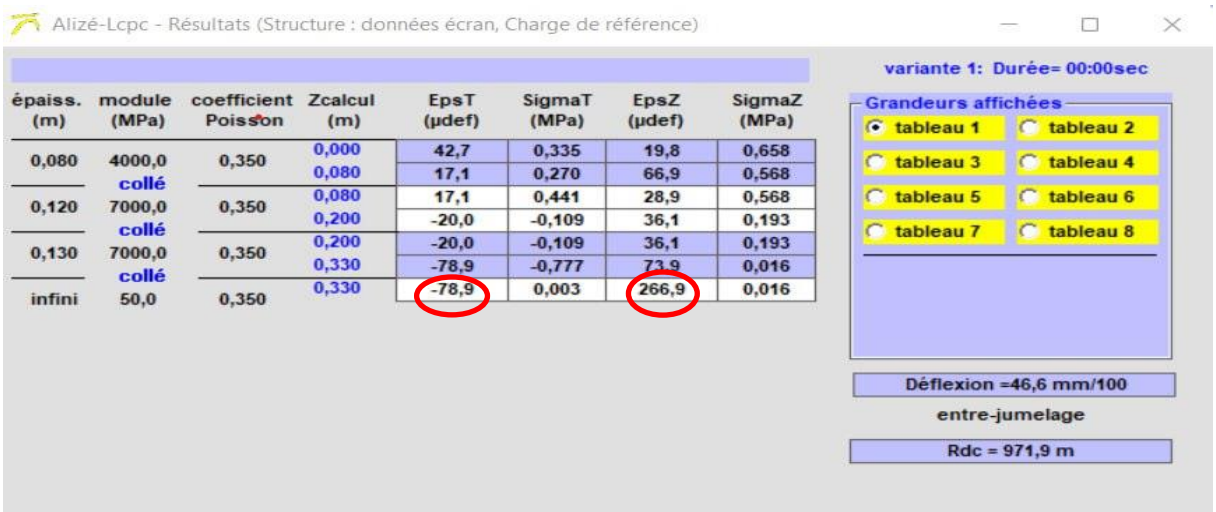
A.N :

ε_6(10°C, 25Hz) = $\mathbf{100\times10^{-6}}$

- Kne=$(\frac{10^6}{TCEi})^b = (\frac{10^6}{\mathbf{14.59\times10^6}})^{-0.146} =$ **1,48**
- $K_\theta = \sqrt{\frac{E(10°C,10HZ)}{E(\theta eq,10HZ)}} = \sqrt{\frac{12500}{7000}} =$ **1,34**
- $\delta = \sqrt{SN^2 + (\frac{c}{b}Sh)^2} = \sqrt{0,45^2 + (\frac{0,02}{-0,146}\times 3)^2} =$ **0,61**
- Kr = $10^{-tb\delta} = 10^{-(-1,645\times-0,146\times0,61)} =$ **0,71**
- Kc = **1,3**

- D'où: $\varepsilon_{t,adm} = 100\times10^{-6}\times 1,48\times 1,34\times 1,3\times 0,71 =$ **$1,83\times10^{-4}$ = 183 *µdef***

IX.4.3.5. Résultats de calcul par Alize :



épaiss. (m)	module (MPa)	coefficient Poisson	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,080	4000,0	0,350	0,000	42,7	0,335	19,8	0,658
	collé		0,080	17,1	0,270	66,9	0,568
0,120	7000,0	0,350	0,080	17,1	0,441	28,9	0,568
	collé		0,200	-20,0	-0,109	36,1	0,193
0,130	7000,0	0,350	0,200	-20,0	-0,109	36,1	0,193
	collé		0,330	-78,9	-0,777	73,9	0,016
infini	50,0	0,350	0,330	-78,9	0,003	266,9	0,016

Figure IX.9. Résultats de calcul par Alize

IX.4.3.6. Interprétation des résultats :

	Valeurs calculées par Alize (μdef)	Valeurs admissibles (μdef)
εt déformation de traction	78,9	183
εz déformation vertical du sol	266,9	456

Tableau IX.6.Comparison des résultats

Au vu des résultats obtenus, on remarque que les déformations (ε_z et ε_t) sont inférieures aux valeurs admissibles ($\varepsilon z < \varepsilon z.adm$ et $\varepsilon t < \varepsilon t.adm$) , ce qui traduit que la structure proposée est vérifiée du point de vue dimensionnement qui montrent un bon comportement vis-à-vis des efforts tangentiels, que pour le comportement de l'ensemble de corps de chaussée.
A cet effet la structure de chaussée retenue est :

8BB +12GB + 13GB + 40TUF (*)

(*) : La couche de forme sera réalisée en 2 couches.

Conclusion :

Malgré la méthode CBR donne le corps de chaussée le plus économique mais la méthode retenue pour notre projet est celle de la méthode de catalogue Algérien.
Car la méthode CBR ne tient pas compte des caractéristiques de fatigues des matériaux et l'influence du climat sur ce dernier et aussi le dimensionnement du corps de chaussée calculer par la méthode CBR est moins résistante et important que le dimensionnement proposé par le catalogue.
La méthode du catalogue de dimensionnement de chaussée étant une méthode qui s'appuie sur des lois de comportement à la fatigue, nous nous proposons de l'appliquer à notre projet pour les raisons suivantes :

- ✓ Augmentation de la longévité de la route.
- ✓ Minimiser les coûts d'entretien.
- ✓ Un meilleur comportement à l'agressivité des charges.

La structure de chaussée retenue pour notre projet :

Couche de roulement : 08 cm BB
Couche de base : 12 cm GB
Couche de fondation : 13 cm GB
Couche de forme : 40 cm Tuf, (en 2 couches de 20cm).

X.1. Introduction :

L'assainissement des voies de circulation comprend l'ensemble des dispositifs à prévoir et à réaliser pour récolter et évacuer toutes les eaux superficielles et les eaux souterraines, c'est à dire :
L'assèchement de la surface de circulation par des pentes transversale et longitudinale, par des fossés, caniveaux, cunettes, rigoles, etc.…
Les drainages : ouvrages enterres récoltant et évacuant les eaux souterraines (Tranchées drainant et canalisations drainant).
Les canalisations : ensemble des ouvrages destinés à l'écoulement des eaux superficielles (conduites, chambre, chemine es, sacs, …)

Une bonne étude d'assainissement permet de prolonger la durée de vie de notre autoroute, et de réduire le coût d'entretien par la suite.
Pour cela cette partie est divisée en trois sections :

- ✓ Étude hydrologique.
- ✓ Étude hydraulique.
- ✓ Étude d'assainissement.

X.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 cout d'entretien.
- ✓ Eviter les problèmes d'érosions

X.3.Etapes d'un projet d'assainissement routier :

Un projet d'assainissement comporte en général trois parties :

- La pluviométrie.
- Le bassin versant (surface à assainir), détermination des surfaces, les coefficients de ruissellement…etc
- Le choix et le dimensionnement des ouvrages d'assainissements (vérification des conditions d'autocurage).

X.4.Etude hydrologique:

L'étude hydrologique consiste à déterminer les débits de crue pour chaque écoulement qui franchit notre tracé. Par ailleurs, l'établissement de ces crues permis de dimensionner l'ouverture des nombreux passages hydrauliques sous-autoroutiers, qu'ils s'agissent de ponts, ponceaux, buses ou dalots.
Bien que l'objectif recherché de l'étude hydrologique concerne l'estimation des crues de projet pour les ouvrages de drainages, l'étude doit couvrir aussi tous les aspects de

l'hydrologie, y compris les précipitations et les facteurs influençant les relations pluie - débit. Pour l'estimation des débits de dimensionnement des différents ouvrages, la priorité devrait être évidemment donnée à l'étude statique des crues des oueds ou les données de débits sont disponibles.

X.4.1. Délimitation des bassins versants :

Le bassin versant représente le territoire géographique qui alimente le cours d'eau au droit de l'ouvrage projeté. Il est limité par la ligne de partage des eaux, et permet d'avoir sur le champ une idée de l'envergure du projet et de déterminer la méthode de calcul à utiliser pour dimensionner l'ouvrage.

Chacun des bassins versants est délimité par un logiciel qui s'appelle Global Mapper. Cette approche informatique permet alors l'obtention de l'information pertinente associée aux caractéristiques d'un bassin de drainage.

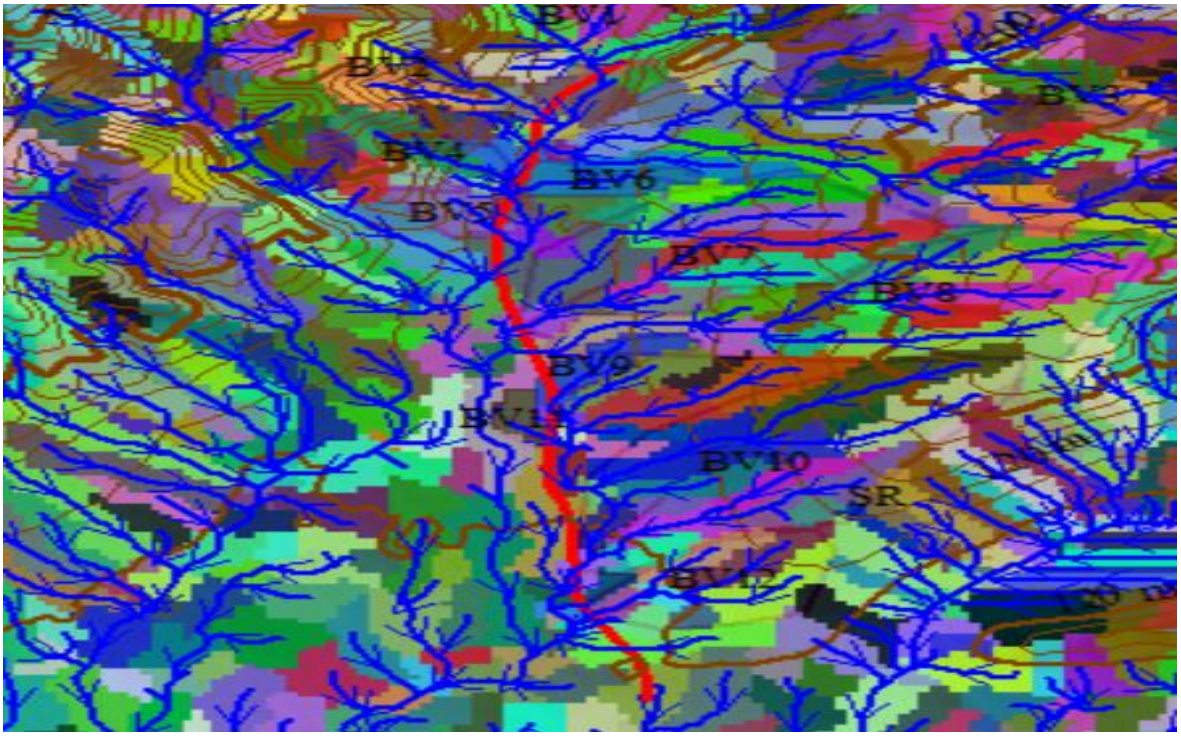


Figure X.1. Délimitation des bassins versants

La détermination de la superficie du bassin versant drainée par un cours d'eau à un site particulier est une opération préliminaire essentielle à toute étude pour établir les dimensions minimales d'une structure au point de vue hydraulique.

Les caractéristiques physiques en fonction de la structure des talwegs et des lignes de crêtes. Ces caractéristiques sont :

S : la superficie du bassin versant est la portion du plan délimitée par la ligne de crête, ou contour du bassin.

L : longueur du cours d'eau principal.

H_{max}**:** Altitude max.

H_{min} **:** Altitude min.

H_{moy}**:** Altitude moyenne.

P : indice de pente, tel que : $P = \frac{H\,max - H\,min}{L}$

Pour le calcul des surfaces des bassins versants nous avons exploité la carte sur Google Earth de la wilaya de Chlef, Les bassins versants d'eaux pluviales ont été délimités sur Global Mapper en fonction de la structure des talwegs et des lignes de crêtes.

Les caractéristiques physiques des bassins versants traversé par notre tracé sont résumées dans le tableau suivant :

N° BV	PK	S(Km^2)	L(Km)	H_{max}(m)	H_{min}(m)	H_{moy}(m)	P (%)
BV1	**33+300**	**10.812**	**4.581**	**332**	**124**	**228**	**0.045**
BV2	**33+480**	**1.285**	**1.842**	**327**	**129**	**228**	**0.107**
BV3	**33+743**	**3.889**	**3.88**	**255**	**118**	**186.5**	**0.035**
BV4	**33+825**	**1.14**	**1.787**	**284**	**117**	**200.5**	**0.093**
BV5	**34+100**	**0.4004**	**0.531**	**192**	**117**	**154.5**	**0.141**
BV6	**34+300**	**0.3947**	**3.079**	**123**	**112**	**117.5**	**0.0037**
BV7	**34+900**	**3.59**	**3.854**	**198**	**110**	**154**	**0.022**
BV8	**35+100**	**1.078**	**2.189**	**174**	**109**	**141.5**	**0.029**
BV9	**35+425**	**0.3739**	**0.775**	**128**	**106**	**117**	**0.028**
BV10	**36+650**	**6.2**	**8.139**	**303**	**95**	**199**	**0.025**
BV11	**40+825**	**4.13**	**4.305**	**165**	**95**	**130**	**0.016**
BV12	**41+325**	**0.577**	**0.579**	**103**	**95**	**99**	**0.013**

Tableau X.1. caractéristiques physiques des bassins versants

X.4.2. Estimation des débits de crue :

Le débit d'apport est calculé en appliquons la formule de la méthode Rationnelle **(Appliquée dans le cas des superficies inférieures à 25 Km^2)** :

$$Qa = K.C_r.A.I$$

- Qa : Débit maximum d'eau pluviale (m^3 /s)
- C_r : Coefficient de ruissellement
- I : Intensité de la pluie exprimée en mm/h
- K : Coefficient de conversation des unités (les mm/h en l/s) est égale **0.278**
- A : Aire du bassin d'apport (Km^2).

X.5.Calcul de débit :

pour évaluer l'ordre de grandeur du débit maximum des eaux de ruissellement susceptibles d'être recueillies par les fossés ou par un exutoire, on peut employer la méthode appelée La méthode **Rationnelle** dont nous rappelons très sommairement le principe :

$Qa \leq Qs$

- ✓ **Qa** : Débit d'apport en provenance du bassin versant (m^3 /s).
- ✓ **Qs** : Débit d'écoulement au point de saturation (m^3 /s).

X.5.1.Le débit d'apport :

Le débit d'apport est calculé par la méthode rationnelle :

$$Qa=K.C.I.A$$

- ✓ **Q** : Débit maximum d'eau pluviale (m^3 /s)
- ✓ **K** : Coefficient qui permet la conversion des unités. k=0.278 pour les unités suivantes Qa (m^3 /s), I (mm/h), A (km²)
- ✓ **I** : Intensité moyenne de la pluie (mm/h).
- ✓ **C** : Coefficient de ruissellement.
- ✓ **A** : aire du bassin versant (m²).

X.5.2.Temps de concentration :

Le temps de concentration est le temps écoulé entre le début d'une précipitation et l'atteinte du débit maximal à l'exutoire du bassin versant. Il correspond au temps nécessaire pour permettre à l'eau de ruisseler du point le plus reculé du bassin versant jusqu'à l'exutoire.

- ✓ $Tc = 0.127 \sqrt{(\frac{A}{P})}$ Si A **< 5** km² **(Méthode VENTURA)**

  Avec :

-Tc : Temps de concentration exprimé en heure (h) ;
-S : Surface du bassin versant (km²) ;
-P : Pente moyenne du bassin versant (m/m).

- ✓ $Tc = 0{,}108(\frac{(A.L)^{1/3}}{P^{1/2}})$ **Si 5** km² **< A < 25** km² **(Méthode PASSINI)**

  Avec :

-Tc : Temps de concentration exprimé en heure (h) ;
-S : Surface du bassin versant (km²) ;
-P : Pente moyenne du bassin versant (m/m) ;
-L : Longueur du cours d'eau principal en km ;

- ✓ $Tc = \frac{4\sqrt{A}+1{,}5.L}{0{,}8.\sqrt{H}}$ **Si 25km2 ≤ A ≤ 200km2 (Méthode GIANDOTTI)**

Avec :

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

X.5.3.Coefficient de ruissellement :

C'est le rapport entre la hauteur d'eau qui a ruisselé sur une surface donnée et la hauteur d'eau précipitée.

C = C1+C2+C3

- ✓ C1 : Dépend de la pente longitudinale du thalwag.
- ✓ C2 : Dépend de la nature du sol (perméabilité).
- ✓ C3 : Dépend de la couverture végétale du bassin versant.

Pente %	Coefficient C1
P < 3,5 %	**0,01-0,03-0,05**
3,5 % <P < 11 %	**0,06-0,08-0,10**
11 % <P < 35 %	**0,12-0,16-0,20**
35 %<P	**0,22-0,26-0,30**

Tableau X.2. valeurs du coefficient C1

Nature du sol	Coefficient C2
Imperméable	**0,22-0,26-0,30**
peu imperméable	**0,10-0,15-0,30**
Perméable	**0,06-0,08-0,10**
Très perméable	**0,03-0,04-0,05**

Tableau X.3. valeurs du coefficient C2

Taux de couverture de surface	Coefficient C3
Sol rocheux	**0,22-0,26-0,30**
Prairie	**0,07-0,21-0,25**
Labours - Champs	**0,07-0,11-0,15**
Forêts et territoire sableux	**0,03-0,04-0,0**

Tableau X.4. valeurs du coefficient C3

X.5.3.L'intensité de pluie :

La formule de MONTANA décrit la relation existante entre l'intensité, la durée et la fréquence des pluies.
Elle s'exprime de la manière suivante :

$$I(t,T) = \frac{a(T)}{t^b}$$

- ✓ I : intensité de pluie (mm/h).
- ✓ T : période de retour (ans)
- ✓ t=Tc : temps de l'averse égal au temps de concentration (h)
- ✓ a et b : paramètres de Montana avec **b = 0.75**

T(ans)	2	5	10	20	50	100
a(T)	16.9	22.2	25.7	29.1	33.4	36.7

Tableau X.5. Valeurs de coefficient de Montana

Remarque :

- ✓ Les buses et les fossés seront dimensionnée pour une période de retour 10 ans.
- ✓ Les dalots seront dimensionnés pour une période de retour 50 ans.
- ✓ Les ponts seront dimensionnés pour une période de retour 100 ans.

X.6.Application au projet :

Nous utiliserons ici la formule rationnelle, prenons en compte le bassin versant numéro 2

X.6.1. Pente moyenne du bassin versant :

$P = \frac{H\,max - H\,min}{L}$

$P = \frac{327 - 129}{1842} = 0.107$

X.6.2. Coefficient de ruissellement :

C_r=C1+C2+C3

- ✓ C1 : Dépend de la pente longitudinale du thalwag.
- ✓ C2 : Dépend de la nature du sol (perméabilité).
- ✓ C3 : Dépend de la couverture végétale du bassin versant.

X.6.3. Estimation du temps de concentration :

On a S=1.285 **<5 km²** donc on utilise la **Méthode de VENTURA :**

$Tc = 0.127 \sqrt{(\frac{A}{P})}$

$Tc = 0.127 \sqrt{(\frac{1.285}{0.107})} = 0.44h$

X.6.4. Détermination de l'intensité (I) pour une période de retour de 50 ans:

- ✓ $I(t,50) = \frac{33.4}{0.44^{0.75}}$ **= 61.82 mm/h**

X.6.5.Calcul de débit :

Le débit d'apport est calculé par la méthode rationnelle :
Qa=K.C.I. A

- ✓ Q (50 ans) = 0.278× 0.5 × 61.82 × 1.285 = 11.04 m^3/s

X.6.6.Présentation des résultats :

Le tableau suivant récapitule pour les bassins versants de la zone d'étude les valeurs des intensités des pluies et les valeurs des débits max des périodes de retour 100, 50 et 10 ans pour chaque bassin versant :

N° de BV	tc(heure)	I(t,10) (mm/h)	I(t,50) (mm/h)	I(t,100) (mm/h)
1	Ouvrage d'art			
2	0.44	47.57	61.82	67.93
3	Ouvrage d'art			
4	0.44	47.57	61.82	67.93
5	0.21	82.84	107.66	118.30
6	Ouvrage d'art			
7	Ouvrage d'art			
8	0.774	31.14	40.47	44.47
9	Ouvrage d'art			
10	Ouvrage d'art			
11	2.04	15.05	19.56	21.50
12	0.84	29.29	38.06	41.82

Tableau X.6. Les valeurs des intensités des pluies et temps de concentration

Le tableau suivant récapitule les valeurs des débits max des périodes de retour 100, 50 et 10 ans ainsi que les ouvrages hydrauliques nécessaires pour chaque bassin versant (On remarque des débits faibles (**Q100<20** (m^3/s)) donc on adopte soit des dalots ou des buses:

N° de BV	A	Cr	I(t,10) (mm/h)	I(t,50) (mm/h)	I(t,100) (mm/h)	Q10 (m^3/s)	Q50 (m^3/s)	Q100 (m^3/s)	Proposition
1	Ouvrage d'art								
2	1.285	0.5	47.57	61.82	67.93	8.49	11.04	12.13	Dalot
3	Ouvrage d'art								
4	1.14	0.55	47.57	61.82	67.93	8.29	10.77	11.84	Dalot
5	0.4004	0.55	82.84	107.66	118.30	5.07	6.59	7.24	Dalot
6	Ouvrage d'art								
7	Ouvrage d'art								
8	1.078	0.6	31.14	40.47	44.47	5.59	7.27	8	Dalot
9	Ouvrage d'art								
10	Ouvrage d'art								
11	4.13	0.52	15.05	19.56	21.50	8.98	11.67	12.83	Dalot
12	0.577	0.52	29.29	38.06	41.82	2.44	3.17	3.48	Buse

Tableau X.7. Les valeurs des débits max

X.7.Etude hydraulique :

X.7.1. Calcul des ouvrages hydrauliques :

Cette partie consiste à dimensionner les ouvrages de franchissement de cours d'eau , sur la base des résultats trouvées dans l'étude hydrologique, tel que :

-Buses : ouvrages de sections circulaires, disposés sous le tracé sur les points bas du terrain, d'un diamètre de 1000 à 2000 mm.

-Dalots : ouvrages de sections rectangulaires ou carrées, disposés sous le tracé, identifié par la largeur (B) et la hauteur (H).

-Ponts et viaducs : Les ouvrages d'assainissement transversaux doivent véhiculer des débits de crue centennaux, donc les dimensions retenues pour ces ouvrages sont celles qui répondent à la condition suivante :

Q100 < Qs

- ✓ Q100 : Débit de crue centennal (débit d'apport) en m³/s.
- ✓ Qs : Débit de saturation de l'ouvrage en m³/s.

X.7.2. Estimation des débits de saturation des ouvrages :

Le débit de saturation ou le débit capable est calculé par le biais de la formule de Manning Strickler sur un écoulement en régime uniforme.

$$Q_s = S.\ K.\ R^{2/3}.\ J^{1/2}$$

- ✓ S : section mouillée.
- ✓ K : coefficient de STRIKLER.
- ✓ R : rayon hydraulique(m).
- ✓ J : pente longitudinale du fossé.

X.8. Dimensionnement des Fossés et Buses et Dalot :

X.8.1. Dimensionnement des buses :

Une solution par buse circulaire a été retenue pour la réalisation de l'ouvrage hydraulique reprenant les eaux pluviales des bassins avec un débit Qa<(4 m^3 /s) .Ces ouvrages sont réalisés pour évacuer les eaux des fossés vers les cours d'eau.

Pour des raisons de nettoyage, la buse doit avoir une section minimale de D > 1.0 m

Il existe deux types de buses qui sont couramment utilisées **:**

- ✓ Les buses en béton .
- ✓ Les buses métalliques.

Le dimensionnement d'une buse résulte de la comparaison entre le débit d'apport Qa trouvé dans la partie étude hydrologique, et le débit de saturation de cette buse, donné par la formule de Manning Strickler : $\boldsymbol{Q_s = S.\ K.\ Rh^{2/3}.\ J^{1/2}}$

Avec :

Sm = $\pi . R^2$; $Rh = \frac{R}{2}$; K = 80

Qa = QS $\Rightarrow$ **R**= $\left(\frac{Qa}{Kst.J^{\frac{1}{2}}.\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}}.\pi}\right)^{3/8}$

Φ=2×R

Une fois le diamètre est calculé. On choisit un diamètre normalisé commercial existant dans le marché : Φ500, Φ800, Φ1000, Φ1200, Φ1500 ...etc.
Et on doit vérifier les conditions d'auto curage suivantes :

- ✓ V > 0.6 m/s pour Q=0.1Q_{ps}
- ✓ V > 0.3 m/s pour Q=0.01 Q_{ps}

Avec : $\boldsymbol{Q_{ps}}$: Débit pleine section.
Si l'une des conditions n'est pas vérifiée on doit choisir une autre valeur de R .

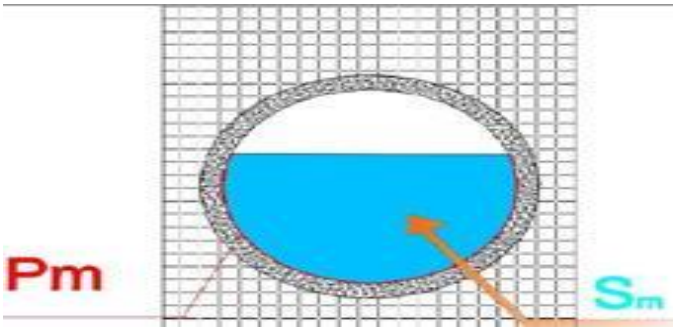


Figure X.2.Buse

X.8.1.1.Application au projet :

(BV12) :

Q10(m^3/s) = 2.44 (m^3/s) ; Ks=80 ; J=1%

$$\mathbf{R}=\left(\frac{2.44}{80.0.01^{\frac{1}{2}}.\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{3}}.\pi}\right)^{\frac{3}{8}} = \mathbf{0,496}m = \mathbf{496}mm$$

Φ=2×R = 992mm

On prend Φ=1000mm

Les résultats de calculs du dimensionnement des buses de sont résumés dans le tableau suivant :

N° BV	PK	Q10(m^3/s)	I(%)	R(mm)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre choisie (mm)
BV12	PK41+325	2.44	0.01	496	992	1000

Tableau X.8. Dimensionnement des buses

X.8.1.2.Vérification des conditions d'autocurage :

Exemple de calcul BV12 (Qa=2.44m^3/s ; Ks=80 ; J=1% ; Φ=1000)

$Qps = \mathrm{K} \times \pi \times \mathrm{I}^{1/2} \times 2^{-2/3} \times R^{8/3} = 80 \times \pi \times 0.01^{1/2} \times 2^{-2/3} \times 0.5^{8/3}$

Qps= 2.49m^3/s

$Vps = \frac{Qps}{\pi \times R^2} = \frac{2.49}{\pi \times 0.5^2}$

Vps = 3.17m/s

✓ **Condition d'autocurage 1 :**

La Valeur (V/Vps) par une interpolation linéaire de tableau des conditions d'auto curage :

$\frac{Q}{Qps} = 0.1 \Rightarrow \frac{V}{Vps} = 0.64$

V = Vps × 0.64 = 3.17×0.64 = 2.02 m/s > 0.6 m/s **Vérifie**

✓ **Condition d'autocurage 2 :**

$\frac{Q}{Qps} = 0.01 \Rightarrow \frac{V}{Vps} = 0.32$

V = Vps × 0.32 = 3.17×0.32 = 1.01 m/s > 0.6 m/s **Vérifie**

X.8.1.3. Interprétation des résultats :

N° BV	Q10 (m^3/s)	Diamètre calculé (mm)	Diamètre choisie (mm)	Qps (m^3/s)	Vps m/s	V=vps×0.64(m/s)	Vérification V>0.6m/s	V=vps×0.32(m/s)	Vérification V>0.3m/s
BV12	2.44	992	1000	2.49	3.17	2.02	Vérifié	1.01	Vérifié

Tableau X.9. Vérification des conditions d'autocurage pour les ouvrages hydrauliques circulaires (Buse).

X.8.2. Dimensionnement des dalots :

On utilise la formule de Manning Strickler, tel que la section et le périmètre mouillés sont calculés pour une hauteur de remplissage égale à :

Hr = 0.8H.

Q_s= S. K. $Rh^{2/3}$. $J^{1/2}$

✓ Kst : Coefficient d'écoulement de Manning Strickler = 70 pour les dalots en béton.
✓ La surface mouillée : Sm = 0.8H × B.
✓ Le périmètre mouillé : Pm = 1.6H + B
✓ Le rayon hydraulique : Rh=Sm/Pm = b× (0.8H) /b+1.6H

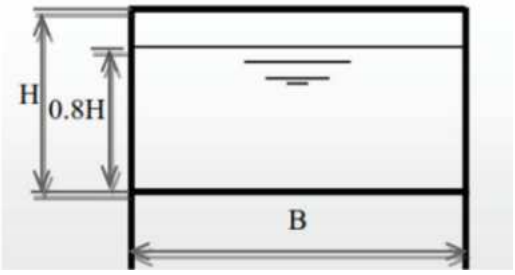


Figure X.3.Dalot

$Q_a = Q_s = S_m . K_{st} . Rh^{2/3} . J^{1/2}$ $\Rightarrow$ $\mathbf{H = \frac{1}{0.8B}\left(\frac{Qa}{Kst.J^{1/2}}\right)^{3/5}(1.6H + B)^{2/5}}$

On fixe la valeur de B et on tire la hauteur H par itération.

X.8.2.1.Application au projet :

Exemple de calcul :(BV2)

Le calcul se fera par itération, on fixe le paramètre B et on calcule le paramètre H : :

$$\mathbf{H = \frac{1}{0.8B}\left(\frac{Qa}{Kst.J^{1/2}}\right)^{3/5}(1.6H + B)^{2/5}}$$

On prend :

- ✓ B=3m
- ✓ J=1%
- ✓ Q50=11.04(m^3/s)

$\Rightarrow$ $\mathbf{H_0 = \frac{1}{0.8\times3}\left(\frac{11.04}{70\times0.01^{1/2}}\right)^{3/5} = 0.547m}$

$\mathbf{H_1 = \frac{1}{0.8\times3}\left(\frac{11.04}{70\times0.01^{1/2}}\right)^{3/5}(1.6\times0.547 + 3)^{2/5} = 0.940}$

$\mathbf{H_2 = \frac{1}{0.8\times3}\left(\frac{11.04}{70\times0.01^{1/2}}\right)^{3/5}(1.6\times0.940 + 3)^{2/5} = 0.998}$

$\mathbf{H_3 = \frac{1}{0.8\times3}\left(\frac{11.04}{70\times0.01^{1/2}}\right)^{3/5}(1.6\times0.998 + 3)^{2/5} = 1.006}$

$\mathbf{H_4 = \frac{1}{0.8\times3}\left(\frac{11.04}{70\times0.01^{1/2}}\right)^{3/5}(1.6\times1.006 + 3)^{2/5} = 1.009}$

$\mathbf{H_5 = \frac{1}{0.8\times3}\left(\frac{11.04}{70\times0.01^{1/2}}\right)^{3/5}(1.6\times1.009 + 3)^{2/5} = 1.009}$

Après itération et pour des raisons de sécurités on prend :
H = 1.5 m

Donc on a choisi un dalot de (3m×2m)

N° BV	Q50(m^3/s)	B(m)	H(m)
2	11.04	3	1.5
4	10.77	3	1.5
5	6.59	2	2
8	7.27	2	2
11	11.67	3	1.5

Tableau X.10.Dimensionnement des dalots

X.8.2.1.Vérification :

Exemple BV2 :

- **Vérification de la vitesse :**

V= $\frac{Qa}{S} = \frac{11.04}{3\times1.5}$ = 2.45 m/s **< 4m/s vérifié**

- **Vérification de la hauteur critique :**

hc= $\sqrt[3]{\frac{Qa^2}{g\times B^2}} = \sqrt[3]{\frac{11.04^2}{10\times3^2}}$ = 1.10m **<1.5m vérifié**

- **Vérification du régime d'écoulement :**

Nombre de Froud =$\frac{V}{\sqrt{g\times H}} = \frac{2.45}{\sqrt{10\times1.5}}$ = 0.63 **< 1 (régime fluvial)**

N° BV	Q(m^3/s)	Vitesse (m/s)	Vérification (V< 4m/s)	H(m)	Hc(m)	Vérification Hc<H	Nombre de Froud	Vérification du régime d'écoulement
2	11.04	2.45	Vérifié	1.5	1.10	Vérifié	0.63	Vérifié
4	10.77	2.39	Vérifié	1.5	1.08	Vérifié	0.61	Vérifié
5	6.59	1.647	Vérifié	2	1.02	Vérifié	0.36	Vérifié
8	7.27	1.81	Vérifié	2	1.09	Vérifié	0.40	Vérifié
11	11.67	2.59	Vérifié	1.5	1.14	Vérifié	0.66	Vérifié

Tableau X.11.Vérification des conditions d'autocurage

Récapitulatif :

PK	33+480	33+825	34+100	35+100	40+825	41+325
Type d'ouvrage	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Dalot	Buse

Tableau X.12.Les ouvrages hydraulique

X.8.3. Dimensionnement des fossés :

On considère la présence des quatre éléments (chaussée, berme, talus), on calculant le débit rapporté par chaque élément de la route et le débit total.

Donc : **Qa = Qc + Qb + Qt**

- ✓ Q_c = K.I. . A_c
- ✓ Q_b= K.I. . A_b
- ✓ Q_t = K.I. . A_t

Avec :

- ✓ Q_c : Débit rapporté par la chaussée.

- ✓ Q_b : Débit rapporté par la berme.
- ✓ Q_t : Débit rapporté par le talus.
- ✓ C_c : Coefficient de ruissellement de la chaussée.
- ✓ C_b : Coefficient de ruissellement de berme.
- ✓ C_t : Coefficient de ruissellement du talus.
- ✓ A_c : Surface de la chaussée.
- ✓ A_b : Surface de berme.
- ✓ A_t : Surface du talus.

On a opté pour une fossé en béton armé avec une forme trapézoïdale.

- ❖ **La section mouillée :**

$$Sm = h(b + mh)$$

- ❖ **Le périmètre mouillé :**

$$Pm = b + 2h\sqrt{(h^2 + m^2)}$$

- ❖ **Le Rayon hydraulique :**

$$Rh = \frac{Sm}{Pm} = \frac{h(b + mh)}{b + 2h\sqrt{(h^2+m^2}}$$

Le débit d'apport des fossés, berme et talus ce calcul avec la méthode rationnelle :

Qa=K.C.I. A

Le débit de la section : Q_s**= S. K.** $R^{2/3}$**.** $J^{1/2}$

Donc :

$$Qa=Q_s= S.\ K.\ R^{2/3}.\ J^{1/2}= h(b\ +\ mh).0.278\ .(\frac{h(b + mh)}{b + 2h\sqrt{(h^2+m^2}})^{2/3}.\ J^{1/2}$$

- ❖ **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.

Type de chaussée	Valeur de C	Valeur prise
Chaussée revêtement en enrobes	**0.80 à 0.95**	**0.95**
Accotement	**0.10 à 0.40**	**0.40**
Talus	**0.10 à 0.30**	**0.30**
Terrain naturel	**0.00 à 0.20**	**0.20**

Tableau X.13.Valeurs des coefficients de ruissellement

X.8.3.1. Application au projet :

Le dimensionnement se fait dans le cas le plus défavorable, qui est un remblai du Pk 0+000 au PK 0+270 avec une longueur de 270m, une hauteur de 8.55m et une pente de 3H/2V.

❖ **Les caractéristiques des sous bassins versants concernées :**

SBV	Largeur (m)	Longueur(m)	Pente (%)	Surface (m^2)
Chaussée+ BAU+BDG	14.5	270	2.5	3915
Berme	1	270	8	270
Talus	/	788	66.67	3264.712
Surface totale	/	/	/	7449.712

Tableau X.14. Les caractéristiques des sous bassins versants

Surface du talus :

- St=L×H/sin (45)
- St= 3264.712 m^2

❖ **Calcul de l'intensité de l'averse :**

I(t,T) =$\frac{a(T)}{t^b}$

Pour une période de retour de 10ans : a(10)= 25.7 et b=0.75

Exemple de calcul :

Talus (A=0.003264712km^2) < 5km^2 on applique la formule de VENTURA

- Tc = 0.127 $\sqrt{(\frac{\mathbf{A}}{\mathbf{P}})}$

Tc = 0.127 $\sqrt{(\frac{0.003264712}{0.6667})}$ = 0.0088h

- I(10,T) =$\frac{25.7}{0.0088^{0.75}}$ = 894.48 mm/h

❖ **Calcul de débit d'apport :**

On utilise la méthode rationnelle on trouve :

SBV	A(km^2)	C	P(%)	Tc(h)	It (mm/h)	Qa(m^3/s)
Chaussée+ BAU+BDG	0.003915	0.95	2.5	0.05	234.055	0.242
Berme	2.7×10^{-4}	0.4	8	0.0074	1018.613	0.03
Talus	0.003264712	0.3	66.67	0.0088	894.48	0.243
Le débit total en (m^3/s)						0.515

Tableau X.15.Calcul des débits

On a : Qa=Qs= S. K. $R^{2/3}$. $J^{1/2}$=$\frac{1}{n}$. h(b + mh) .$(\frac{h(b+mh)}{b+2h\sqrt{(h^2+m^2)}})^{2/3}$. $J^{1/2}$

Avec : K= 70 ; J=2%

On prend **b = 0.5 m** et On tire la hauteur h par itération

L'égalité Qa(total)=Qs nous permet de calculer H tel que :

$$\mathbf{H} = \left(\frac{Qa}{Kst.b.I^{\frac{1}{2}}}\right)^{3/5} \frac{\left(1+2\sqrt{2}\times\frac{h}{b}\right)^{2/5}}{1+\frac{h}{b}}$$

D'après le calcul itératif on a trouvé la hauteur **h = 0.26 m**
Pour des raisons de sécurités et d'exécution sur chantier, nous optons pour un fossé standard : (**b=50 cm, h=50 cm**).

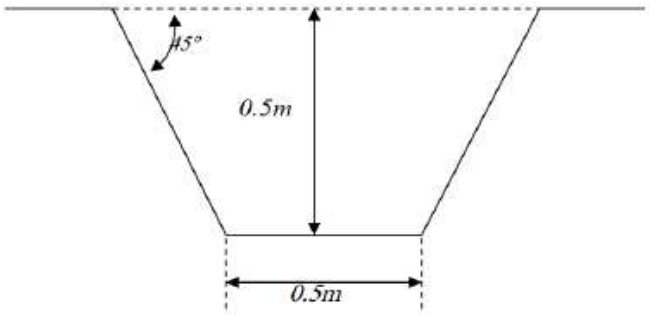


Figure X.4 conception d'un fossé.

Chapitre XI : Echangeur

XI.1. Introduction :

Un échangeur d'autoroute est un aménagement routier qui permet aux conducteurs de changer d'autoroutes, par le biais de boucles qui passent au-dessus de ces dernières. L'utilisation de ces infrastructures permet aux conducteurs de passer plus rapidement d'un axe routier à un autre, pour suivre un itinéraire par exemple. Leur présence permet également de sécuriser les déplacements des automobilistes, en leur évitant par exemple d'effectuer des manœuvres jugées dangereuses par le code de la route.

On désigne les échangeurs par :
-Nœuds : quand il raccorde une voie rapide avec une autre voie rapide.
-Diffuseur : quand il raccorde une voie rapide au réseau de voies urbain classique.
-Mixte : quand il assure en plus des raccordements de deux autoroutes.

Notre projet consiste la conception d'un échangeur à l'intersection de la pénétrante avec **CW63** au niveau de Ouled Fares au PK37+000 sur le tracé d'étude .

XI.2. Le rôle d'un échangeur :

Le grand atout lié à l'utilisation des échangeurs autoroutiers est la limitation des ralentissements aux intersections d'autoroutes, ils permettent donc de changer d'autoroute ou de sens, tout en conservant un trafic fluide et sans embouteillages, ce qui serait probablement le cas en l'absence de ces infrastructures. Étant donnée la vitesse à laquelle circule les véhicules sur l'autoroute, il est impossible de franchir des croisements comme c'est le cas en agglomération, ce système est donc le plus optimisé que l'on ait trouvé pour remplir ces fonctions. On juge également ce dernier bien plus sécurisé qu'un simple carrefour ou rond-point . Ainsi, les échangeurs garantissent la sécurité des usagers de la route, ils leur font également gagner du temps, en effectuant les changements nécessaires plus rapidement.

XI.3. Avantage de l'échangeur :

- Facilité aux usagers un déplacement dans de bonne condition de confort et de sécurité.
- Evite les points de conflits qui peuvent être la cause de graves accidents
- Evite les points d'arrêt qui provoque des pertes de temps considérable
- Evite les contraintes d'arrêt et de reprise
- Assurer la continuité du réseau autoroutier

XI.4. Inconvénients de l'échangeur :

Cependant, les échangeurs n'ont pas que des avantages. En effet, ils prennent beaucoup de place, ce qui constitue un inconvénient pour l'environnement. De plus, leur construction est beaucoup plus complexe que celle d'un simple carrefour ou rond-point, ce qui a pour conséquence des mois de travail avant qu'un chantier ne soit validé par une équipe d'ingénieurs, et des mois encore avant que la structure ne soit opérationnelle et ouverte aux automobilistes.

XI.5. Les différents types d'échangeurs :

On connait un grand nombre de formes d'échangeur cependant, les types de base ne sont pas nombreux, chaque type peut varier de forme et détendue aussi, il y a de nombreuses combinaisons de ces types donnaient des formes Plus complexes. Un important élément de conception d'échangeur, est l'assemblage d'un ou de plusieurs types de bretelles de base mais c'est l'aspect coût et condition du site qui désigne la forme de bretelle a considéré, et selon l'importance des routes à raccorder nous avons déterminé deux classe d'échangeurs :

- ✓ Echangeur majeur : raccordement autoroute- autoroute.
- ✓ Echangeur mineur : raccordement autoroute - route.

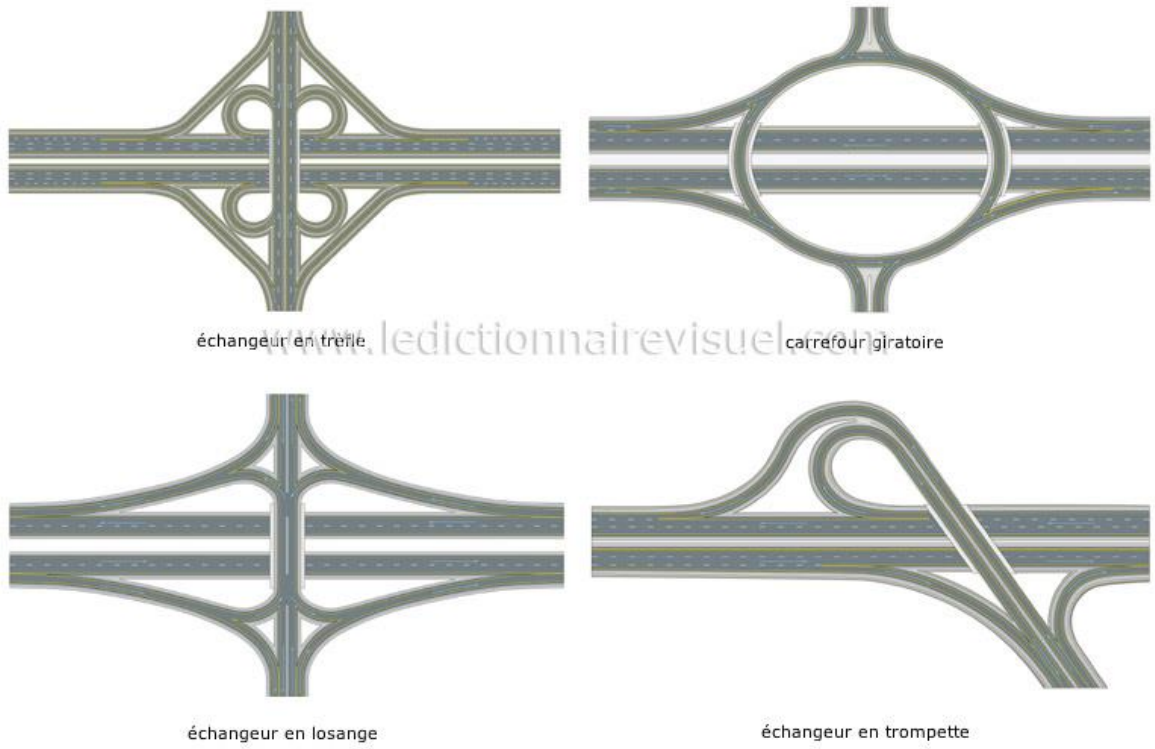


Figure XI.1.Types d'échangeur .

XI.5.1. Echangeurs majeurs :

L'échangeur majeur raccorde entre autoroute et autoroute :

- Trèfle complet quand il y a quatre branches à raccorder.
- Bifurcation « Y » quand il y a trois branches à raccorder.

XI.5.1.1. Type trèfle complet:

C'est un échangeur massif, demandant une très grande emprise, et qui est généralement justifié par un trafic important comprend également des collectrices latérales, destinées à éviter les croisements de flux de circulation.
Il est utilisé pour raccordement à quatre branches, il comporte quatre boucles, quatre

diagonales, ce type permet toutes les liaisons sans cisaillement moyennant un seul ouvrage d'art, et la nécessité permettre les boucles et nécessairement lente, et la nécessité d'y incorporé des voies collectives et distributrices pour permettre les entrées sans croisement le rend finalement très coûteux.

XI.5.1.2. Type bifurcation « Y » :

Pour le raccordement à trois branches on utilise le type « Y » tel que la branche qui présente le plus faible doit se détaché par la droite de tronc principal on rejoignant par la droit le même tronc principal.
Ce type comporte un ouvrage biais qui fournit une exilant liaison avec les caractéristiques autoroutières continue.

XI.5.2. Echangeur mineur :

Il est utilisé pour les raccordements d'une autoroute « route principale » et une route ordinaire « route secondaire », les schémas concernent par le raccordement sont :

-Losange
-Demi-trèfle
-Trompette

XI.5.2.1. Type losange :

Cette configuration est composée de quatre branches correspondant au schéma d'aménagement le plus simple (bretelles directes) et un carrefour à niveau sur la route secondaire, il assure une distribution symétrique de trafic d'échanges, en plus les distances de parcours pour l'ensemble du schéma sont minimales.

XI.5.2.2. Type demi –trèfle :

La configuration en demi-trèfle est composée de deux boucles et de deux diagonales et un carrefour à niveau sur la route secondaire, se présente comme le cas du type losange mais avec une différence majeur, qui est une distribution des trafics d'échange nettement dissymétrique dans la mesure de possible utilisation des boucles en voies d'entrées ce qui améliore les conditions de visibilité et de sécurité .

Généralement on a deux types de demi-trèfle :
-Demi-trèfle symétrique.
-Demi-trèfle asymétrique « cadran opposé ».

XI.5.2.3. Trompette :

Le diffuseur de type trompette à l'heure actuelle la typologie la plus répandue sur les autoroutes. C'est le type d'échangeur qui assure les échanges entre la voie principale et la voie transversale (trois branches), il comporte :

- Alignement droit commun à toutes les bretelles.
- Une boucle « entrée ou sortie ».
- Deux diagonales « entrée et sortie ».

XI.6. Conception d'un échangeur :

La première étape de la conception est le choix des caractéristiques générales : le type de route qui détermine l'instruction à appliquer, la catégorie de route qui conditionne les principales caractéristiques géométriques du trafic, le nombre de voies. Dans notre projet actuel, les instructions à utiliser sont celles des autoroutes.

Avant la réalisation d'un échangeur, plusieurs enquêtes sont effectuées pour connaître les impacts qu'aura sa construction sur le trafic existant, sur les riverains, sur l'économie de la région concernée ou du pays en général.

Après, plusieurs propositions de construction de l'échangeur sont émises. On retiendra donc, celle qui sera le plus en accord avec ce que le maître d'ouvrage souhaite et ce qui en phase avec les routes existantes, avec le moins d'impact sur l'environnement et celle qui concorde le plus avec la géographie du milieu.

XI.6.1. Eléments de conception d'un échangeur :

Le principal objectif d'un échangeur est de servir aux intérêts des usagers. Donc lors de sa conception, on tient compte des paramètres tels que :

- La sécurité
- La classification des routes qui se croisent
- L'utilisation du sol
- La vitesse de base
- Le débit et la composition du trafic
- Le nombre de branches de l'échangeur
- Les dispositifs de régulation de la circulation
- Le relief
- Les besoins d'emprise et de terrain
- La desserte des quartiers riverains
- Les aspects reliés aux réseaux et la cohérence de l'aménagement
- L'environnement
- Les aspects économiques.

Ces éléments favorisent la compréhension des concepteurs et cela des conducteurs lorsqu'ils empruntent les autoroutes. Pour s'assurer du bon fonctionnement de la route lors de la conception, il faut donc considérer l'autoroute et les échangeurs comme un seul système. La construction d'un échangeur est une solution intéressante à de nombreux problèmes reliés aux carrefours plans. Les critères qui suivent donneront les lignes directrices à prendre en considération lors de la justification et de la décision du choix d'aménagement d'un échangeur sont:

- Circulation :

Le débit de circulation par rapport à la capacité de la route existante est le critère principal le plus concret pour justifier l'aménagement d'un échangeur.

- Sécurité :

Certains carrefours plans ont un taux de collision élevé et il impossible de modifier la configuration. Si la mise en place de dispositifs de régulation de la circulation ne peut être envisagée, il peut être approprié de prévoir l'aménagement d'un échangeur comme mesure de sécurité.

- Relief :

Les échangeurs peuvent être prévus à l'endroit où un carrefour plan ne peut être envisagé à cause du relief.

XI.6.2. Condition a respecté :

- ✓ Eviter les sites en courbe de faibles rayons
- ✓ Eviter les sites en point haut profil en long
- ✓ Eviter de passage au voisinage ou sur des habitations et édifices publics.
- ✓ Eviter les sections à fortes déclivités.
- ✓ Les terrassements importants
- ✓ Passage au terrain agricole

XI.7. Les éléments d'un échangeur :

Tout échangeur quel que soit son importance sa classe ou sa forme, est constitué d'un assemblage de trois éléments qui sont :

XI.7.1. Pont :

Pour assurer un passage supérieur ou inférieur, on peut déterminer le nombre des ouvrages (ponts) en fonctions de :

- ✓ Le type d'échangeur à implanter.
- ✓ Les contraintes du site d'implantation.
- ✓ Les conditions de coordinations profil en long et tracé en plan.
- ✓ Les conditions de réglementations et de conception.

XI.7.2. Carrefour plan :

On trouve les carrefours plans seulement entre raccordement routiers ordinaires, leur aménagement doit tenir compte des facteurs de sécurité et de confort.

XI.7.3. Bretelles :

Ce sont des voies qui se détachent et se raccordent entre les deux directions qui se croisent, on distingue trois types de brettelle : boucle, anse et diagonale. Leurs combinaisons donnent différents types d'échangeur.

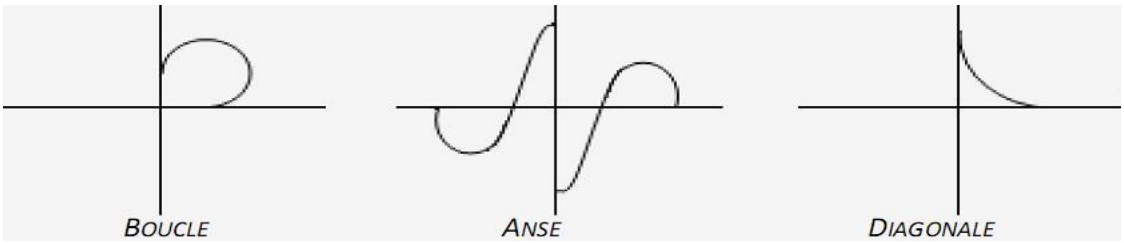


Figure XI.2. les type des bretelles.

XI.7.3.1. Caractéristiques géométriques des bretelles :

D'après les normes d'ICTAAL échangeur (complément d'ICTAAL 2000), une branche à une voie issue d'une sortie en déboitement est conçue géométriquement comme une bretelle de diffuseur.

XI.7.3.2. Tracé en plan d'une bretelle :

XI.7.3.2.1. Valeurs limites des rayons :

Les rayons	1 voie sortie	1 voie boucle
Rayon minimal à *7%* de dévers Rm(m)	**40m (avec 100 m minimum pour le premier rayon rencontré hors sortie en boucle)**	**40**
Rayon minimal non déversé Rnd(m)	**300**	**/**
Rayon maximal dans la boucle (m)	**/**	**60**
Dévers entre Rnd et Rm d(m)	**d = (675/R) +0.25 entre 300 et 100**	**/**

Tableau XI.1. Valeurs limites des rayons

Toutefois, afin de pouvoir maintenir une vitesse minimale de 50km/h sur la bretelle, il est conseillé de ne pas utiliser de rayon inférieur à 54 m. En dessous de cette valeur, une limitation à 30 km/h devra être mise en place.
Pour les boucles, afin d'éviter les mises en vitesse, il est préconisé d'éviter les rayons excédant 60m.
Dans une courbe de rayon inférieur à 100 m, une sur largeur de 50/R par voie est à introduire à l'intérieur de la courbe.

XI.7.3.2.2. Enchaînement des éléments du tracé en plan :

- une boucle comporte un arc circulaire unique encadré par des arcs de clothoïdes.
- deux courbes successives de sens contraire doivent satisfaire à la condition : R1<=2 R2 où R1 et R2 notent les rayons de la première et de la seconde courbe rencontrées dans le sens de

circulation sauf si R1>1.5Rnd et si R1 > R2.
- deux courbes successives de même sens doivent être séparées par un alignement droit de longueur correspondant à 3s à la vitesse autorisée hors clothoïdes.

	R1<R2	**R1>R2**
Courbes de même sens	**AD 3s** **Ove L=7 (d2-d1)** **Courbe en C**	**AD 3s** **R1<2R2**
Courbe de sens contraire	**Courbe en S**	**R1<2R2** **Courbe en S**

Tableau XI.2. Conditions d'enchainement des éléments du tracé en plan d'un échangeur

XI.7.3.2.3. Raccordement progressif :

D'après l'ICTAAL, Pour les bretelles à une voie ou les branches, une courbe circulaire de rayon inférieur ou égal à1.5Rnd (450m) est encadrée par deux arcs de clothoïde dont la longueur est égale à la plus grande des deux valeurs : $6R^{0.4}$et 7(Δd) ; où R note le rayon de courbure (en m), et Δd la différence des pentes transversales(en %) des éléments du tracé raccordés.
Toutefois si cette condition est trop contraignante, on pourra limiter son application aux courbes de rayon inférieur ou égal à Rnd (300m).
Il s'agit de longueurs minimales, mais il n'est pas recommandé de recourir à des valeurs supérieures qui peuvent rendre l'appréciation de la courbure finale plus difficile pour l'usager.
Pour les courbes à droite, c'est toujours $6R^{0.4}$ qui est la plus grande sauf pour les rayons compris entre 40m et 65m.
Pour les courbes à gauche, pour les rayons compris entre 40m et 170m c'est 7(Δd) et au-delà c'est $6R^{0.4}$qui est la plus grande.

XI.7.3.2.4.Raccordement avec l'autoroute :
Le raccordement d'une bretelle et de l'autoroute est réalisé en entrée par une voie d'accélération, et en sortie par une voie de décélération.

XI.7.3.2.5. Zones de décélération et d'accélération :

- **La zone de décélération :**

Le dispositif de sortie comporte successivement :
✓ Une section de manœuvre qui est un biseau contigu à l'autoroute, longue de150 m. Jusqu'à l'endroit où le musoir de divergence atteint une largeur de 1 m.
✓ Une section de décélération, dont la longueur permet de passer de la vitesse conventionnelle (70 km/h, pour un rayon de la bretelle inférieur à 120 m) à la fin de la section de manœuvre, à la vitesse associée au rayon de la première courbe rencontrée, avec une décélération en palier de 1,5 m/s2 .
En sortie, l'utilisation de rayon> 120 m est fortement conseillé (pour le 1er rayon rencontré).

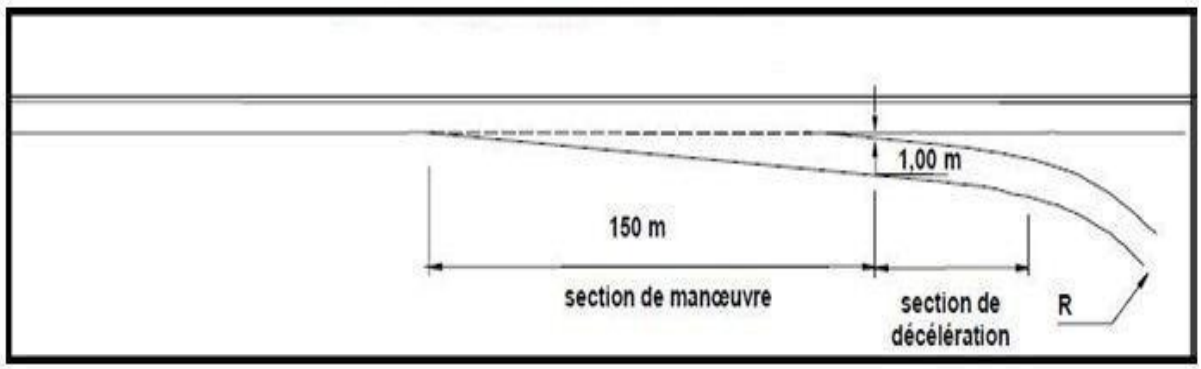


Figure XI.3. La zone de décélération

- **La zone d'accélération :**

Le dispositif d'entrée comprend successivement :

✓ Une section d'accélération dont l'obliquité avec l'axe de l'autoroute est comprise entre 3 et 5 %. Sa longueur qui dépend du rayon de la dernière courbe de la bretelle, doit permettre d'atteindre au point "E = 1,00 m", la vitesse conventionnelle de 55 km/h avec une accélération en palier de 1 m/s2 ;

✓ Une section de manœuvre adjacente à la chaussée de l'autoroute, longue de 200 m et large de 3,50 m ;

✓ Un biseau long de 75 m.

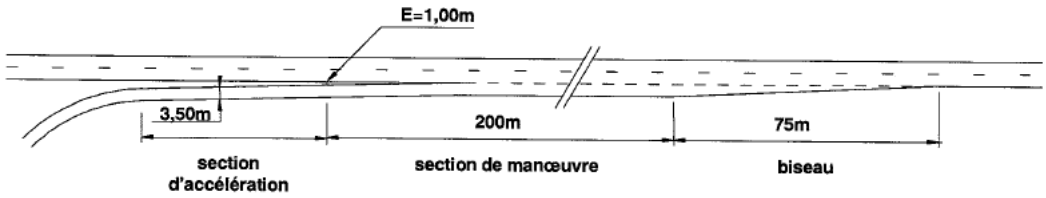


Figure XI.4. Zone de d'accélération.

XI.7.3.3. Profil en long d'une bretelle :

Les valeurs limites des paramètres du profil en long sont données dans le tableau suivant :

Déclivité maximale	**6%**
Rayon minimal en angle saillant	**1500 m**
Rayon minimal en angle rentrant	**800m**

Tableau XI.3. Les valeurs limites des paramètres du profil en long (ICTAAL échangeur).

XI.7.3.4. Profil en travers d'une bretelle :

Les largeurs des composantes du profil en travers sont les suivants :

Elément	Largeur (m)
Chaussée	3.5+1/R pour R<100m
Bande dérasée gauche BDG	0.5 m
Bande dérasée droite BDD	1 m

Tableau XI.4. Les largeurs des composantes du profil en travers

XI.7.3.4.1. Pente transversale d'une bretelle :

Le profil d'une chaussée bidirectionnelle est constitué de deux versants plans raccordés sur l'axe, celui d'une chaussée unidirectionnelle d'un seul versant. Les bandes dérasées ont la même pente transversale que la voie adjacente

Rayon (m)	Valeur du devers (%)
Alignement ou rayon >Rnd(300m)	2.5%
Rayon déversé R < Rnd	Variation en fonction de 1/R entre 2.5 % pour le rayon Rnd(300m) et 7% pour Rm(100m)
R ≤ 100m	7 %

Tableau XI.5. Dévers de la chaussée

XI.8. Visibilité :

XI.8.1. Visibilité sur l'entrée de l'autoroute :

La visibilité sur l'entrée de l'autoroute est au moins égale à la distance d'arrêt.

Distance d'arrêt : da= distance de freinage + distance de perception/réaction

$$\mathbf{da} = \frac{\mathbf{2V+V2}}{\mathbf{2g}} \times (\boldsymbol{\gamma}(\mathbf{v}) + \mathbf{p})$$

Avec :
V en (m/s).
γ (v) : décélération moyenne exprimée en fraction de g.
p : la déclivité, en valeur algébrique.
Pour les rayons R < 5V, (V en Km/h et R rayon de la courbe en m) : la distance de freinage est majorée de 25% .

D'après l'ICTAAL échangeur, **da** = 280m pour la vitesse de 130 km/h.

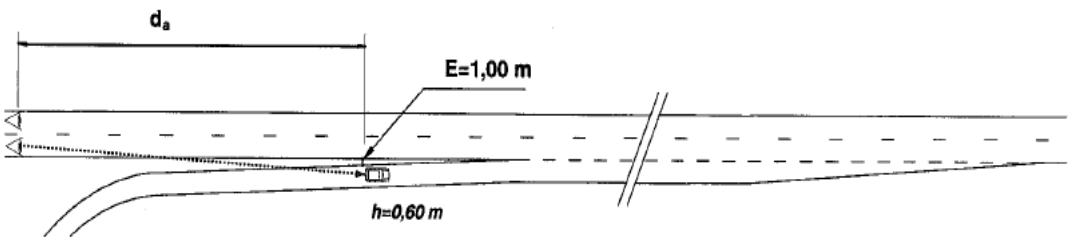


Figure XI.5. distance d'arrêt.

XI.8.2. Visibilité sur la sortie de l'autoroute :

La distance de manœuvre en sortie (**dms**) correspond à la distance parcourue durant 6 secondes **dms = 6**V

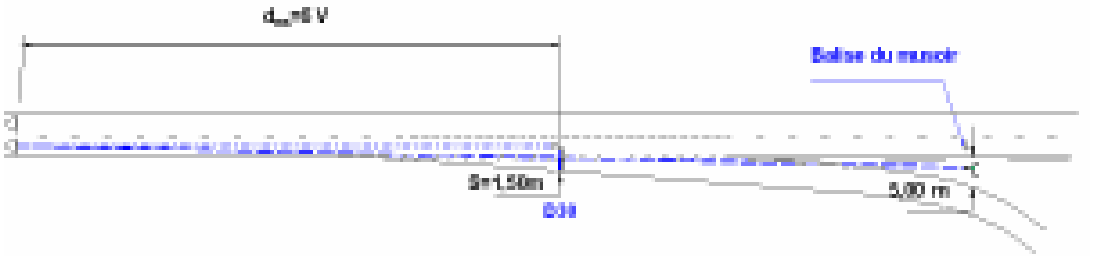


Figure XI.6. distance de manœuvre de sortie.

XI.8.3. Distance de visibilité sur marquage d_{vm} :

d_{vm} = 3V (V en m/s)

XI.8.4. Distance de lecture (lc) :

définissant la distance minimale permettant à l'usager de lire les informations sur les panneaux de signalisation (lc=5V avec V en m/s) .

XI.9. Application du projet:

XI.9.1.Choix du type de l'échangeur :

✓ **Type de route à raccorder :** L'échangeur à concevoir doit assurer un raccordement entre la pénétrante et la CW 63 d'où notre échangeur pourra être de type : **mineur.**
✓ **Terrain** : Terrain plat.
✓ **Distribution du trafic:** Le croisement est de quatre ***(4)*** branches.
✓ **Vitesse sur les bretelles :** La vitesse de référence des véhicules d'une section de l'autoroute est la vitesse qui permet de définir les caractéristiques minimales d'aménagement de ses points particuliers. Le respect des conditions liées à cette vitesse minimale, permet de garantir l'homogénéité des caractéristiques d'une section de route, et par la même la sécurité et le confort de la conduite.

- La vitesse sur l'autoroute est **120Km/h.**
- La vitesse sur la CW est **80Km/h**

- La vitesse sur l'échangeur est **40 à 60 km/h**

On va prendre la vitesse sur les bretelles **VB = 60 Km/h** et en boucle **VBC = 40 Km/h.**

Conclusion :

- Terrain plat.
- Vitesse = 40 km/h.
- Echangeur mineur.
- Quatre sens.

D'après la situation et le classement de deux axes, un échangeur de type **« demi-trèfle»** représente la solution idéale pour les raisons suivantes :

✓ A cause de nouvelle axe autoroutier, le trafic va augmenter dans le CW 63.

✓ L'échangeur demi-trèfle assure une bonne sécurité aux usagers et offre une bonne visibilité.

✓ Assurer une bonne fluidité du trafic.

Vitesse (km/h)	**130**
Distance d'arrête en palier et en alignement droit (da)	**280**
Distance d'arrêt en palier et en courbe pour R < 5V	**332**
Distance de manœuvre en sortie dms	**220**
Distance de visibilité sur marquage dvm	**110**
Distance de lecteur	**181**
Décélération moyenne γ(v)	**0,32**

Tableau XI.5. Principales distances de visibilité

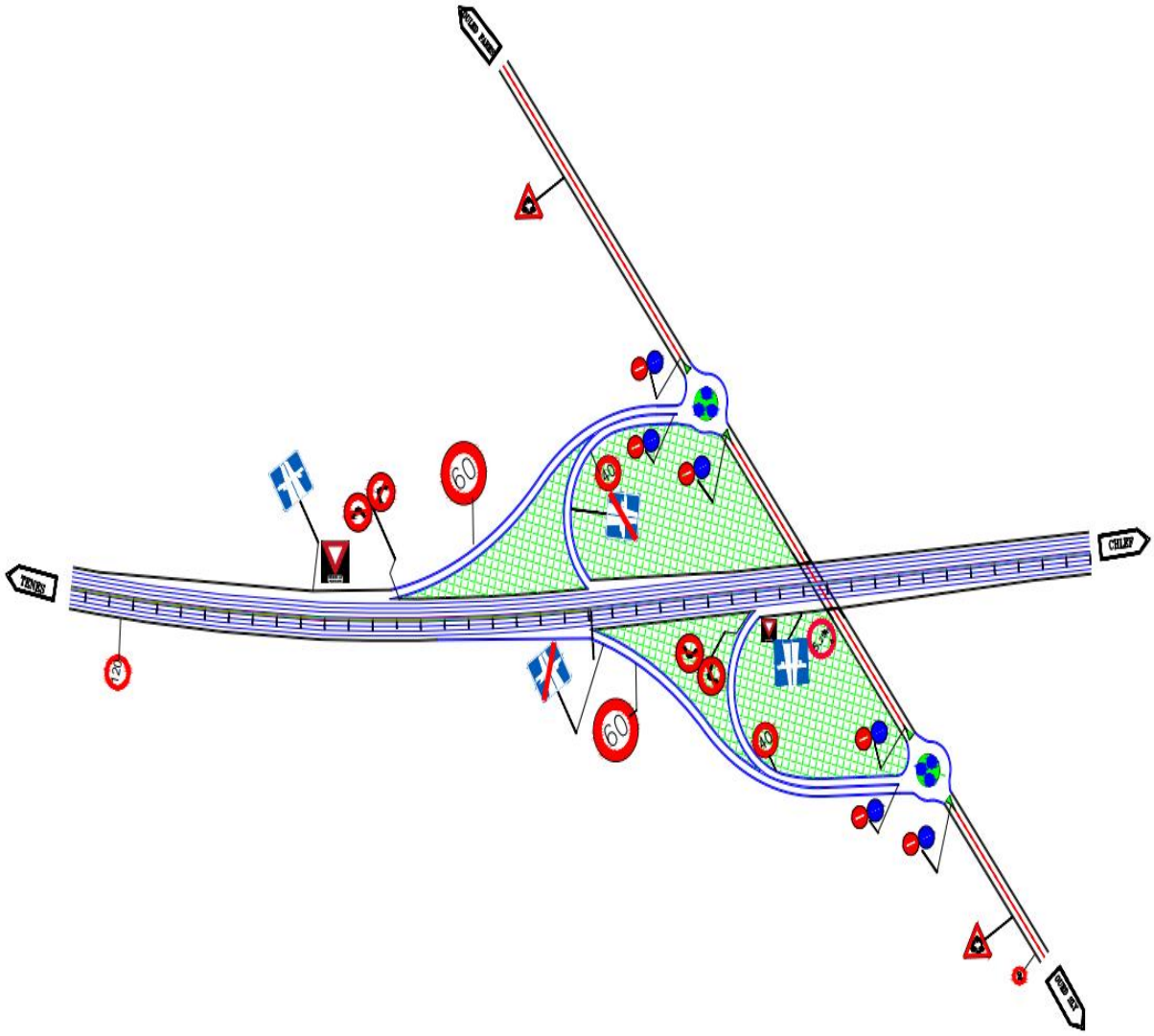


Figure XI.7.Echangeur de notre projet

XII.1. Introduction :

Un pont est un ouvrage d'art qui permet de franchir un obstacle naturel ou artificiel (dépression, cours d'eau, voie de communication, vallée, ravin, canyon) en passant par-dessus. Le franchissement supporte le passage d'humains et de véhicules dans le cas d'un pont routier, ou d'eau dans le cas d'un aqueduc.

Le dimensionnement d'un pont implique la fixation de très nombreux paramètres en fonction de site, des caractéristiques du cours d'eau et du service à assurer.

XII.2. Présentation d'ouvrages :

Notre projet est composé de divers ouvrages résumé dans le tableau suivant :

Désignation	PK	Type d'ouvrage	Longueur
Oued Ouahrane	**33+300**	**Pont**	**125m**
Oued Ouahrane	**33+500**	**Pont**	**360m**
Affluent l'Oued Ouahrane	**34+300**	**Pont**	**200m**
Oued Ouahrane	**34+900**	**Pont**	**375m**
Oued Ouahrane	**35+425**	**Pont**	**250m**
Oued Ouahrane	**36+650**	**Pont**	**125m**

Tableau XII.1. Emplacement des ouvrages

XII.3. Gabarit réservé :

On appelle gabarit le minimum à dégager au-dessus de la voie franchie, mesuré perpendiculairement à cette voie. En Algérie, il est réglementé que le passage sur :

- Les autoroutes et les routes expresses doivent respecter un gabarit de 5.25m.
- Les routes ordinaires doivent respecter un gabarit de 4.50m à 4.80m.

XIII.1. Introduction :

Le développement de la circulation routière impose à l'ingénieur 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.
Il existe deux types de signalisation :
-La signalisation routière verticale, qui comprend les panneaux, les balises, les bornes et les feux tricolores.
-La signalisation routière horizontale désignée par des marquages au sol.

XIII.2.Objectifs de la signalisations :

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 donné des informations relatives à l'usage de la route.

XIII.3. Catégories 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.

XIII.4. Règles à respecter pour la signalisation :

II est nécessaire de concevoir une bonne signalisation en respectant les règles suivantes:
- ✓ Cohérence entre la géométrie de la route et la signalisation (homogénéité).
- ✓ Cohérence avec les règles de circulation.
- ✓ Cohérence entre la signalisation verticale et horizontale.
- ✓ Eviter la publicité irrégulière.
- ✓ Simplicité qui s'obtient en évitant une surabondance de signaux qui fatiguent l'attention de l'usager.

XIII.5. Types de signalisation :

La signalisation prévue dans ce projet est basée sur les normes françaises retenues par «l'Arrêté et l'Instruction interministériels sur la signalisation routière » ainsi que sur les pratiques algériennes.

XIII.5.1. Signalisation horizontale:

La signalisation horizontale a pour but d'indiquer sans ambiguïté les parties de la chaussée réservées aux différents sens de la circulation ou à certaines catégories d'usages.

Le rôle essentiel de ce type de signalisation est de délimiter les voies de circulation afin d'augmenter la sécurité routière, et de complémenter la signalisation verticale.

XIII.5.1.1. Catégories de marques de chaussée :

a. Lignes longitudinales :

✓ Lignes continues : utilisées pour indiquer les sections de route où le dépassement est interdit.
✓ Lignes discontinues : destinées à guider et à faciliter la libre circulation et on peut les franchir.

La largeur des lignes est définie par rapport à une largeur unité « U » différente suivant le type de route :

U = 7.5cm sur autoroutes est voies rapides urbaines.
U = 6 cm sur les routes et voies urbaines
U = 5 cm sur les autres routes.

b. Lignes transversales :

✓ Lignes transversales continue : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devraient marquer un temps d'arrêt.
✓ Lignes transversales discontinue : éventuellement tracées à la limite ou les conducteurs devaient céder le passage aux intersections.

c. Les flèches :

✓ Flèches de rabattement.
✓ Flèches de sélection unidirectionnelle.
✓ Flèches de sélection bidirectionnelle.

d. Autres marques :

✓ Marquage d'îlots séparateurs avec hachures.
✓ Marquage spécial pour stationnement ou aires d'arrêt d'appel d'urgence.

e. Couleur des marques de chaussée :

Les couleurs utilisées pour les marquages sur la chaussée sont le blanc et le jaune, dont le jaune est pour la BAU et le marquage temporaire, et le blanc pour d'autres marquages.

XIII.5.2. Signalisation verticale :

Elle se fait à l'aide de panneaux, qui transmettent des renseignements sur le trajet emprunté par l'usager à travers leur emplacement, leur couleur, et leur forme.

La signalisation verticale est divisée en deux grandes catégories :

- ✓signalisation de danger, de prescription et d'indication.
- ✓signalisation de direction.

Elles peuvent être classées dans quatre classes :

XIII.5.2.1. Signaux de danger :

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

XIII.5.2.2. Signaux à simple indication :

En générale des panneaux de forme rectangulaire quelques fois terminés en point de flèche, On distingue :
-signaux d'indication et de localisation.
-signaux de direction.
-signaux de position de danger et signaux divers.

XIII.5.2.3. Signaux Comportant une prescription absolue :
Panneaux de forme circulaire on trouve ceux qui désignent :
- L'interdiction.
-L'obligation.
-La fin de prescription.

XIII.5.2.4. Signaux de position de danger :
Toujours implantés en pré signalisation, ils sont d'un emploi peu fréquent en milieu urbain.

XIII.6. Dispositifs de retenue :

Les dispositifs de retenue sont des équipements de protections des véhicules contre les sorties accidentelles de chaussées.
L'emploi des dispositifs de retenue est étroitement lié avec la notion de zone de sécurité (ICTAAL 2000), qui est définie sur les côtés des chaussées, avec une largeur min de 8,5m, sinon tout obstacle (naturel ou artificiel) doit être isolé ou exclu, y compris les installations autoroutières.
Les dispositifs de retenue utilisés sont les suivants :

XIII.6.1.Glissières de sécurité métalliques fixes :

La glissière de sécurité simple est utilisée pour implantation en TPC et du côté droit de la chaussée pour protection contre les obstacles

XIII.6.2.Glissières de sécurité métalliques amovibles :

Les glissières de sécurité métalliques amovibles sont les glissières démontables utilisées dans l'interruption du TPC pour permettre de basculer la circulation d'une chaussée à l'autre.

XIII.6.3. Séparateurs en béton :

Les séparateurs en béton du type « DBA » (double séparateur en béton adhérent) sont des murets de type New Jersey, continus en béton coulé en place ou préfabriqué. Parmi ces avantages on cite :

- ✓ Meilleure stabilité grâce à l'utilisation du béton à la haute résistance
- ✓ Une résistance mécanique plus élevée
- ✓ Une meilleure répartition des efforts transmis au sol
- ✓ Ils requièrent un minimum d'opération d'entretien.

XIII.6.4.Balise de signalisation :

Les balises de signalisation ont pour objectif d'attirer l'attention des usagers de la route, et plus particulièrement celle des conducteurs de véhicules à moteur, dans les zones à forte présence d'obstacles ou bien encore dans les zones dangereuses.

XIII.7. Application au projet:

XIII.7.1. Signalisation horizontale :

Pour notre cas (autoroute) la largeur des lignes est définie d'un U= 7.5 cm et 5 cm pour les bretelles et les voies d'accès.

XIII.7.1.1. Le marquage du tracé :

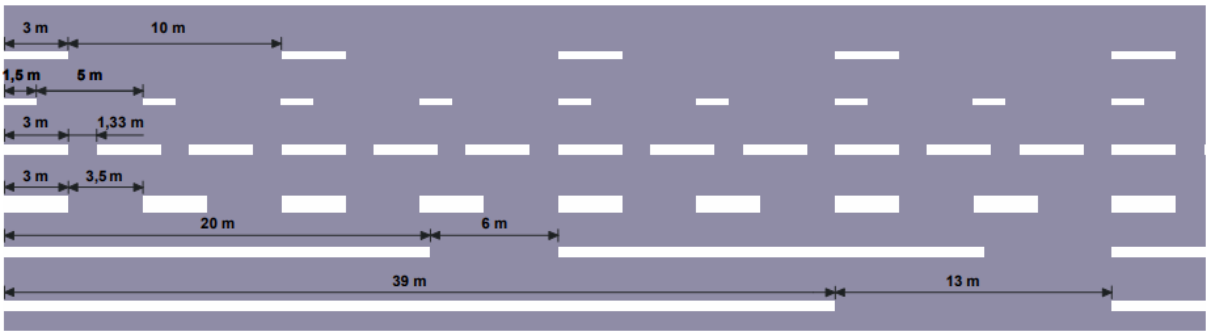


Figure XIII.1. Lignes longitudinales .

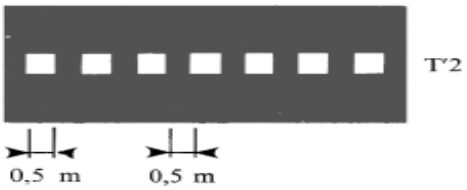


Figure XIII.2. Ligne transversale

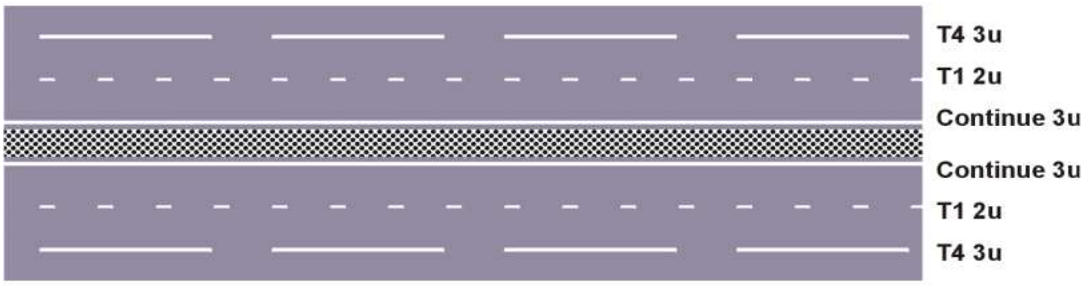


Figure XIII.3. Les lignes de délimitation de voies dans le tracé

XIII.7.1.2. Voies de décélération :

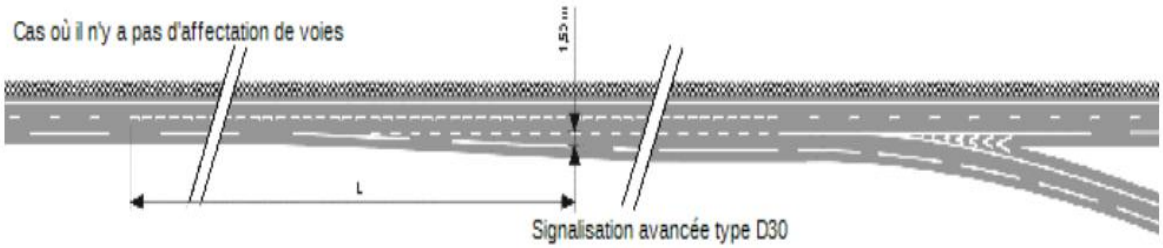


Figure XIII.4. Les lignes de délimitation de voies dans le tracé avec affectation de voies

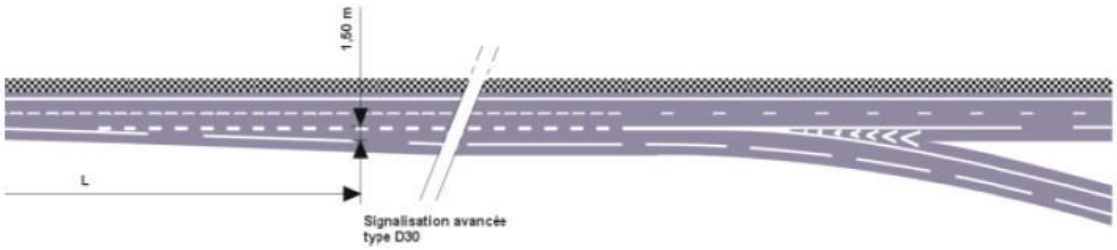


Figure XIII.5. Les lignes de délimitation de voies dans le tracé sans affectation de voies

XIII.7.1.3. Voies d'accélération :

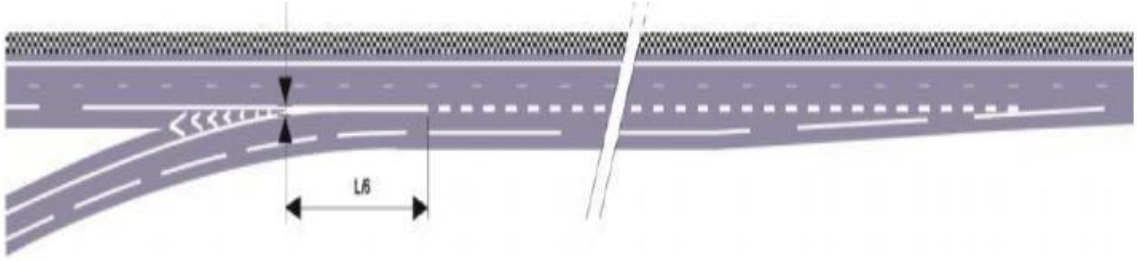


Figure XIII.6. même nombre de voies

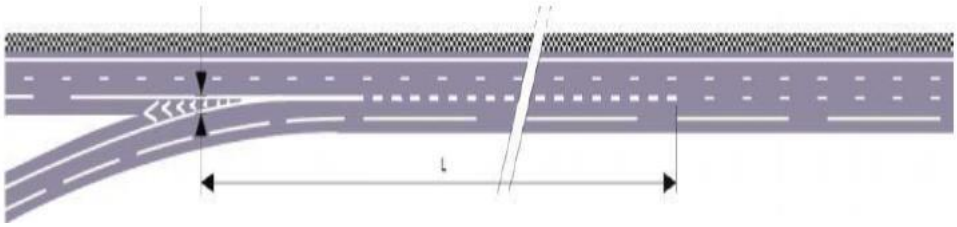


Figure XIII.7. Nombre de voies inférieur

XIII.7.1.4. Autres marques :

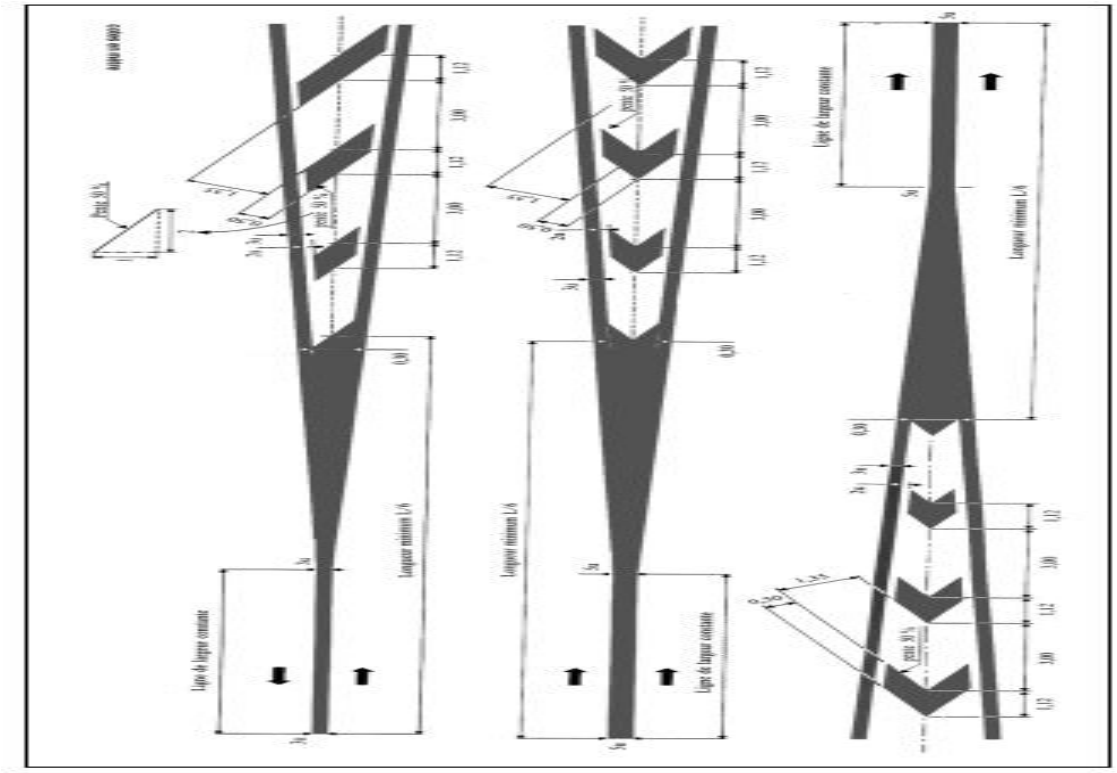


Figure XIII.8. Schémas de marquage avec hachures

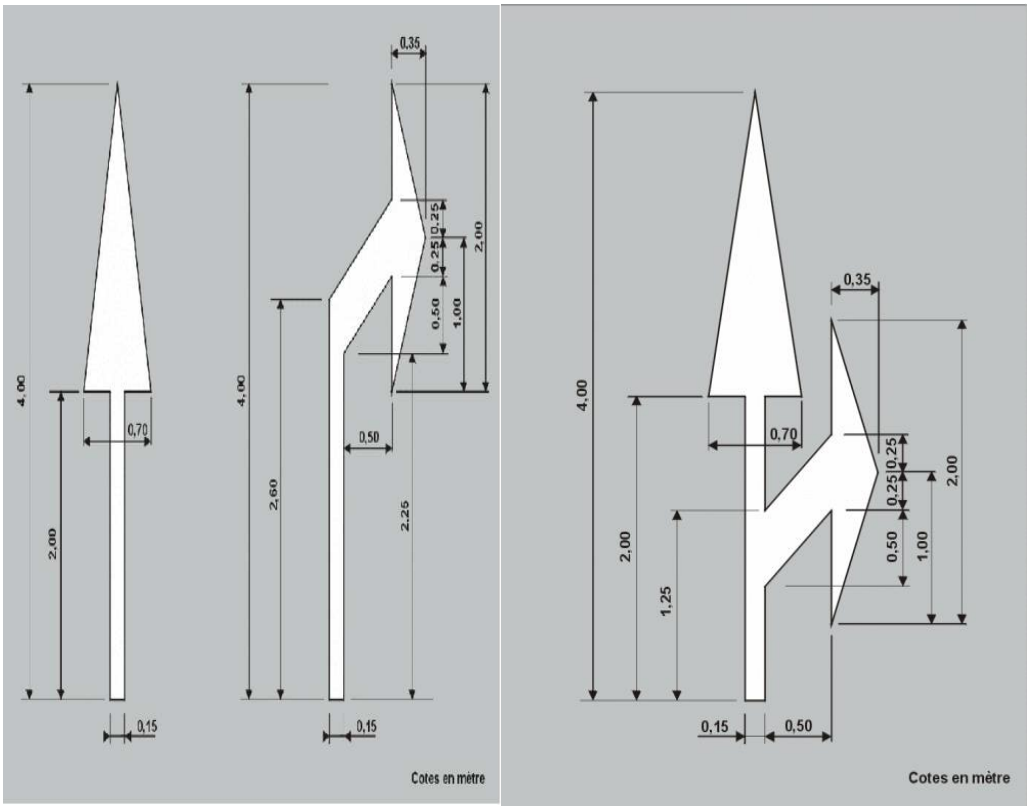


Figure XIII.9. Flèches directionnelles

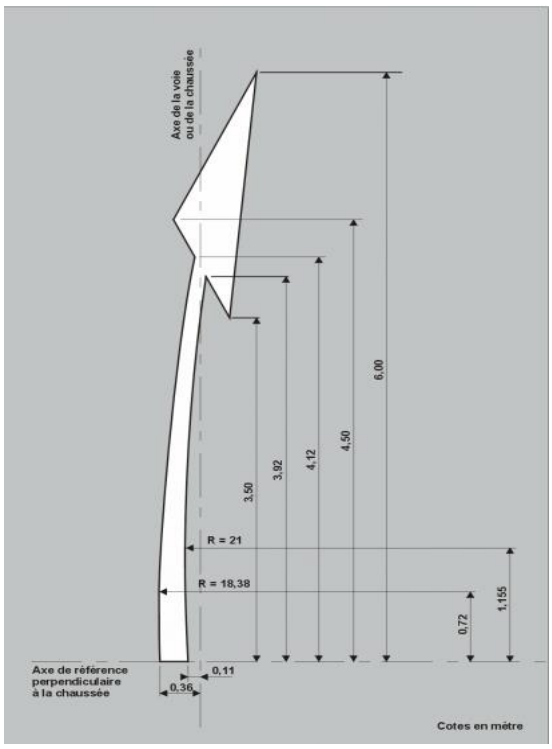


Figure XIII.10. Flèches de rabattement

XIII.7.2. Signalisation verticale :

- Panneau de signalisation d'avertissement de danger : type A
- Panneau de signalisation priorité : type B
- Panneau de signalisation d'interdiction ou de restriction : type C
- Panneau de signalisation d'obligation : type D
- Panneau de signalisation de pré signalisation : type E
- Panneau de signalisation de direction : type E /B
- Panneau de signalisation donnant des indications utiles pour la conduite des véhicules : type E.
- Panneau de signalisation spéciale (panneau de confirmation de direction des échangeurs).

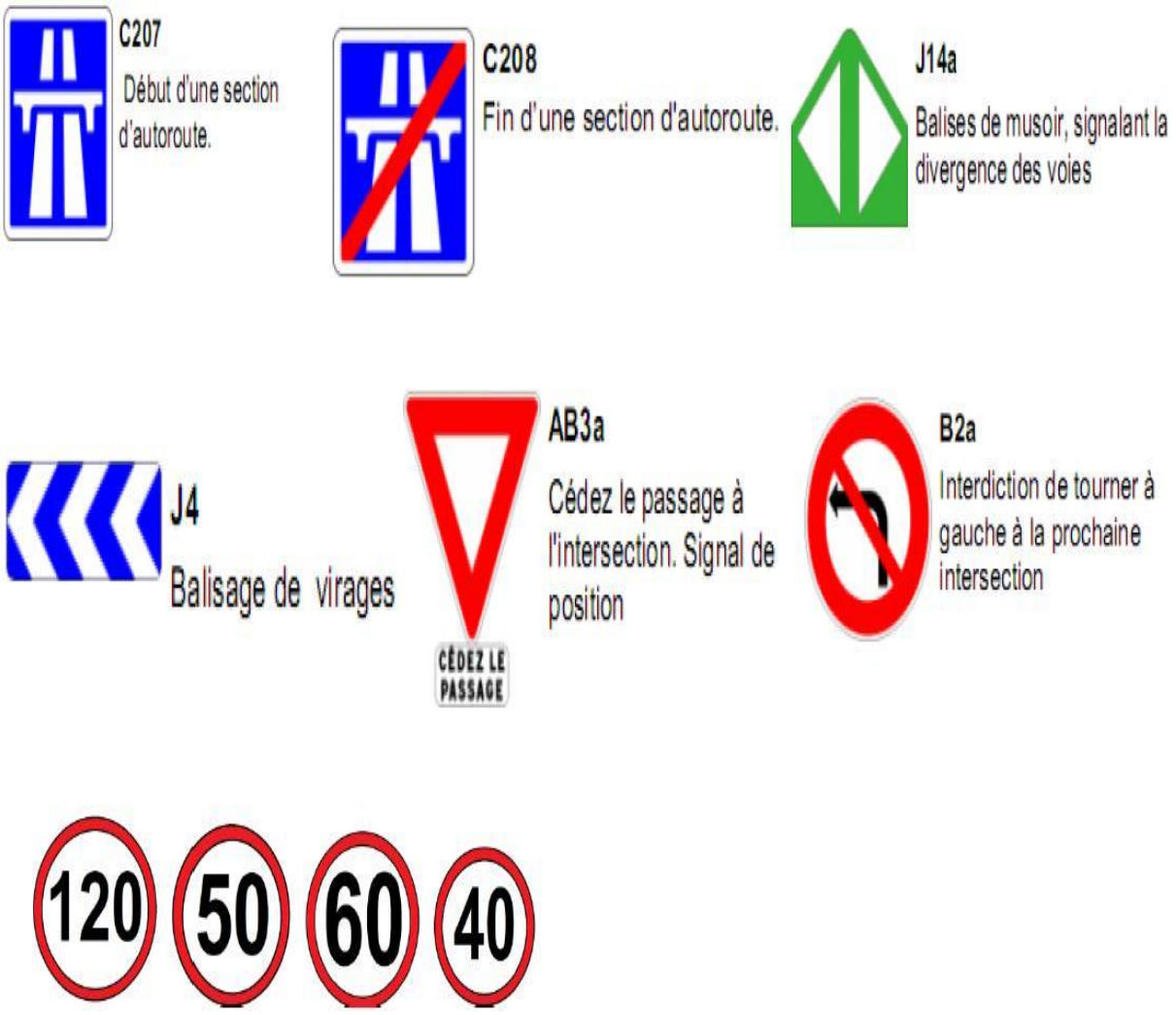


Figure XIII.11.Signaux d'interdiction ou de restriction

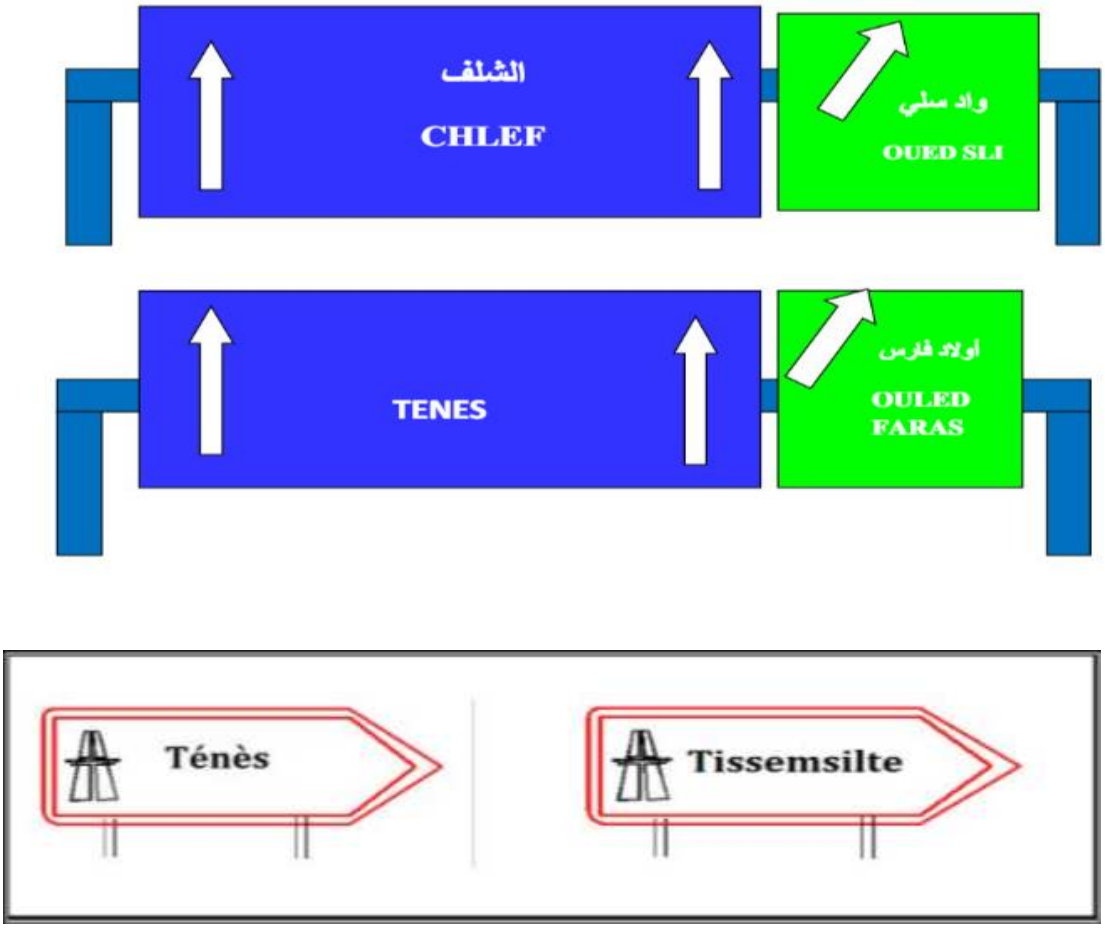


Figure XIII.12.Signalisation de direction

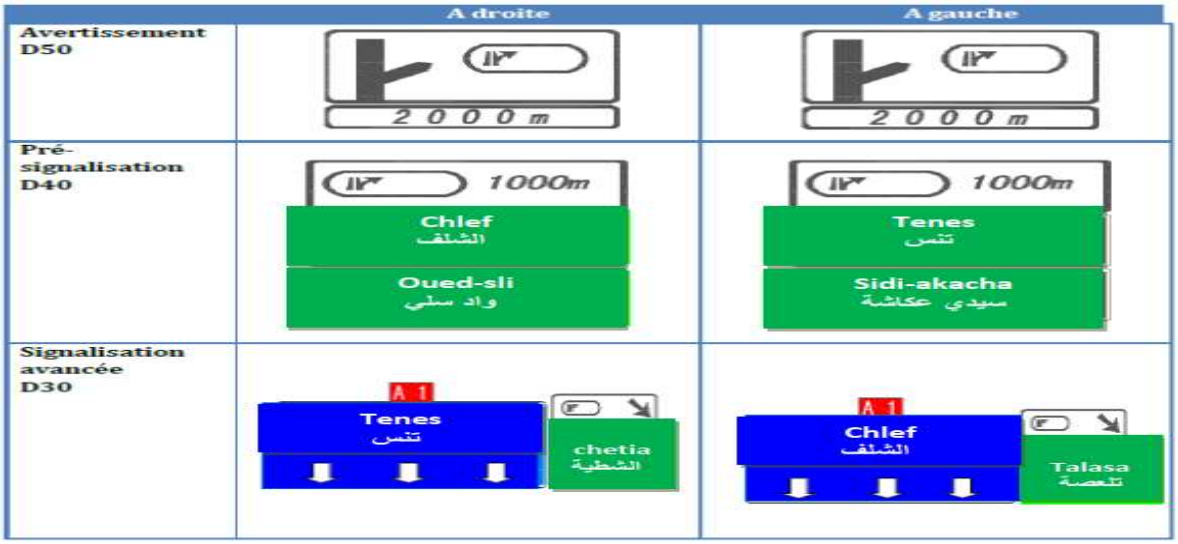


Figure XIII.13.Panneaux de pré signalisation

XIII.8. Eclairage :

XIII.8.1.Introduction :

L'éclairage public doit permettre aux usagers de la voie de circuler de nuit avec une sécurité et un confort aussi élevé que possible. Pour l'automobiliste, il s'agit de percevoir distinctement en les localisant avec certitude et dans un temps utile, les points singuliers de la route et les obstacles éventuels autant que possible sans l'aide des projecteurs de route ou de croisement. Pour le piéton, une bonne visibilité de bordure de trottoir, des véhicules et des obstacles ainsi que l'absence des zones d'ombre sont essentielles.

XIII.8.2.Classes d'éclairage :

On distingue quatre catégories d'éclairages publics :

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

XIII.8.3.Paramètres d'implantation des luminaires :

- ✓ L'espacement (e) entre luminaires : qui varie en fonction de type de voie.
- ✓ La hauteur (h) de luminaire : elle est généralement de l'ordre 8 à 10m et par fois 12m pour les grandes largeur de chaussées .
- ✓ La largeur (l) de la chaussées
- ✓ Le porte-à-faux (p)du foyer par rapport au support
- ✓ L'inclinaison ou non de foyer lumineux et son surplomb(s) par rapport au bord de la chaussées

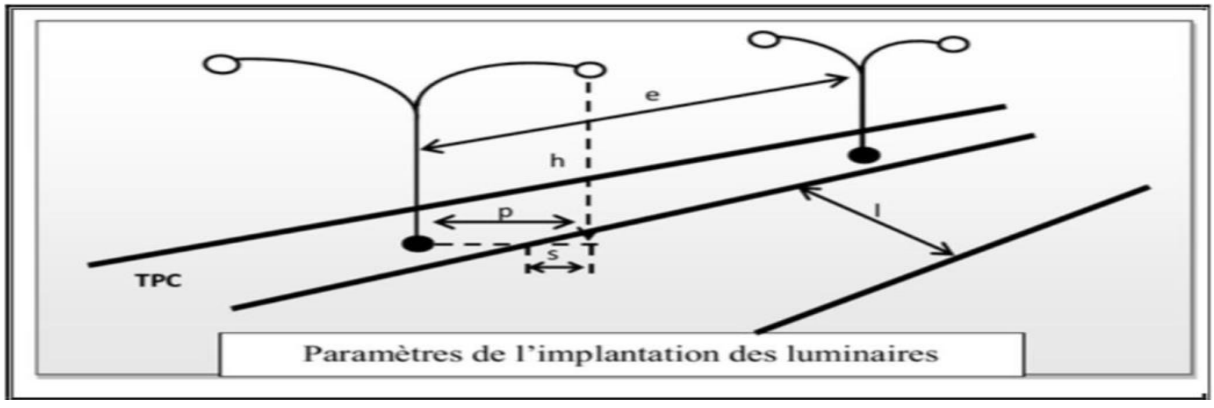


Figure XIII.14. Paramètres d'implantation des luminaires

XIII.8.4.Application au projet :

Pour l'éclairage de la pénétrante autoroutière des lampadaires sont implantés au milieu de l'autoroute espacée de 20 m l'un par rapport à l'autre.

XIV.1. Introduction :

L'étude d'impact sur l'environnement (EIE) est une étude détaillée à caractère analytique et prospectif aux fins de l'identification et de l'évaluation des incidences d'un projet sur l'environnement. Elle constitue un outil scientifique et technologique privilégié permettant la prise en compte de l'environnement du projet dans sa globalité. Les enjeux portent sur la population, la santé humaine, la biodiversité, le sol, les terres, l'eau, l'air, le climat, la consommation des ressources, etc.

XIV.2. Cadre juridique :

D'après le décret n°07-145 du 19 Mai 2007, une étude d'impact d'un projet d'infrastructure en Algérie doit comprendre :

✓Une analyse détaillée du projet.

✓Une analyse de l'état initial du site et de son environnement.

✓Une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, à court, moyen et long terme du projet sur l'environnement.

✓Les raisons et les justifications techniques et environnementales du choix du projet ; et sur son environnement, ainsi que l'estimation des coûts correspondants .

XIV.3. Objectifs de l'étude d'impact sur l'environnement :

Cette étude d'impact sur l'environnement permettra de :

✓Disposer toutes les informations sur site d'implantation de projet.

✓Évaluer correctement toutes les interactions entre le site (milieu naturel et humain) et son activité qui est susceptible d'agresser et dégrader le milieu naturel

✓Savoir aussi si le milieu va avoir des effets négatifs sur le projet.

✓Proposer des mesures visant à atténuer les impacts identifiés afin d'optimiser l'intégration du projet dans le milieu récepteur.

XIV.4. Impact des routes sur l'environnement :

XIV.4.1. Sur les ressources naturelles :

XIV.4.1.1. Pollution de l'aire :

La nouvelle infrastructure générera un trafic important ce qui augmentera la pollution de l'air dans les zones traversées, cette pollution résultant du fonctionnement des moteurs à combustion interne ,essence ou diesel, est caractérisée par des émissions de polluants gazeux et particulaires auxquelles s'ajoutent celles résultant de l'usure des plaquettes de freins (amiante) et des pneus, ou encore de l'évaporation d'hydrocarbures aux postes de distribution de carburant .la circulation routière est la principale source de CO_2 .

XIV.4.1.2.La faune :

L'impact de l'aménagement d'une route sur les animaux doit faire partie des données essentielles prises en compte lors de la conception de son tracé pour amollir la coupure biologique et pour protéger la faune des risques de collision, sachant que sur cette route il y a lieu de présence d'animaux sauvages et domestiques sur les abords.

XIV.4.1.3.La flore :

Les études de rectifications menées sur le terrain permettent d'identifier précisément les groupements végétaux avec le tracé retenu. La connaissance approfondie de la flore locale vise à orienter le choix des espèces à planter sur le talus selon un certain nombre de critères : particularités de la climatologie et du paysage. Les espèces végétales indigènes sont ainsi toujours privilégiées car elles présentent l'intérêt d'être les mieux adaptées au milieu environnant.

XIV.4.2.Impact sur le paysage :

L'interaction du projet avec le paysage se traduit par un paysage naturel qui sera transformé d'une part, et d'autre part on construira des éléments sur ce paysage : talus, chaussée, ouvrages, signalisation,…etc.

L'infrastructure routière a un impact sérieux sur le paysage qu'elle traverse, même si dans certains cas les effets sont minimisés par l'existence de talus et par le relief. Afin de permettre leur évaluation, on distingue deux catégories :

✓Les tronçons qui sont à l'origine d'une défiguration du paysage pour la raison de l'installation de la route en remblai à l'intérieur d'une zone ou le terrain naturel qui sera clairement visible d'une distance éloignée.

✓Les tronçons courts de l'infrastructure pour lesquels diverses solutions techniques peuvent être proposées, afin de réduire la défiguration du paysage, en général au niveau des points de traversée des oueds ; ouvrages et échangeurs.

Le paysage autoroutier sera composé des éléments suivants :

✓**Arbres :** Assurer la continuité entre les abords de l'ouvrage et son environnement par la plantation locale.

✓**Talus :** Pente, modelage, couleur, végétation : il faudra chercher à redonner une forme naturelle aux entrées en terre.

XIV.4.3.Impact sur la vie humaine :

XIV.4.3.1.La destruction :

Les projets d'aménagements routiers nécessitent parfois, la destruction de certaines habitations et le déplacement des populations du lieu de leur vie ou de travail, et leur réinstallation par la suite ailleurs, ce qui peut provoquer un bouleversement sur le plan économique et culturel de la vie des individus affectés.

XIV.4.3.2.Le bruit :

La construction d'une route au voisinage d'habitation a des conséquences sur la santé humaine suite à la gêne due au bruit pouvant se manifester de plusieurs façons :

-La fatigue

-Baisse de l'acuité auditive. Comme mesures à adopter pour tenir compte de cet aspect sont essentiellement de :

- Eviter la zone de grandes densités d'habitation en agissant en amont sur la configuration du tracé.

-Interposer un obstacle entre les voies de circulation et les habitations situées à la proximité.

-Agir sur la couche de roulement en améliorant les enrobés au dépens des frottements, pour minimiser les bruits de circulation.

XIV.5.Conclusion :

Les mesures prises pour minimiser les dégâts :

✓Engazonner les talus des bretelles pour lutter contre la pollution de l'aire.

✓Utiliser des passages inferieure ou des Ecoducs pour la sécurité des animaux de la région ,afin qu'ils puissent traverser l'autoroute en sécurité, ainsi que pour la sécurité des automobilistes

✓Installation des coutres

XVI. Devis quantitatif et estimatif :

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire(DA)	Prix Total (DA)
1-Opérations préliminaires				
Installation du chantier	Forfait	/	(3%)	439992660.5
Etude d'exécution	Forfait	/	(0.2%)	29332844
Compagne géotechnique complémentaire	Forfait	/	(0.5%)	73332110
Total partiel 1				**542657615**
2. Terrassements				
Décapage de terre végétale sur 25cm	m^3	88920.4	500	44.460.200
Mise en place des remblais	m^3	564354,4	1200	677.225.280
Extraction des déblais	m^3	152004	1000	152.004.000
Total partiel 2				**873.689.480**
3. Construction de corps de chaussée				
Couche de forme(40cm TUF)	m^3	98975.6	2000	197.951.200
Couche de base+Couche de fondation(GB 2.3t/ m^3)	t	155337.17	8500	1.320.365.945
Couche de roulement (BB 2,2t/m^3)	t	47965.5	8500	407.706.750
Matériau pour berme (terre végétale)	m^3	3800,4	600	2280240
Couche d'accrochage 0.3 t/m2	t	119217	150	17882550
Couche d'imprégnation1,5t/m2	t	397389	150	59608350

Total partiel 3				**2.005.795.035**
4. Assainissement				
Fossé en béton armé de forme trapézoïdale 1,5 x 0,5 x 0,5 m épaisseur 10 cm	ml	7817	7500	58.627.500
Buse Diamètre 1000 mm en béton armé y compris tête d'ouvrages en béton et toutes sujétions de bonne exécution	ml	40	35000	1.400.000
Dalot 2*2 en béton armé	m^3	260	50000	13.000.000
Dalot 3*1.5 en béton armé	m^3	472.2	50000	23.610.000
Total partiel 4				**96.637.500**
5. Ouvrages d'arts				
Ouvrage d'art	m^2	32896	350000	11.513.600.000
Total partiel 5				**11.513.600.000**
6. Echangeur				
Echangeur demi trèfle	forfait	1		100.000.000
Total partiel 6				**100.000.000**
7. Signalisation et équipement				
Ligne continue	ml	18000	250	4.500.000
Ligne discontinue(T1)	ml	36000	250	9.000.000
Ligne discontinue(T'3)	ml	18000	250	4.500.000
Panneau type A	U	21	8000	168.000
Panneau type E	U	4	8000	32.000
Pose de séparateur en béton	U	9000	6500	58.500.000
Total partiel 7				**76.700.000**

8. Environnement et paysage				
Impact sur l'environnement	Forfait)	/	(3%)(2+3+4	431.792.536
Total partiel 8				**431.792.536**
TOTAL HT : 15.640.872.170				
TVA 19% : 2.971.765.712				
TOTAL TTC :18.612.637.880				

Le total général en lettre est : Dix-huit milliards six cent douze millions six cent trente-sept mille huit cent quatre-vingts Dinars Algérien.

Concluions générale :

Ce projet de fin d'études a été une opportunité, pour mettre en pratique nos connaissances théoriques et techniques acquises pendant notre cycle de formation à l'Ecole National Supérieur des Travaux Publics.

Le projet nous a permis aussi d'être en face des problèmes techniques et administratifs qui peuvent se présenter dans un projet routier. il était aussi une grande occasion pour savoir le déroulement d'un projet des travaux publics en général et un projet routier en particulier et par conséquent l'utilisation des logiciels de calcul et de dessin notamment le COVADIS et l'AUTOCAD, ainsi que la maîtrise des nouvelles technologies dans le domaine des travaux publics.

Pour notre étude nous avons appliqué rigoureusement toutes les normes nous avons appris à travailler avec les normes de l'ICTAAL aussi, directives et recommandations liés au domaine routier pour contrecarrer les contraintes rencontrées sur le terrain. Par ailleurs, le souci primordial ayant guidé notre modeste travail a été dans un premier temps l'a prise en considération du confort et de la sécurité des usagers de la route et dans un second temps l'économie et l'aspect environnemental lié à l'impact de la réalisation de cette route.

Ce projet nous a permis de franchir un grand pas vers la vie professionnelle .

Bibliographie

[1] B40 (Normes technique d'aménagement des routes et trafic et capacité des routes).
[2] Catalogue de dimensionnement des chaussées neuves fascicule 1, 2,3, (C.T.T.P), Novembre 2001.
[3] COMPLEMENTS à l'ICTAAL : Les échangeurs, Avril 2006.
[4] ICTAAL : Instruction sur les conditions techniques d'aménagement des autoroutes de liaison, 12 Décembre 2000.
[5] Guide technique Assainissement routier, SETRA, Octobre 2006.
[6] GTR_Fascicule_1_Principes_Généraux, SETRA_LCPC, Juillet 2000.
[7] GTR_Fascicule_2_Annexes_Techniques, SETRA_LCPC, Juillet 2000.
[8] Ancien projet de fin d'étude : W2949-22_Mig, W2955-22, W2289-16.
[9] L'instruction interministérielles sur la signalisation routière – généralités
[10] L'instruction interministérielles sur la signalisation routière – Signalisation de Danger, Août 2009.
[11] L'instruction interministérielles sur la signalisation routière – Signalisation de prescription, Août 2009.
[12] L'instruction interministérielles sur la signalisation routière – Signalisation d'indications et des services, Aout 2009.
[13] L'instruction interministérielles sur la signalisation routière – Marquage sur chaussée, Août 2009.
[14] L'instruction interministérielle relative à la signalisation de direction, édition mars 1982.
[15] Manuel de projets de routes, (GOUMETTRE Ahmed, KALLI Fatima-Zohra), OPU ,2012
[16] Les cours de l'école pendant 3ans (hydraulique, Route, Esquisse, GTR, MDS…).

WEBOGRAPHIE :

Wikipédia, http://www.Wikipédia.org/

https://essai-laboratoire.blogspot.com

https://fr.scibd.com

Logiciels utilisés :

- **Auto cade 2016**
- **Alize LCPC Recherche**
- **Covadis. Autopist 2016**

ANNEXE I : Axe en plan

Caractéristiques				Points de Contacts		
Nom	Paramètres		Longueur	Abscisse	X	Y
Droite 1	Gisement	229.32gr	455,117	0+000.000	348209,102	4014242,353
Arc 1	Rayon Centre X Centre Y	-1500.000 m 346663.120 m 4014501.330 m	388,726	0+455.117	348006,827	4013834,658
Droite 2	Gisement	245.82gr	220,776	0+843.843	347791,116	4013512,581
Clothoïde 1	Paramètre	334,664	112,000	1+064.619	347645,588	4013346,558
Arc 2	Rayon Centre X Centre Y	1000.000 m 348361.070 m 4012644.941 m	357,270	1+176.619	347573,357	4013260,983
Clothoïde 2	Paramètre	-334,664	112,000	1+533.889	347407,656	4012946,606
Droite 3	Gisement	215.94gr	827,539	1+645.889	347377,883	4012838,652
Arc 3	Rayon Centre X Centre Y	3000.000 m 350079.206 m 4011293.441 m	599,056	2+473.428	347172,794	4012036,929
Droite 4	Gisement	203.23gr	239,862	3+072.484	347083,069	4011445,637
Arc 4	Rayon Centre X Centre Y	2500.000 m 349567.681 m 4011079.254 m	889,907	3+312.346	347070,900	4011206,083
Droite 5	Gisement	180.57gr	724,669	4+202.254	347183,221	4010328,021
Arc 5	Rayon Centre X Centre Y	-2000.000 m 345493.410 m 4009035.858 m	805,796	4+926.923	347400,979	4009636,844
Droite 6	Gisement	206.22gr	295,875	5+732.718	347483,875	4008840,792
Arc 6	Rayon Centre X Centre Y	1700.000 m 349146.912 m 4008380.521 m	746,544	6+028.594	347455,017	4008546,327
Droite 7	Gisement	178.26gr	76,576	6+775.138	347545,056	4007811,261
Clothoïde 3	Paramètre	-300,000	100,000	6+851.714	347570,698	4007739,105
Arc 7	Rayon Centre X Centre Y	-900.000 m 346738.962 m 4007390.469 m	201,929	6+951.714	347602,429	4007644,288
Clothoïde 4	Paramètre	300,000	100,000	7+153.643	347637,258	4007445,815
Droite 8	Gisement	199.62gr	585,970	7+253.643	347639,708	4007345,859
Clothoïde 5	Paramètre	274,226	94,000	7+839.613	347643,211	4006759,900
Arc 8	Rayon Centre X Centre Y	800.000 m 348443.938 m 4006717.692 m	345,694	7+933.613	347645,613	4006665,945
Clothoïde 6	Paramètre	-274,226	94,000	8+279.306	347740,666	4006336,367
Droite 9	Gisement	164.63gr	762,070	8+373.306	347788,666	4006255,563
				9+135.376	348190,620	4005608,119
Longueur totale de l'axe 9135.376 mètre(s)						

ANNEXE II : Profil en long

Caractéristiques				Points de Contacts	
Nom	Pente / Rayon		Longueur	Abscisse	Altitude
Pente 1	Pente	-4.30 %	610,927	0+000.000	164,057
Parabole 1	Rayon	6000.000 m	227,827	0+610.927	137,805
	Sommet Absc.	0+868.754 m			
	Sommet Alt.	132.265 m			
Pente 2	Pente	-0.50 %	6082,647	0+838.754	132,340
Parabole 2	Rayon	8000.000 m	80,000	6+921.401	101,927
	Sommet Absc.	6+961.401 m			
	Sommet Alt.	101.827 m			
Pente 3	Pente	0.50 %	124,108	7+001.401	101,927
Parabole 3	Rayon	-15000.000 m	120,000	7+125.509	102,547
	Sommet Absc.	7+200.509 m			
	Sommet Alt.	102.735 m			
Pente 4	Pente	-0.30 %	1517,571	7+245.509	102,667
Parabole 4	Rayon	9000.000 m	81,000	8+763.080	98,115
	Sommet Absc.	8+790.080 m			
	Sommet Alt.	98.074 m			
Pente 5	Pente	0.60 %	149,312	8+844.080	98,236
				8+993.392	99,132
Longueur totale de l'axe 8993.392 mètre(s)					
Longueur développée totale de l'axe 8994.123 mètre(s)					

ANNEXE III : la géométrie du profil en travers

Num.	Abscisse	Axe Plan	Axe Long	Z Tn	Z Projet	Gisement	X	Y	Dévers		Pente
									Gauche	Droite	long.
PK01	0+000.000	Droite 1	Pente 1	169,582	164,057	329,32	348209,102	4014242,353	2,50	-2,50	-4,30
PK02	0+025.000	Droite 1	Pente 1	169,305	162,983	329,32	348197,991	4014219,958	2,50	-2,50	-4,30
PK03	0+050.000	Droite 1	Pente 1	169,269	161,908	329,32	348186,880	4014197,563	2,50	-2,50	-4,30
PK04	0+075.000	Droite 1	Pente 1	169,410	160,834	329,32	348175,769	4014175,168	2,50	-2,50	-4,30
PK05	0+100.000	Droite 1	Pente 1	167,546	159,760	329,32	348164,658	4014152,773	2,50	-2,50	-4,30
PK06	0+125.000	Droite 1	Pente 1	165,142	158,685	329,32	348153,546	4014130,378	2,50	-2,50	-4,30
PK07	0+150.000	Droite 1	Pente 1	162,738	157,611	329,32	348142,435	4014107,983	2,50	-2,50	-4,30
PK08	0+175.000	Droite 1	Pente 1	160,333	156,537	329,32	348131,324	4014085,588	2,50	-2,50	-4,30
PK09	0+200.000	Droite 1	Pente 1	158,675	155,463	329,32	348120,213	4014063,192	2,50	-2,50	-4,30
PK10	0+225.000	Droite 1	Pente 1	156,546	154,388	329,32	348109,102	4014040,797	2,50	-2,50	-4,30
PK11	0+250.000	Droite 1	Pente 1	153,497	153,314	329,32	348097,990	4014018,402	2,50	-2,50	-4,30
PK12	0+275.000	Droite 1	Pente 1	145,941	152,240	329,32	348086,879	4013996,007	2,50	-2,50	-4,30
PK13	0+300.000	Droite 1	Pente 1	139,678	151,166	329,32	348075,768	4013973,612	2,50	-2,50	-4,30
PK14	0+325.000	Droite 1	Pente 1	136,900	150,091	329,32	348064,657	4013951,217	2,50	-2,50	-4,30
PK15	0+350.000	Droite 1	Pente 1	134,123	149,017	329,32	348053,546	4013928,822	2,50	-2,50	-4,30
PK16	0+375.000	Droite 1	Pente 1	129,493	147,943	329,32	348042,434	4013906,427	2,50	-2,50	-4,30
PK17	0+400.000	Droite 1	Pente 1	138,901	146,868	329,32	348031,323	4013884,031	2,50	-2,50	-4,30
PK18	0+425.000	Droite 1	Pente 1	144,186	145,794	329,32	348020,212	4013861,636	2,50	-2,50	-4,30
PK19	0+450.000	Droite 1	Pente 1	142,159	144,720	329,32	348009,101	4013839,241	2,50	-2,50	-4,30
PK20	0+455.117	Arc 1	Pente 1	141,527	144,500	329,32	348006,827	4013834,658	2,50	-2,50	-4,30
PK21	0+475.000	Arc 1	Pente 1	138,056	143,646	330,16	347997,872	4013816,905	2,50	-2,50	-4,30
PK22	0+500.000	Arc 1	Pente 1	134,247	142,571	331,22	347986,280	4013794,755	2,50	-2,50	-4,30
PK23	0+525.000	Arc 1	Pente 1	133,367	141,497	332,29	347974,320	4013772,802	2,50	-2,50	-4,30
PK24	0+550.000	Arc 1	Pente 1	133,839	140,423	333,35	347961,997	4013751,051	2,50	-2,50	-4,30
PK25	0+575.000	Arc 1	Pente 1	132,733	139,348	334,41	347949,312	4013729,508	2,50	-2,50	-4,30
PK26	0+600.000	Arc 1	Pente 1	131,541	138,274	335,47	347936,270	4013708,180	2,50	-2,50	-4,30
PK27	0+625.000	Arc 1	Parabole 1	131,327	137,216	336,53	347922,875	4013687,072	2,50	-2,50	-4,06
PK28	0+650.000	Arc 1	Parabole 1	131,130	136,253	337,59	347909,130	4013666,190	2,50	-2,50	-3,65
PK29	0+675.000	Arc 1	Parabole 1	130,710	135,393	338,65	347895,038	4013645,540	2,50	-2,50	-3,23
PK30	0+700.000	Arc 1	Parabole 1	128,683	134,638	339,71	347880,605	4013625,128	2,50	-2,50	-2,81
PK31	0+725.000	Arc 1	Parabole 1	125,443	133,987	340,77	347865,833	4013604,959	2,50	-2,50	-2,40
PK32	0+750.000	Arc 1	Parabole 1	123,331	133,440	341,84	347850,727	4013585,039	2,50	-2,50	-1,98
PK33	0+775.000	Arc 1	Parabole 1	124,491	132,998	342,90	347835,291	4013565,374	2,50	-2,50	-1,56
PK34	0+800.000	Arc 1	Parabole 1	124,134	132,659	343,96	347819,530	4013545,969	2,50	-2,50	-1,15
PK35	0+825.000	Arc 1	Parabole 1	125,733	132,425	345,02	347803,447	4013526,829	2,50	-2,50	-0,73
PK36	0+843.843	Arc 1	Pente 2	129,275	132,315	345,82	347791,116	4013512,581	2,50	-2,50	-0,50
PK37	0+850.000	Droite 2	Pente 2	129,284	132,284	345,82	347787,058	4013507,951	2,50	-2,50	-0,50
PK38	0+875.000	Droite 2	Pente 2	129,405	132,159	345,82	347770,579	4013489,151	2,50	-2,50	-0,50
PK39	0+900.000	Droite 2	Pente 2	129,308	132,034	345,82	347754,099	4013470,351	2,50	-2,50	-0,50
PK40	0+925.000	Droite 2	Pente 2	129,260	131,909	345,82	347737,620	4013451,551	2,50	-2,50	-0,50
PK41	0+950.000	Droite 2	Pente 2	129,184	131,784	345,82	347721,141	4013432,751	2,50	-2,50	-0,50

PK42	0+975.000	Droite 2	Pente 2	129,127	131,659	345,82	347704,662	4013413,951	2,50	-2,50	-0,50
PK43	1+000.000	Droite 2	Pente 2	128,932	131,534	345,82	347688,183	4013395,151	2,50	-2,50	-0,50
PK44	1+025.000	Droite 2	Pente 2	128,692	131,409	345,82	347671,704	4013376,351	2,50	-2,50	-0,50
PK45	1+050.000	Droite 2	Pente 2	128,335	131,284	345,82	347655,225	4013357,552	2,50	-2,50	-0,50
PK46	1+064.619	Clothoïde 1	Pente 2	128,148	131,211	345,82	347645,588	4013346,558	2,50	-2,50	-0,50
PK47	1+075.000	Clothoïde 1	Pente 2	127,479	131,159	345,79	347638,747	4013338,751	2,50	-2,50	-0,50
PK48	1+100.000	Clothoïde 1	Pente 2	128,157	131,034	345,46	347622,316	4013319,908	2,50	-2,50	-0,50
PK49	1+125.000	Clothoïde 1	Pente 2	128,519	130,909	344,78	347606,034	4013300,937	2,50	-2,50	-0,50
PK50	1+150.000	Clothoïde 1	Pente 2	128,870	130,784	343,75	347590,010	4013281,748	2,50	-2,50	-0,50
PK51	1+175.000	Clothoïde 1	Pente 2	128,724	130,659	342,36	347574,355	4013262,257	2,50	-2,50	-0,50
PK52	1+200.000	Arc 2	Pente 2	127,195	130,534	340,76	347559,170	4013242,399	2,50	-2,50	-0,50
PK53	1+225.000	Arc 2	Pente 2	124,849	130,409	339,17	347544,485	4013222,167	2,50	-2,50	-0,50
PK54	1+250.000	Arc 2	Pente 2	122,186	130,284	337,58	347530,311	4013201,574	2,50	-2,50	-0,50
PK55	1+275.000	Arc 2	Pente 2	122,273	130,159	335,99	347516,656	4013180,633	2,50	-2,50	-0,50
PK56	1+300.000	Arc 2	Pente 2	122,570	130,034	334,40	347503,529	4013159,358	2,50	-2,50	-0,50
PK57	1+325.000	Arc 2	Pente 2	122,858	129,909	332,81	347490,938	4013137,761	2,50	-2,50	-0,50
PK58	1+350.000	Arc 2	Pente 2	123,212	129,784	331,22	347478,891	4013115,855	2,50	-2,50	-0,50
PK59	1+375.000	Arc 2	Pente 2	123,662	129,659	329,62	347467,395	4013093,656	2,50	-2,50	-0,50
PK60	1+400.000	Arc 2	Pente 2	128,057	129,534	328,03	347456,458	4013071,176	2,50	-2,50	-0,50
PK61	1+425.000	Arc 2	Pente 2	129,953	129,409	326,44	347446,085	4013048,430	2,50	-2,50	-0,50
PK62	1+450.000	Arc 2	Pente 2	130,117	129,284	324,85	347436,285	4013025,432	2,50	-2,50	-0,50
PK63	1+475.000	Arc 2	Pente 2	130,090	129,159	323,26	347427,063	4013002,196	2,50	-2,50	-0,50
PK64	1+500.000	Arc 2	Pente 2	129,844	129,034	321,67	347418,424	4012978,737	2,50	-2,50	-0,50
PK65	1+525.000	Arc 2	Pente 2	129,422	128,909	320,07	347410,375	4012955,069	2,50	-2,50	-0,50
PK66	1+550.000	Clothoïde 2	Pente 2	128,990	128,784	318,56	347402,913	4012931,209	2,50	-2,50	-0,50
PK67	1+575.000	Clothoïde 2	Pente 2	128,731	128,659	317,37	347395,964	4012907,194	2,50	-2,50	-0,50
PK68	1+600.000	Clothoïde 2	Pente 2	128,420	128,534	316,54	347389,394	4012883,073	2,50	-2,50	-0,50
PK69	1+625.000	Clothoïde 2	Pente 2	128,062	128,409	316,07	347383,073	4012858,886	2,50	-2,50	-0,50
PK70	1+650.000	Droite 3	Pente 2	127,631	128,284	315,94	347376,864	4012834,669	2,50	-2,50	-0,50
PK71	1+675.000	Droite 3	Pente 2	127,117	128,159	315,94	347370,668	4012810,449	2,50	-2,50	-0,50
PK72	1+700.000	Droite 3	Pente 2	126,589	128,034	315,94	347364,472	4012786,229	2,50	-2,50	-0,50
PK73	1+725.000	Droite 3	Pente 2	126,030	127,909	315,94	347358,276	4012762,009	2,50	-2,50	-0,50
PK74	1+750.000	Droite 3	Pente 2	125,582	127,784	315,94	347352,081	4012737,789	2,50	-2,50	-0,50
PK75	1+775.000	Droite 3	Pente 2	122,798	127,659	315,94	347345,885	4012713,568	2,50	-2,50	-0,50
PK76	1+800.000	Droite 3	Pente 2	121,820	127,534	315,94	347339,689	4012689,348	2,50	-2,50	-0,50
PK77	1+825.000	Droite 3	Pente 2	121,546	127,409	315,94	347333,494	4012665,128	2,50	-2,50	-0,50
PK78	1+850.000	Droite 3	Pente 2	119,448	127,284	315,94	347327,298	4012640,908	2,50	-2,50	-0,50
PK79	1+875.000	Droite 3	Pente 2	118,627	127,159	315,94	347321,102	4012616,688	2,50	-2,50	-0,50
PK80	1+900.000	Droite 3	Pente 2	117,885	127,034	315,94	347314,906	4012592,468	2,50	-2,50	-0,50
PK81	1+925.000	Droite 3	Pente 2	116,869	126,909	315,94	347308,711	4012568,248	2,50	-2,50	-0,50
PK82	1+950.000	Droite 3	Pente 2	116,681	126,784	315,94	347302,515	4012544,028	2,50	-2,50	-0,50
PK83	1+975.000	Droite 3	Pente 2	116,790	126,659	315,94	347296,319	4012519,808	2,50	-2,50	-0,50
PK84	2+000.000	Droite 3	Pente 2	116,354	126,534	315,94	347290,123	4012495,588	2,50	-2,50	-0,50
PK85	2+025.000	Droite 3	Pente 2	117,958	126,409	315,94	347283,928	4012471,367	2,50	-2,50	-0,50
PK86	2+050.000	Droite 3	Pente 2	119,091	126,284	315,94	347277,732	4012447,147	2,50	-2,50	-0,50

PK87	2+075.000	Droite 3	Pente 2	119,365	126,159	315,94	347271,536	4012422,927	2,50	-2,50	-0,50
PK88	2+100.000	Droite 3	Pente 2	118,661	126,034	315,94	347265,341	4012398,707	2,50	-2,50	-0,50
PK89	2+125.000	Droite 3	Pente 2	116,079	125,909	315,94	347259,145	4012374,487	2,50	-2,50	-0,50
PK90	2+150.000	Droite 3	Pente 2	116,145	125,784	315,94	347252,949	4012350,267	2,50	-2,50	-0,50
PK91	2+175.000	Droite 3	Pente 2	123,142	125,659	315,94	347246,753	4012326,047	2,50	-2,50	-0,50
PK92	2+200.000	Droite 3	Pente 2	123,921	125,534	315,94	347240,558	4012301,827	2,50	-2,50	-0,50
PK93	2+225.000	Droite 3	Pente 2	125,647	125,409	315,94	347234,362	4012277,607	2,50	-2,50	-0,50
PK94	2+250.000	Droite 3	Pente 2	127,578	125,284	315,94	347228,166	4012253,387	2,50	-2,50	-0,50
PK95	2+275.000	Droite 3	Pente 2	128,411	125,159	315,94	347221,970	4012229,167	2,50	-2,50	-0,50
PK96	2+300.000	Droite 3	Pente 2	127,345	125,034	315,94	347215,775	4012204,946	2,50	-2,50	-0,50
PK97	2+325.000	Droite 3	Pente 2	123,265	124,909	315,94	347209,579	4012180,726	2,50	-2,50	-0,50
PK98	2+350.000	Droite 3	Pente 2	121,291	124,784	315,94	347203,383	4012156,506	2,50	-2,50	-0,50
PK99	2+375.000	Droite 3	Pente 2	117,878	124,659	315,94	347197,188	4012132,286	2,50	-2,50	-0,50
PK100	2+400.000	Droite 3	Pente 2	115,059	124,534	315,94	347190,992	4012108,066	2,50	-2,50	-0,50
PK101	2+425.000	Droite 3	Pente 2	113,888	124,409	315,94	347184,796	4012083,846	2,50	-2,50	-0,50
PK102	2+450.000	Droite 3	Pente 2	115,804	124,284	315,94	347178,600	4012059,626	2,50	-2,50	-0,50
PK103	2+475.000	Arc 3	Pente 2	116,706	124,159	315,91	347172,405	4012035,406	2,50	-2,50	-0,50
PK104	2+500.000	Arc 3	Pente 2	117,278	124,034	315,38	347166,323	4012011,157	2,50	-2,50	-0,50
PK105	2+525.000	Arc 3	Pente 2	118,561	123,909	314,85	347160,443	4011986,858	2,50	-2,50	-0,50
PK106	2+550.000	Arc 3	Pente 2	116,711	123,784	314,32	347154,766	4011962,511	2,50	-2,50	-0,50
PK107	2+575.000	Arc 3	Pente 2	122,105	123,659	313,79	347149,292	4011938,118	2,50	-2,50	-0,50
PK108	2+600.000	Arc 3	Pente 2	121,802	123,534	313,26	347144,022	4011913,680	2,50	-2,50	-0,50
PK109	2+625.000	Arc 3	Pente 2	121,536	123,409	312,73	347138,955	4011889,199	2,50	-2,50	-0,50
PK110	2+650.000	Arc 3	Pente 2	120,936	123,284	312,20	347134,093	4011864,676	2,50	-2,50	-0,50
PK111	2+675.000	Arc 3	Pente 2	120,683	123,159	311,67	347129,435	4011840,114	2,50	-2,50	-0,50
PK112	2+700.000	Arc 3	Pente 2	120,572	123,034	311,14	347124,981	4011815,514	2,50	-2,50	-0,50
PK113	2+725.000	Arc 3	Pente 2	120,425	122,909	310,60	347120,733	4011790,878	2,50	-2,50	-0,50
PK114	2+750.000	Arc 3	Pente 2	120,285	122,784	310,07	347116,691	4011766,207	2,50	-2,50	-0,50
PK115	2+775.000	Arc 3	Pente 2	120,166	122,659	309,54	347112,854	4011741,503	2,50	-2,50	-0,50
PK116	2+800.000	Arc 3	Pente 2	120,046	122,534	309,01	347109,223	4011716,768	2,50	-2,50	-0,50
PK117	2+825.000	Arc 3	Pente 2	119,880	122,409	308,48	347105,799	4011692,004	2,50	-2,50	-0,50
PK118	2+850.000	Arc 3	Pente 2	119,730	122,284	307,95	347102,581	4011667,212	2,50	-2,50	-0,50
PK119	2+875.000	Arc 3	Pente 2	119,666	122,159	307,42	347099,569	4011642,394	2,50	-2,50	-0,50
PK120	2+900.000	Arc 3	Pente 2	119,604	122,034	306,89	347096,765	4011617,552	2,50	-2,50	-0,50
PK121	2+925.000	Arc 3	Pente 2	119,541	121,909	306,36	347094,168	4011592,687	2,50	-2,50	-0,50
PK122	2+950.000	Arc 3	Pente 2	119,439	121,784	305,83	347091,777	4011567,802	2,50	-2,50	-0,50
PK123	2+975.000	Arc 3	Pente 2	119,330	121,659	305,30	347089,595	4011542,898	2,50	-2,50	-0,50
PK124	3+000.000	Arc 3	Pente 2	119,306	121,534	304,77	347087,620	4011517,976	2,50	-2,50	-0,50
PK125	3+025.000	Arc 3	Pente 2	119,165	121,409	304,24	347085,853	4011493,038	2,50	-2,50	-0,50
PK126	3+050.000	Arc 3	Pente 2	119,045	121,284	303,71	347084,293	4011468,087	2,50	-2,50	-0,50
PK127	3+072.484	Arc 3	Pente 2	119,031	121,171	303,23	347083,069	4011445,637	2,50	-2,50	-0,50
PK128	3+075.000	Droite 4	Pente 2	119,025	121,159	303,23	347082,941	4011443,124	2,50	-2,50	-0,50
PK129	3+100.000	Droite 4	Pente 2	118,938	121,034	303,23	347081,673	4011418,156	2,50	-2,50	-0,50
PK130	3+125.000	Droite 4	Pente 2	118,854	120,909	303,23	347080,404	4011393,188	2,50	-2,50	-0,50
PK131	3+150.000	Droite 4	Pente 2	118,792	120,784	303,23	347079,136	4011368,220	2,50	-2,50	-0,50
PK132	3+175.000	Droite 4	Pente 2	118,761	120,659	303,23	347077,868	4011343,253	2,50	-2,50	-0,50
PK133	3+200.000	Droite 4	Pente 2	118,762	120,534	303,23	347076,599	4011318,285	2,50	-2,50	-0,50
PK134	3+225.000	Droite 4	Pente 2	118,734	120,409	303,23	347075,331	4011293,317	2,50	-2,50	-0,50
PK135	3+250.000	Droite 4	Pente 2	118,550	120,284	303,23	347074,063	4011268,349	2,50	-2,50	-0,50
PK136	3+275.000	Droite 4	Pente 2	118,441	120,159	303,23	347072,795	4011243,381	2,50	-2,50	-0,50
PK137	3+300.000	Droite 4	Pente 2	118,426	120,034	303,23	347071,526	4011218,413	2,50	-2,50	-0,50
PK138	3+312.346	Arc 4	Pente 2	118,389	119,972	303,23	347070,900	4011206,083	2,50	-2,50	-0,50
PK139	3+325.000	Arc 4	Pente 2	118,350	119,909	302,91	347070,290	4011193,444	2,50	-2,50	-0,50

PK140	3+350.000	Arc 4	Pente 2	118,207	119,784	302,27	347069,273	4011168,465	2,50	-2,50	-0,50
PK141	3+375.000	Arc 4	Pente 2	118,091	119,659	301,64	347068,506	4011143,477	2,50	-2,50	-0,50
PK142	3+400.000	Arc 4	Pente 2	118,012	119,534	301,00	347067,989	4011118,482	2,50	-2,50	-0,50
PK143	3+425.000	Arc 4	Pente 2	117,868	119,409	300,36	347067,721	4011093,484	2,50	-2,50	-0,50
PK144	3+450.000	Arc 4	Pente 2	117,701	119,284	299,73	347067,704	4011068,484	2,50	-2,50	-0,50
PK145	3+475.000	Arc 4	Pente 2	117,511	119,159	299,09	347067,937	4011043,485	2,50	-2,50	-0,50
PK146	3+500.000	Arc 4	Pente 2	117,060	119,034	298,45	347068,419	4011018,490	2,50	-2,50	-0,50
PK147	3+525.000	Arc 4	Pente 2	116,048	118,909	297,82	347069,152	4010993,501	2,50	-2,50	-0,50
PK148	3+550.000	Arc 4	Pente 2	109,677	118,784	297,18	347070,134	4010968,520	2,50	-2,50	-0,50
PK149	3+575.000	Arc 4	Pente 2	113,980	118,659	296,54	347071,367	4010943,551	2,50	-2,50	-0,50
PK150	3+600.000	Arc 4	Pente 2	116,085	118,534	295,91	347072,848	4010918,595	2,50	-2,50	-0,50
PK151	3+625.000	Arc 4	Pente 2	115,874	118,409	295,27	347074,580	4010893,655	2,50	-2,50	-0,50
PK152	3+650.000	Arc 4	Pente 2	115,600	118,284	294,63	347076,560	4010868,733	2,50	-2,50	-0,50
PK153	3+675.000	Arc 4	Pente 2	115,921	118,159	294,00	347078,790	4010843,833	2,50	-2,50	-0,50
PK154	3+700.000	Arc 4	Pente 2	116,277	118,034	293,36	347081,269	4010818,956	2,50	-2,50	-0,50
PK155	3+725.000	Arc 4	Pente 2	116,153	117,909	292,72	347083,996	4010794,106	2,50	-2,50	-0,50
PK156	3+750.000	Arc 4	Pente 2	116,024	117,784	292,09	347086,971	4010769,284	2,50	-2,50	-0,50
PK157	3+775.000	Arc 4	Pente 2	115,813	117,659	291,45	347090,195	4010744,492	2,50	-2,50	-0,50
PK158	3+800.000	Arc 4	Pente 2	115,627	117,534	290,81	347093,667	4010719,735	2,50	-2,50	-0,50
PK159	3+825.000	Arc 4	Pente 2	115,497	117,409	290,18	347097,385	4010695,013	2,50	-2,50	-0,50
PK160	3+850.000	Arc 4	Pente 2	115,377	117,284	289,54	347101,351	4010670,330	2,50	-2,50	-0,50
PK161	3+875.000	Arc 4	Pente 2	115,283	117,159	288,90	347105,564	4010645,687	2,50	-2,50	-0,50
PK162	3+900.000	Arc 4	Pente 2	115,152	117,034	288,27	347110,022	4010621,088	2,50	-2,50	-0,50
PK163	3+925.000	Arc 4	Pente 2	114,965	116,909	287,63	347114,727	4010596,535	2,50	-2,50	-0,50
PK164	3+950.000	Arc 4	Pente 2	114,813	116,784	286,99	347119,677	4010572,030	2,50	-2,50	-0,50
PK165	3+975.000	Arc 4	Pente 2	114,681	116,659	286,36	347124,871	4010547,576	2,50	-2,50	-0,50
PK166	4+000.000	Arc 4	Pente 2	114,554	116,534	285,72	347130,310	4010523,174	2,50	-2,50	-0,50
PK167	4+025.000	Arc 4	Pente 2	114,384	116,409	285,08	347135,993	4010498,829	2,50	-2,50	-0,50
PK168	4+050.000	Arc 4	Pente 2	114,207	116,284	284,45	347141,918	4010474,542	2,50	-2,50	-0,50
PK169	4+075.000	Arc 4	Pente 2	114,058	116,159	283,81	347148,087	4010450,315	2,50	-2,50	-0,50
PK170	4+100.000	Arc 4	Pente 2	113,911	116,034	283,17	347154,497	4010426,150	2,50	-2,50	-0,50
PK171	4+125.000	Arc 4	Pente 2	113,765	115,909	282,54	347161,148	4010402,052	2,50	-2,50	-0,50
PK172	4+150.000	Arc 4	Pente 2	113,600	115,784	281,90	347168,041	4010378,021	2,50	-2,50	-0,50
PK173	4+175.000	Arc 4	Pente 2	113,435	115,659	281,26	347175,173	4010354,060	2,50	-2,50	-0,50
PK174	4+200.000	Arc 4	Pente 2	113,266	115,534	280,63	347182,544	4010330,171	2,50	-2,50	-0,50
PK175	4+202.254	Arc 4	Pente 2	113,246	115,523	280,57	347183,221	4010328,021	2,50	-2,50	-0,50
PK176	4+225.000	Droite 5	Pente 2	113,044	115,409	280,57	347190,056	4010306,326	2,50	-2,50	-0,50
PK177	4+250.000	Droite 5	Pente 2	112,821	115,284	280,57	347197,568	4010282,482	2,50	-2,50	-0,50
PK178	4+275.000	Droite 5	Pente 2	112,633	115,159	280,57	347205,080	4010258,637	2,50	-2,50	-0,50
PK179	4+300.000	Droite 5	Pente 2	112,474	115,034	280,57	347212,593	4010234,793	2,50	-2,50	-0,50
PK180	4+325.000	Droite 5	Pente 2	112,315	114,909	280,57	347220,105	4010210,948	2,50	-2,50	-0,50
PK181	4+350.000	Droite 5	Pente 2	112,156	114,784	280,57	347227,617	4010187,103	2,50	-2,50	-0,50
PK182	4+375.000	Droite 5	Pente 2	112,027	114,659	280,57	347235,130	4010163,259	2,50	-2,50	-0,50
PK183	4+400.000	Droite 5	Pente 2	111,810	114,534	280,57	347242,642	4010139,414	2,50	-2,50	-0,50
PK184	4+425.000	Droite 5	Pente 2	111,620	114,409	280,57	347250,154	4010115,570	2,50	-2,50	-0,50
PK185	4+450.000	Droite 5	Pente 2	112,644	114,284	280,57	347257,667	4010091,725	2,50	-2,50	-0,50
PK186	4+475.000	Droite 5	Pente 2	111,484	114,159	280,57	347265,179	4010067,880	2,50	-2,50	-0,50
PK187	4+500.000	Droite 5	Pente 2	111,605	114,034	280,57	347272,691	4010044,036	2,50	-2,50	-0,50
PK188	4+525.000	Droite 5	Pente 2	111,518	113,909	280,57	347280,204	4010020,191	2,50	-2,50	-0,50
PK189	4+550.000	Droite 5	Pente 2	111,409	113,784	280,57	347287,716	4009996,347	2,50	-2,50	-0,50
PK190	4+575.000	Droite 5	Pente 2	111,300	113,659	280,57	347295,228	4009972,502	2,50	-2,50	-0,50
PK191	4+600.000	Droite 5	Pente 2	111,191	113,534	280,57	347302,741	4009948,657	2,50	-2,50	-0,50
PK192	4+625.000	Droite 5	Pente 2	111,082	113,409	280,57	347310,253	4009924,813	2,50	-2,50	-0,50

PK193	4+650.000	Droite 5	Pente 2	110,967	113,284	280,57	347317,765	4009900,968	2,50	-2,50	-0,50
PK194	4+675.000	Droite 5	Pente 2	110,854	113,159	280,57	347325,278	4009877,124	2,50	-2,50	-0,50
PK195	4+700.000	Droite 5	Pente 2	110,766	113,034	280,57	347332,790	4009853,279	2,50	-2,50	-0,50
PK196	4+725.000	Droite 5	Pente 2	110,688	112,909	280,57	347340,302	4009829,434	2,50	-2,50	-0,50
PK197	4+750.000	Droite 5	Pente 2	110,628	112,784	280,57	347347,814	4009805,590	2,50	-2,50	-0,50
PK198	4+775.000	Droite 5	Pente 2	110,534	112,659	280,57	347355,327	4009781,745	2,50	-2,50	-0,50
PK199	4+800.000	Droite 5	Pente 2	110,406	112,534	280,57	347362,839	4009757,901	2,50	-2,50	-0,50
PK200	4+825.000	Droite 5	Pente 2	110,281	112,409	280,57	347370,351	4009734,056	2,50	-2,50	-0,50
PK201	4+850.000	Droite 5	Pente 2	110,176	112,284	280,57	347377,864	4009710,211	2,50	-2,50	-0,50
PK202	4+875.000	Droite 5	Pente 2	110,117	112,159	280,57	347385,376	4009686,367	2,50	-2,50	-0,50
PK203	4+900.000	Droite 5	Pente 2	110,058	112,034	280,57	347392,888	4009662,522	2,50	-2,50	-0,50
PK204	4+925.000	Droite 5	Pente 2	109,999	111,909	280,57	347400,401	4009638,678	2,50	-2,50	-0,50
PK205	4+926.923	Arc 5	Pente 2	109,995	111,899	280,57	347400,979	4009636,844	2,50	-2,50	-0,50
PK206	4+950.000	Arc 5	Pente 2	109,928	111,784	281,30	347407,786	4009614,793	2,50	-2,50	-0,50
PK207	4+975.000	Arc 5	Pente 2	109,857	111,659	282,10	347414,873	4009590,819	2,50	-2,50	-0,50
PK208	5+000.000	Arc 5	Pente 2	109,785	111,534	282,90	347421,660	4009566,758	2,50	-2,50	-0,50
PK209	5+025.000	Arc 5	Pente 2	109,706	111,409	283,69	347428,145	4009542,614	2,50	-2,50	-0,50
PK210	5+050.000	Arc 5	Pente 2	109,633	111,284	284,49	347434,328	4009518,391	2,50	-2,50	-0,50
PK211	5+075.000	Arc 5	Pente 2	109,570	111,159	285,28	347440,208	4009494,092	2,50	-2,50	-0,50
PK212	5+100.000	Arc 5	Pente 2	109,504	111,034	286,08	347445,784	4009469,722	2,50	-2,50	-0,50
PK213	5+125.000	Arc 5	Pente 2	109,462	110,909	286,87	347451,054	4009445,284	2,50	-2,50	-0,50
PK214	5+150.000	Arc 5	Pente 2	109,437	110,784	287,67	347456,019	4009420,782	2,50	-2,50	-0,50
PK215	5+175.000	Arc 5	Pente 2	109,351	110,659	288,47	347460,677	4009396,220	2,50	-2,50	-0,50
PK216	5+200.000	Arc 5	Pente 2	109,227	110,534	289,26	347465,028	4009371,602	2,50	-2,50	-0,50
PK217	5+225.000	Arc 5	Pente 2	109,092	110,409	290,06	347469,071	4009346,931	2,50	-2,50	-0,50
PK218	5+250.000	Arc 5	Pente 2	109,004	110,284	290,85	347472,805	4009322,212	2,50	-2,50	-0,50
PK219	5+275.000	Arc 5	Pente 2	108,894	110,159	291,65	347476,229	4009297,448	2,50	-2,50	-0,50
PK220	5+300.000	Arc 5	Pente 2	108,753	110,034	292,45	347479,344	4009272,643	2,50	-2,50	-0,50
PK221	5+325.000	Arc 5	Pente 2	108,638	109,909	293,24	347482,149	4009247,801	2,50	-2,50	-0,50
PK222	5+350.000	Arc 5	Pente 2	108,541	109,784	294,04	347484,643	4009222,926	2,50	-2,50	-0,50
PK223	5+375.000	Arc 5	Pente 2	108,440	109,659	294,83	347486,825	4009198,021	2,50	-2,50	-0,50
PK224	5+400.000	Arc 5	Pente 2	108,349	109,534	295,63	347488,697	4009173,091	2,50	-2,50	-0,50
PK225	5+425.000	Arc 5	Pente 2	108,275	109,409	296,42	347490,256	4009148,140	2,50	-2,50	-0,50
PK226	5+450.000	Arc 5	Pente 2	108,204	109,284	297,22	347491,504	4009123,172	2,50	-2,50	-0,50
PK227	5+475.000	Arc 5	Pente 2	108,127	109,159	298,02	347492,439	4009098,189	2,50	-2,50	-0,50
PK228	5+500.000	Arc 5	Pente 2	107,874	109,034	298,81	347493,062	4009073,197	2,50	-2,50	-0,50
PK229	5+525.000	Arc 5	Pente 2	107,819	108,909	299,61	347493,372	4009048,199	2,50	-2,50	-0,50
PK230	5+550.000	Arc 5	Pente 2	107,738	108,784	300,40	347493,370	4009023,199	2,50	-2,50	-0,50
PK231	5+575.000	Arc 5	Pente 2	107,650	108,659	301,20	347493,056	4008998,202	2,50	-2,50	-0,50
PK232	5+600.000	Arc 5	Pente 2	107,542	108,534	301,99	347492,429	4008973,210	2,50	-2,50	-0,50
PK233	5+625.000	Arc 5	Pente 2	107,303	108,409	302,79	347491,490	4008948,227	2,50	-2,50	-0,50
PK234	5+650.000	Arc 5	Pente 2	107,318	108,284	303,59	347490,238	4008923,259	2,50	-2,50	-0,50
PK235	5+675.000	Arc 5	Pente 2	107,257	108,159	304,38	347488,675	4008898,308	2,50	-2,50	-0,50
PK236	5+700.000	Arc 5	Pente 2	107,019	108,034	305,18	347486,800	4008873,379	2,50	-2,50	-0,50
PK237	5+725.000	Arc 5	Pente 2	106,848	107,909	305,97	347484,613	4008848,475	2,50	-2,50	-0,50
PK238	5+732.718	Arc 5	Pente 2	106,825	107,870	306,22	347483,875	4008840,792	2,50	-2,50	-0,50
PK239	5+750.000	Droite 6	Pente 2	106,773	107,784	306,22	347482,189	4008823,592	2,50	-2,50	-0,50
PK240	5+775.000	Droite 6	Pente 2	106,681	107,659	306,22	347479,751	4008798,712	2,50	-2,50	-0,50
PK241	5+800.000	Droite 6	Pente 2	106,597	107,534	306,22	347477,313	4008773,831	2,50	-2,50	-0,50
PK242	5+825.000	Droite 6	Pente 2	106,580	107,409	306,22	347474,875	4008748,950	2,50	-2,50	-0,50
PK243	5+850.000	Droite 6	Pente 2	106,558	107,284	306,22	347472,436	4008724,069	2,50	-2,50	-0,50
PK244	5+875.000	Droite 6	Pente 2	106,514	107,159	306,22	347469,998	4008699,188	2,50	-2,50	-0,50
PK245	5+900.000	Droite 6	Pente 2	106,493	107,034	306,22	347467,560	4008674,308	2,50	-2,50	-0,50

PK246	5+925.000	Droite 6	Pente 2	106,500	106,909	306,22	347465,121	4008649,427	2,50	-2,50	-0,50
PK247	5+950.000	Droite 6	Pente 2	106,442	106,784	306,22	347462,683	4008624,546	2,50	-2,50	-0,50
PK248	5+975.000	Droite 6	Pente 2	106,214	106,659	306,22	347460,245	4008599,665	2,50	-2,50	-0,50
PK249	6+000.000	Droite 6	Pente 2	105,677	106,534	306,22	347457,806	4008574,784	2,50	-2,50	-0,50
PK250	6+025.000	Droite 6	Pente 2	105,950	106,409	306,22	347455,368	4008549,903	2,50	-2,50	-0,50
PK251	6+028.594	Arc 6	Pente 2	106,335	106,391	306,22	347455,017	4008546,327	2,50	-2,50	-0,50
PK252	6+050.000	Arc 6	Pente 2	105,956	106,284	305,42	347453,064	4008525,010	2,50	-2,50	-0,50
PK253	6+075.000	Arc 6	Pente 2	105,874	106,159	304,48	347451,122	4008500,086	2,50	-2,50	-0,50
PK254	6+100.000	Arc 6	Pente 2	105,806	106,034	303,54	347449,547	4008475,136	2,50	-2,50	-0,50
PK255	6+125.000	Arc 6	Pente 2	105,671	105,909	302,61	347448,339	4008450,165	2,50	-2,50	-0,50
PK256	6+150.000	Arc 6	Pente 2	105,548	105,784	301,67	347447,499	4008425,179	2,50	-2,50	-0,50
PK257	6+175.000	Arc 6	Pente 2	105,501	105,659	300,74	347447,026	4008400,184	2,50	-2,50	-0,50
PK258	6+200.000	Arc 6	Pente 2	105,396	105,534	299,80	347446,921	4008375,185	2,50	-2,50	-0,50
PK259	6+225.000	Arc 6	Pente 2	105,282	105,409	298,86	347447,183	4008350,186	2,50	-2,50	-0,50
PK260	6+250.000	Arc 6	Pente 2	105,197	105,284	297,93	347447,813	4008325,194	2,50	-2,50	-0,50
PK261	6+275.000	Arc 6	Pente 2	105,198	105,159	296,99	347448,810	4008300,215	2,50	-2,50	-0,50
PK262	6+300.000	Arc 6	Pente 2	105,217	105,034	296,06	347450,175	4008275,252	2,50	-2,50	-0,50
PK263	6+325.000	Arc 6	Pente 2	105,144	104,909	295,12	347451,906	4008250,312	2,50	-2,50	-0,50
PK264	6+350.000	Arc 6	Pente 2	105,063	104,784	294,18	347454,004	4008225,401	2,50	-2,50	-0,50
PK265	6+375.000	Arc 6	Pente 2	104,984	104,659	293,25	347456,468	4008200,523	2,50	-2,50	-0,50
PK266	6+400.000	Arc 6	Pente 2	104,910	104,534	292,31	347459,298	4008175,684	2,50	-2,50	-0,50
PK267	6+425.000	Arc 6	Pente 2	104,745	104,409	291,37	347462,493	4008150,889	2,50	-2,50	-0,50
PK268	6+450.000	Arc 6	Pente 2	104,583	104,284	290,44	347466,052	4008126,144	2,50	-2,50	-0,50
PK269	6+475.000	Arc 6	Pente 2	104,529	104,159	289,50	347469,974	4008101,453	2,50	-2,50	-0,50
PK270	6+500.000	Arc 6	Pente 2	104,429	104,034	288,57	347474,259	4008076,824	2,50	-2,50	-0,50
PK271	6+525.000	Arc 6	Pente 2	104,386	103,909	287,63	347478,906	4008052,260	2,50	-2,50	-0,50
PK272	6+550.000	Arc 6	Pente 2	104,333	103,784	286,69	347483,914	4008027,766	2,50	-2,50	-0,50
PK273	6+575.000	Arc 6	Pente 2	104,208	103,659	285,76	347489,281	4008003,350	2,50	-2,50	-0,50
PK274	6+600.000	Arc 6	Pente 2	104,081	103,534	284,82	347495,007	4007979,014	2,50	-2,50	-0,50
PK275	6+625.000	Arc 6	Pente 2	103,995	103,409	283,88	347501,089	4007954,766	2,50	-2,50	-0,50
PK276	6+650.000	Arc 6	Pente 2	103,901	103,284	282,95	347507,528	4007930,609	2,50	-2,50	-0,50
PK277	6+675.000	Arc 6	Pente 2	103,824	103,159	282,01	347514,322	4007906,550	2,50	-2,50	-0,50
PK278	6+700.000	Arc 6	Pente 2	103,749	103,034	281,08	347521,468	4007882,594	2,50	-2,50	-0,50
PK279	6+725.000	Arc 6	Pente 2	103,670	102,909	280,14	347528,966	4007858,745	2,50	-2,50	-0,50
PK280	6+750.000	Arc 6	Pente 2	103,584	102,784	279,20	347536,814	4007835,009	2,50	-2,50	-0,50
PK281	6+775.000	Arc 6	Pente 2	103,565	102,659	278,27	347545,010	4007811,391	2,50	-2,50	-0,50
PK282	6+775.138	Arc 6	Pente 2	103,565	102,658	278,26	347545,056	4007811,261	2,50	-2,50	-0,50
PK283	6+800.000	Droite 7	Pente 2	103,553	102,534	278,26	347553,381	4007787,834	2,50	-2,50	-0,50
PK284	6+825.000	Droite 7	Pente 2	103,380	102,409	278,26	347561,753	4007764,277	2,50	-2,50	-0,50
PK285	6+850.000	Droite 7	Pente 2	103,192	102,284	278,26	347570,124	4007740,721	2,50	-2,50	-0,50
PK286	6+851.714	Clothoïde 3	Pente 2	103,187	102,275	278,26	347570,698	4007739,105	2,50	-2,50	-0,50
PK287	6+875.000	Clothoïde 3	Pente 2	103,131	102,159	278,45	347578,474	4007717,156	2,23	-2,50	-0,50
PK288	6+900.000	Clothoïde 3	Pente 2	103,070	102,034	279,09	347586,671	4007693,538	0,44	-2,50	-0,50
PK289	6+925.000	Clothoïde 3	Parabole 2	102,984	101,910	280,16	347594,550	4007669,813	-1,34	-2,50	-0,46
PK290	6+950.000	Clothoïde 3	Parabole 2	102,880	101,835	281,68	347601,944	4007645,932	-3,13	-3,13	-0,14
PK291	6+951.714	Arc 7	Parabole 2	102,868	101,833	281,80	347602,429	4007644,288	-3,25	-3,25	-0,12
PK292	6+975.000	Arc 7	Parabole 2	102,717	101,838	283,45	347608,707	4007621,865	-3,25	-3,25	0,17
PK293	7+000.000	Arc 7	Parabole	102,580	101,920	285,21	347614,798	4007597,619	-3,25	-3,25	0,48

			2								
PK294	7+025.000	Arc 7	Pente 3	102,408	102,045	286,98	347620,214	4007573,213	-3,25	-3,25	0,50
PK295	7+050.000	Arc 7	Pente 3	102,253	102,170	288,75	347624,949	4007548,667	-3,25	-3,25	0,50
PK296	7+075.000	Arc 7	Pente 3	102,100	102,295	290,52	347629,001	4007523,998	-3,25	-3,25	0,50
PK297	7+100.000	Arc 7	Pente 3	102,042	102,420	292,29	347632,366	4007499,227	-3,25	-3,25	0,50
PK298	7+125.000	Arc 7	Pente 3	101,959	102,545	294,06	347635,042	4007474,371	-3,25	-3,25	0,50
PK299	7+150.000	Arc 7	Parabole 3	101,904	102,650	295,82	347637,027	4007449,451	-3,25	-3,25	0,34
PK300	7+153.643	Arc 7	Parabole 3	101,896	102,662	296,08	347637,258	4007445,815	-3,25	-3,25	0,31
PK301	7+175.000	Clothoïde 4	Parabole 3	101,846	102,713	297,43	347638,337	4007424,486	-1,72	-2,50	0,17
PK302	7+200.000	Clothoïde 4	Parabole 3	101,653	102,735	298,60	347639,101	4007399,498	0,06	-2,50	0,00
PK303	7+225.000	Clothoïde 4	Parabole 3	101,454	102,715	299,33	347639,493	4007374,501	1,85	-2,50	-0,16
PK304	7+250.000	Clothoïde 4	Pente 4	101,332	102,654	299,61	347639,686	4007349,502	2,50	-2,50	-0,30
PK305	7+253.643	Clothoïde 4	Pente 4	101,315	102,643	299,62	347639,708	4007345,859	2,50	-2,50	-0,30
PK306	7+275.000	Droite 8	Pente 4	101,217	102,579	299,62	347639,835	4007324,502	2,50	-2,50	-0,30
PK307	7+300.000	Droite 8	Pente 4	101,122	102,504	299,62	347639,985	4007299,503	2,50	-2,50	-0,30
PK308	7+325.000	Droite 8	Pente 4	101,037	102,429	299,62	347640,134	4007274,503	2,50	-2,50	-0,30
PK309	7+350.000	Droite 8	Pente 4	100,961	102,354	299,62	347640,284	4007249,503	2,50	-2,50	-0,30
PK310	7+375.000	Droite 8	Pente 4	100,916	102,279	299,62	347640,433	4007224,504	2,50	-2,50	-0,30
PK311	7+400.000	Droite 8	Pente 4	100,861	102,204	299,62	347640,583	4007199,504	2,50	-2,50	-0,30
PK312	7+425.000	Droite 8	Pente 4	100,757	102,129	299,62	347640,732	4007174,505	2,50	-2,50	-0,30
PK313	7+450.000	Droite 8	Pente 4	100,652	102,054	299,62	347640,882	4007149,505	2,50	-2,50	-0,30
PK314	7+475.000	Droite 8	Pente 4	100,541	101,979	299,62	347641,031	4007124,506	2,50	-2,50	-0,30
PK315	7+500.000	Droite 8	Pente 4	100,429	101,904	299,62	347641,181	4007099,506	2,50	-2,50	-0,30
PK316	7+525.000	Droite 8	Pente 4	100,328	101,829	299,62	347641,330	4007074,507	2,50	-2,50	-0,30
PK317	7+550.000	Droite 8	Pente 4	100,226	101,754	299,62	347641,480	4007049,507	2,50	-2,50	-0,30
PK318	7+575.000	Droite 8	Pente 4	100,123	101,679	299,62	347641,629	4007024,508	2,50	-2,50	-0,30
PK319	7+600.000	Droite 8	Pente 4	100,015	101,604	299,62	347641,779	4006999,508	2,50	-2,50	-0,30
PK320	7+625.000	Droite 8	Pente 4	99,913	101,529	299,62	347641,928	4006974,508	2,50	-2,50	-0,30
PK321	7+650.000	Droite 8	Pente 4	99,827	101,454	299,62	347642,077	4006949,509	2,50	-2,50	-0,30
PK322	7+675.000	Droite 8	Pente 4	99,741	101,379	299,62	347642,227	4006924,509	2,50	-2,50	-0,30
PK323	7+700.000	Droite 8	Pente 4	99,659	101,304	299,62	347642,376	4006899,510	2,50	-2,50	-0,30
PK324	7+725.000	Droite 8	Pente 4	99,576	101,229	299,62	347642,526	4006874,510	2,50	-2,50	-0,30
PK325	7+750.000	Droite 8	Pente 4	99,518	101,154	299,62	347642,675	4006849,511	2,50	-2,50	-0,30
PK326	7+775.000	Droite 8	Pente 4	99,474	101,079	299,62	347642,825	4006824,511	2,50	-2,50	-0,30
PK327	7+800.000	Droite 8	Pente 4	99,399	101,004	299,62	347642,974	4006799,512	2,50	-2,50	-0,30
PK328	7+825.000	Droite 8	Pente 4	99,242	100,929	299,62	347643,124	4006774,512	2,50	-2,50	-0,30
PK329	7+839.613	Clothoïde 5	Pente 4	99,151	100,885	299,62	347643,211	4006759,900	2,50	-2,50	-0,30
PK330	7+850.000	Clothoïde 5	Pente 4	99,086	100,854	299,57	347643,276	4006749,512	2,50	-1,78	-0,30
PK331	7+875.000	Clothoïde 5	Pente 4	99,013	100,779	299,09	347643,521	4006724,514	2,50	0,00	-0,30
PK332	7+900.000	Clothoïde 5	Pente 4	98,992	100,704	298,08	347644,060	4006699,520	2,50	1,79	-0,30
PK333	7+925.000	Clothoïde 5	Pente 4	98,988	100,629	296,53	347645,101	4006674,542	3,57	3,57	-0,30
PK334	7+933.613	Arc 8	Pente 4	98,889	100,603	295,88	347645,613	4006665,945	4,19	4,19	-0,30
PK335	7+950.000	Arc 8	Pente 4	98,823	100,554	294,58	347646,841	4006649,604	4,19	4,19	-0,30
PK336	7+975.000	Arc 8	Pente 4	98,711	100,479	292,59	347649,357	4006624,732	4,19	4,19	-0,30

PK337	8+000.000	Arc 8	Pente 4	98,606	100,404	290,60	347652,650	4006599,950	4,19	4,19	-0,30
PK338	8+025.000	Arc 8	Pente 4	98,783	100,329	288,61	347656,715	4006575,284	4,19	4,19	-0,30
PK339	8+050.000	Arc 8	Pente 4	98,727	100,254	286,62	347661,549	4006550,757	4,19	4,19	-0,30
PK340	8+075.000	Arc 8	Pente 4	98,632	100,179	284,63	347667,147	4006526,393	4,19	4,19	-0,30
PK341	8+100.000	Arc 8	Pente 4	98,523	100,104	282,64	347673,503	4006502,216	4,19	4,19	-0,30
PK342	8+125.000	Arc 8	Pente 4	98,614	100,029	280,65	347680,612	4006478,249	4,19	4,19	-0,30
PK343	8+150.000	Arc 8	Pente 4	98,700	99,954	278,66	347688,466	4006454,515	4,19	4,19	-0,30
PK344	8+175.000	Arc 8	Pente 4	98,657	99,879	276,67	347697,058	4006431,039	4,19	4,19	-0,30
PK345	8+200.000	Arc 8	Pente 4	98,477	99,804	274,68	347706,379	4006407,843	4,19	4,19	-0,30
PK346	8+225.000	Arc 8	Pente 4	98,161	99,729	272,69	347716,420	4006384,949	4,19	4,19	-0,30
PK347	8+250.000	Arc 8	Pente 4	97,961	99,654	270,70	347727,172	4006362,380	4,19	4,19	-0,30
PK348	8+275.000	Arc 8	Pente 4	97,892	99,579	268,71	347738,623	4006340,159	4,19	4,19	-0,30
PK349	8+279.306	Arc 8	Pente 4	97,881	99,566	268,37	347740,666	4006336,367	4,19	4,19	-0,30
PK350	8+300.000	Clothoïde 6	Pente 4	97,893	99,504	266,90	347750,747	4006318,296	2,71	2,71	-0,30
PK351	8+325.000	Clothoïde 6	Pente 4	98,023	99,429	265,62	347763,399	4006296,734	2,50	0,92	-0,30
PK352	8+350.000	Clothoïde 6	Pente 4	98,227	99,354	264,86	347776,396	4006275,379	2,50	-0,86	-0,30
PK353	8+373.306	Clothoïde 6	Pente 4	98,180	99,284	264,63	347788,666	4006255,563	2,50	-2,50	-0,30
PK354	8+375.000	Droite 9	Pente 4	98,172	99,279	264,63	347789,559	4006254,124	2,50	-2,50	-0,30
PK355	8+400.000	Droite 9	Pente 4	98,106	99,204	264,63	347802,745	4006232,885	2,50	-2,50	-0,30
PK356	8+425.000	Droite 9	Pente 4	98,139	99,129	264,63	347815,931	4006211,645	2,50	-2,50	-0,30
PK357	8+450.000	Droite 9	Pente 4	98,339	99,054	264,63	347829,118	4006190,405	2,50	-2,50	-0,30
PK358	8+475.000	Droite 9	Pente 4	98,304	98,979	264,63	347842,304	4006169,166	2,50	-2,50	-0,30
PK359	8+500.000	Droite 9	Pente 4	98,108	98,904	264,63	347855,490	4006147,926	2,50	-2,50	-0,30
PK360	8+525.000	Droite 9	Pente 4	97,877	98,829	264,63	347868,676	4006126,686	2,50	-2,50	-0,30
PK361	8+550.000	Droite 9	Pente 4	97,902	98,754	264,63	347881,863	4006105,447	2,50	-2,50	-0,30
PK362	8+575.000	Droite 9	Pente 4	98,070	98,679	264,63	347895,049	4006084,207	2,50	-2,50	-0,30
PK363	8+600.000	Droite 9	Pente 4	98,237	98,604	264,63	347908,235	4006062,968	2,50	-2,50	-0,30
PK364	8+625.000	Droite 9	Pente 4	98,341	98,529	264,63	347921,421	4006041,728	2,50	-2,50	-0,30
PK365	8+650.000	Droite 9	Pente 4	98,393	98,454	264,63	347934,608	4006020,488	2,50	-2,50	-0,30
PK366	8+675.000	Droite 9	Pente 4	98,542	98,379	264,63	347947,794	4005999,249	2,50	-2,50	-0,30
PK367	8+700.000	Droite 9	Pente 4	98,607	98,304	264,63	347960,980	4005978,009	2,50	-2,50	-0,30
PK368	8+725.000	Droite 9	Pente 4	98,630	98,229	264,63	347974,166	4005956,769	2,50	-2,50	-0,30
PK369	8+750.000	Droite 9	Pente 4	98,572	98,154	264,63	347987,353	4005935,530	2,50	-2,50	-0,30
PK370	8+775.000	Droite 9	Parabole 4	98,364	98,087	264,63	348000,539	4005914,290	2,50	-2,50	-0,17
PK371	8+800.000	Droite 9	Parabole 4	98,183	98,080	264,63	348013,725	4005893,050	2,50	-2,50	0,11
PK372	8+825.000	Droite 9	Parabole 4	98,095	98,142	264,63	348026,911	4005871,811	2,50	-2,50	0,39
PK373	8+850.000	Droite 9	Pente 5	98,118	98,272	264,63	348040,098	4005850,571	2,50	-2,50	0,60
PK374	8+875.000	Droite 9	Pente 5	98,141	98,422	264,63	348053,284	4005829,331	2,50	-2,50	0,60
PK375	8+900.000	Droite 9	Pente 5	98,255	98,572	264,63	348066,470	4005808,092	2,50	-2,50	0,60
PK376	8+925.000	Droite 9	Pente 5	98,547	98,722	264,63	348079,656	4005786,852	2,50	-2,50	0,60
PK377	8+950.000	Droite 9	Pente 5	98,987	98,872	264,63	348092,843	4005765,612	2,50	-2,50	0,60
PK378	8+975.000	Droite 9	Pente 5	99,692	99,022	264,63	348106,029	4005744,373	2,50	-2,50	0,60
PK379	9+000.000	Droite 9	Aucun	Aucun	Aucun	264,63	348119,215	4005723,133	2,50	-2,50	0,00
PK380	9+135.376	Droite 9	Aucun	Aucun	Aucun	264,63	348190,620	4005608,119	2,50	-2,50	0,00

ANNEXE VI : Cubatures récapitulatif

Matériau	Remblais	Déblais	Tuf	GB	BB	Terre végétale
Volume (m^3)	564354,4	152004,0	98975,6	67537,9	21802,5	3800,4